

Контрольный экземпляр

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе, доцент

А. А. Сакович

« 07 » 02 2019 г.

Регистрационный номер № УД- 976/уч

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-36 07 02 Производство изделий на основе трехмерных технологий

2019 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования специальности 1–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» ОСВО 1-36 07 02 – 2016, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь № 79 от 11 августа 2016 г.; учебного плана № 36-1-006/уч. от 30.05.2016 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А. П. Крень, профессор кафедры механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

М. Н. Делендик – заведующий кафедрой безопасности технологических процессов и производств факультета охраны труда и промышленной безопасности межотраслевого института повышения квалификации и переподготовки кадров учреждения образования «Белорусский национальный технический университет», кандидат технических наук;

Т. А. Кузнецова – заместитель заведующего лабораторией нанопроцессов и технологий государственного научного учреждения «Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой механики и конструирования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 5 от «27» декабря 2018 г.);

Методической комиссией факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол №5 от «23» января 2019 г.);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 4 от «31» 01 2019 г.).

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Дисциплина «Методы испытания материалов и изделий» относится к компоненту учреждения образования и входит в цикл дисциплин специальности 11–36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий». В логической схеме дисциплин специальности дисциплина играет важную роль для формирования знаний, необходимых для назначения номенклатуры и экспериментального определения показателей качества материалов и изделий, получаемых с использованием аддитивных технологий.

Цель преподавания учебной дисциплины: усвоение студентами методов экспериментального определения показателей свойств металлических и полимерных материалов, применяющихся для изготовления изделий на основе трехмерных технологий и зависящих от свойств материала показателей качества изделий (элементов конструкции) при исследованиях, оценке соответствия требованиям технического задания, нормативам и критериям конкурентоспособности.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с основами законодательной метрологии и квалитметрии применительно к процессам разработки, постановки на производство, производства и эксплуатации изделий;
- ознакомление с методологией экспериментального определения показателей свойств материалов и зависящих от свойств материала показателей качества изделий на стадиях разработки и постановки на производство, производства и эксплуатации;
- приобретение студентами навыков экспериментального исследования материалов и изделий;
- получение студентами представлений о производственно-технологических дефектах, возникающих в процессе синтеза, механической обработки, соединения материалов, эксплуатации; об эффективности различных методов неразрушающего контроля, с помощью которых могут быть достигнуты наиболее достоверные результаты; о современных тенденциях развития методов неразрушающего контроля и технической диагностики.

В результате изучения учебной дисциплины «Испытания полимерных и композиционных материалов» формируются следующие **компетенции:**

Академические компетенции специалиста

Студент должен:

- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

–АК-11. Уметь четко и грамотно излагать результаты исследований и разработок

Социально-личностные компетенции специалиста

Специалист должен:

–СЛК-6. Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции специалиста

Специалист должен быть способен в *научно-исследовательской деятельности*:

–ПК-1. Проводить научные исследования и разработки с использованием современных информационных технологий.

–ПК-3. Разрабатывать техническое задание на проведение исследований материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения.

–ПК-6. Организовывать и проводить экспериментальные исследования материалов, изделий, технологических процессов и средств технологического оснащения по профилю специальности, анализировать и обрабатывать результаты исследований.

–ПК-7. Оформлять отчеты о научном исследовании, научные публикации, доклады, заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности.

–ПК-11. Оценивать предлагаемые технические решения путем изготовления и испытаний образцов материалов, моделей и макетов изделий.

Специалист должен быть способен в *инновационной деятельности*:

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

– основные положения законодательной метрологии и квалитметрии применительно к процессам разработки, постановки на производство и производства изделий;

– принципы, методы и основные средства измерения величин, определяющих поведение материалов и элементов конструкции при испытаниях и в условиях эксплуатации;

– основные дефекты материалов и изделий согласно действующей нормативной документации;

– физические основы неразрушающих методов контроля (оптического, магнитного, вихретокового, радиационного, акустического, проникающими веществами, теплового, электрического, индентирования, радиоволнового);

– разрушающие и неразрушающие методы определения показателей физико-механических и других эксплуатационных свойств материалов и изделий;

– особенности и эффективность применения различных методов контроля для определения показателей свойств материалов и изделий;

- физические явления, лежащие в основе методов исследования и контроля состава, структуры и свойств материалов, покрытий и процессов в них, классификацию методов по этим явлениям;

- принципы работы и конструкцию типовых устройств и приборов, используемых в данных методах исследований и испытаний;

- практические возможности методов и используемой аппаратуры в исследовании и контроле состава, структуры и свойств материалов и покрытий, явлений и процессов в них на различных стадиях получения, обработки, переработки и эксплуатации.

уметь:

- разрабатывать методику испытаний материалов и изделий, обеспечивающую определение показателей свойств, предусмотренных нормативными документами на данный тип материалов и изделий;

- проводить экспериментальные исследования материалов и изделий, анализировать и обрабатывать результаты исследований;

- использовать полученные результаты в практических целях для разработки новых материалов, изучения явлений и процессов, происходящих в материалах, покрытиях и изделиях;

- использовать полученные результаты для оценки и прогнозирования технологических и эксплуатационных свойств материалов.

владеть:

- современными методами испытаний материалов и изделий из них;

- методами изготовления образцов для проведения испытаний;

- программным обеспечением для обработки результатов эксперимента.

Связь с другими учебными дисциплинами. Дисциплина базируется на знаниях, полученных в процессе изучения естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин: «Физика», «Механика материалов и конструкций», «Полимерные и композиционные материалы».

При составлении программы учтено, что студенты параллельно с данной дисциплиной изучают специальные дисциплины «Механика композиционных материалов», «Основы научной и инновационной деятельности», «Конструирование и расчет изделий из композиционных материалов», в которых также рассматриваются отдельные аспекты исследования материалов и конструкций, а также выполняют курсовую работу по дисциплине «Механика композиционных материалов».

**План учебной дисциплины
для дневной формы получения высшего образования**

Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов				Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия		
3	6	138	3,5	68	34	34	–	–	Экзамен

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основы квалиметрии и метрологии

1.1. Основы квалиметрии применительно к материалам для аддитивных технологий и изделий из них.

Предмет, цель и задачи изучения дисциплины. Роль экспериментальных исследований и испытаний материалов и изделий на различных стадиях жизненного цикла в достижении высокого технического уровня, обеспечении качества и конкурентоспособности изделий.

Показатели качества материалов и изделий. Виды испытаний (исследовательские, приемочные, квалификационные) и контроля материалов и изделий. Программа и методика испытаний. Контроль и испытания на стадиях производства и эксплуатации изделий. Статистическое регулирование и статистический приемочный контроль.

1.2. Основы законодательной метрологии.

Закон Республики Беларусь «Об обеспечении единства измерений». Физические величины. Воспроизведение и передача единицы размера физической величины. Эталоны и образцовые средства измерений. Метрологическое обеспечение испытаний и качества изделий. Поверка и калибровка, метрологическая аттестация средств измерений, государственные приемочные испытания. Метрологическая аттестация и подтверждение пригодности методик выполнения измерений. Государственные реестры.

1.3. Методология измерений.

Объекты испытаний: экспериментальные образцы, макеты, модели, опытные образцы изделий. Правила формирования выборки для исследования и испытаний. Рандомизация.

Условия измерений. Внешние воздействующие факторы при испытаниях материалов и изделий. Нормальные условия. Механические, физические, химические, биологические и иные специальные виды воздействий. Методы воспроизведения и измерения параметров.

Точность, сходимость, воспроизводимость измерений. Случайная и систематическая погрешности измерений. Источники, способы оценки, устранения и введения поправок. Статистическая обработка результатов измерений. Показатели точности и формы представления результатов прямых и косвенных измерений.

1.4. Средства измерительной техники.

Измерительные преобразователи, датчики, чувствительные элементы. Измерительные устройства, приборы и системы. Испытательные машины, стенды и полигоны. Классификация. Метрологические характеристики средств измерений. Градуировка средств измерений. Основные и дополнительные погрешности. Разрушающий и неразрушающий контроль. Виды, методы. Стандартизация методов для аддитивных технологий.

Раздел 2. Испытания материалов

2.1. Показатели механических свойств.

Обзор развития механических испытаний. Классификация механических испытаний. Условия подбора механических испытаний. Напряжения.

Классификация напряжений. Упругая и остаточная деформация. Характеристики деформации. Постоянные упругости и показатели прочности полимерных и металлических материалов. Методы определения и области применения.

2.2. Статическое и динамическое индентирование.

Измерение твердости металлов по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу. Измерение твердости пластиков. Инструментальное индентирование. Обработка диаграммы вдавливание жесткого индентора. Определение основных механических характеристик по данным индентирования. Склерометрия.

2.3. Растяжение и сжатие, сдвиг и кручение, изгиб.

Образцы и способы нагружения. Диаграммы деформирования. Показатели жесткости и прочности. Влияние структуры и концентрации напряжений. Межслойный сдвиг. Срез. Кручение пластин, колец и труб. Изгиб образцов. Испытания на ползучесть и релаксацию напряжений.

2.4. Разрушение. Ударное нагружение.

Виды разрушения. Вязкое и хрупкое разрушение. Критический коэффициент интенсивности напряжений. Ударная вязкость по Шарпи и Изоду. Ударное растяжение. Энергия разрушения. Удар шаром и маятником.

2.5. Влияние внешних воздействий.

Температурный коэффициент линейного расширения. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности. Стойкость к тепловым воздействиям. Теплостойкость по Мартенсу и Вика. Горючесть и огнестойкость. Стойкость к воздействию атмосферы, воды, влаги, химических веществ, биологических сред, излучений, электрических и магнитных полей. Ускоренные климатические испытания. Триботехнические характеристики. Оценка износоустойчивости. Шероховатость поверхности.

Раздел 3. Контроль и испытания изделий

3.1. Оптический и визуально-измерительный контроль.

Общие вопросы оптического неразрушающего контроля (физические основы оптического контроля). Основные области применения оптических методов. Источники света, используемые для проведения данного вида контроля. Оптические схемы, используемые для выполнения оптического метода контроля. Основные оптические приборы, используемые для проведения контроля. Основные элементы, используемые в оптических приборах. Визуальный контроль качества. Визуально-оптический контроль качества. Определение размеров дефектов при использовании оптических приборов, при визуально-оптическом контроле.

3.2. Капиллярный метод контроля и течеискание.

Общие сведения и методы капиллярного неразрушающего контроля. Физические основы метода. Дефектоскопические материалы (название, обозначение, способ нанесения). Классификация пенетранта и проявителя (отечественные и импортные). Последовательность выполнения капиллярного метода контроля. Определение и классификация дефектов. Освещение и использование ультрафиолетового излучения для обработки результатов (лампы и приборы УФ излучения). Использование автоматизации при проведении

капиллярного метода контроля. Автоматизация обработки изображения в капиллярной дефектоскопии. Общие требования безопасности. Общие сведения и методика течеискания. Способы и схемы контроля. Средства контроля. Масс-спектрометрический метод. Галогенный метод. Пузырьковый метод. Жидкостный метод. Промышленная аппаратура течеискания. Автоматический контроль герметичности изделий.

3.3. Акустический контроль.

Ультразвуковые методы контроля. Физические основы ультразвуков дефектоскопии (природа метода, генерирование ультразвуковых волн, характер распределения ультразвуковых волн). Особенности распространения ультразвука в телах. Методика проведения контроля. Ультразвуковые приборы для определения качества и свойств металлов и изделий. Способы контроля толщины изделий. Использование ультразвукового контроля в условиях производства. Акустико-эмиссионный метод контроля. Основные понятия метода. Классификация акустико-эмиссионных методов контроля.

3.4. Магнитный метод контроля.

Основные понятия и термины. Магнитные преобразователи. Магнитные порошки, используемые при проведении магнитных методов контроля. Магнитные, магнитопорошковые, магнитографические дефектоскопы (состав и способы использования). Контроль механических свойств и структуры материалов.

3.5. Вихретоковый и электрический методы контроля.

Вихретоковые методы и средства контроля. Общая характеристика существующих методов контроля (классификация по применяемым преобразователям, зависимость сигнала от параметра объекта). Магнитная проницаемость, используемая в вихретоковом методе контроля. Взаимосвязь объекта контроля и средств контроля, влияние шероховатости поверхности. Материалы, контролируемые вихретоковым методом контроля. Общие сведения об электрическом контроле: термоэлектрический, трибоэлектрический, емкостный метод и др. Расшифровка используемых методов электрического контроля и диагностирования. Конструкция используемых преобразователей для проведения электрических методов контроля. Методы и средства проведения дефектоскопии при электрическом контроле.

3.6. Радиоволновой и тепловой методы контроля.

Физические основы радиоволнового метода контроля. Основные особенности электромагнитных процессов в СВЧ-диапазоне. Индикаторы и преобразователи радиоволнового излучения. Классификация методов и средств, используемых при контроле. Средства толщинометрии в радиоволновом контроле и структуроскопии. Средства контроля физико-механических и технологических параметров. Физические основы теплового метода. Виды теплопередачи материалу. Область применения. Относительное излучение некоторых видов материалов. Средства контроля температуры: типы термометров. Методы определения теплофизических характеристик. Первичные преобразователи тепловых величин. Существующие методы и средства неразрушающего контроля при определении толщины и однородности материала

при тепловом методе контроля. Способы нагрева материалов и изделий. Визуализация тепловых полей. Дефектоскопия и интроскопия тепловыми методами.

3.7. Радиационный метод контроля.

Общие вопросы радиационного контроля качества. Техника безопасности и санитарные нормы при проведении радиационного контроля качества. Источники корпускулярного излучения. Источники рентгеновского излучения. Взаимодействие ионизирующего излучения с материалами. Индикация излучения. Рентгеновский контроль и гамма-дефектоскопия. Контроль внутреннего строения при радиационном контроле качества. Специальные методы радиационного контроля качества. Радиационная толщинометрия и толщинометрия многослойных изделий. Контроль физических свойств материалов и изделий. Дефектоскопия и контроль внутреннего строения. Индикаторы ионизирующего излучения.

3.8. Актуальные задачи и пути развития методов испытаний материалов и изделий.

Отдельные приложения методов контроля. Испытания на надежность. Комплексование методов контроля. Технологические инструкции. Измерение напряжений в материалах и конструкциях. Показатели надежности изделий. Планы и методы испытаний. Испытания на долговечность. Оценка показателей. Ускоренные испытания. Индустрия 4.0.

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
для дневной формы получения высшего образования

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов		Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ		
1	2	3	4	5	6
1	Основы квалитметрии и метрологии	8	4	16	
1.1	Основы квалитметрии применительно к материалам для аддитивных технологий и изделий из них	2		4	Контрольные опросы. Экзамен
1.2	Основы законодательной метрологии	2		4	Контрольные опросы. Экзамен
1.3	Методология измерений	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
1.4	Средства измерительной техники	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
2	Испытания материалов	10	10	21	
2.1	Показатели механических свойств	2		4	Контрольные опросы. Экзамен
2.2	Статическое и динамическое индентирование	2	4	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
2.3	Растяжение и сжатие, сдвиг и кручение, изгиб	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
2.4	Разрушение. Ударное нагружение	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

1	2	3	4	5	6
					Экзамен
2.5	Влияние внешних воздействий.	2	2	5	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
3	Контроль и испытания изделий	16	20	33	
3.1	Оптический и визуально-измерительный контроль	2	4	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
3.2	Капиллярный метод контроля и течеискание	2	4	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
3.3	Акустический контроль	2		4	Контрольные опросы. Экзамен
3.4	Магнитный метод контроля	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
3.5	Вихретоковый и электрические методы контроля	2		4	Контрольные опросы. Экзамен
3.6	Радиоволновой и тепловой методы контроля	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
3.7	Радиационный метод контроля	2	2	4	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
3.8	Актуальные задачи и пути развития методов испытаний материалов и изделий.	2	6	5	Контрольные опросы. Отчеты по лабораторным работам с их устной защитой. Экзамен
	Всего:	34	34	70	

3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

3.1. Перечень литературы

Основная

1. Савкова, Е. Н. Методы менеджмента качества. Контроль и испытания продукции / Е. Н. Савкова, П. С. Серенков, Н. А. Жагора. – Минск: ИНФРА-М, 2016. – 479 с.
2. Солтовец, М. В. Организация и технология испытаний: учебное пособие / М. В. Солтовец. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2018. – 247 с.
3. Бобрышев, А. Н. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / А. Н. Бобрышев, В. Т. Ерофеев, В. Н. Козомазов. – М.: АСВ, 2013. – 473 с.

Дополнительная

- Ставров, В. П. Основы научной и инновационной деятельности: учеб. пособие / В. П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2010. – 318 с.
- Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 2 / Под ред. Дж. Любина. – М.: Машиностроение, 1988. – С. 302-484.
- Тарнопольский, Ю. М. Методы статических испытаний композитов / Ю. М. Тарнопольский, Т. Я. Кинцис. – М.: Химия, 1981. – 270 с.
- Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / В. В. Клюев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
- Неразрушающий контроль : справ. : в 8 т. / под общ. ред. В. В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2006.
- Ставров, В. П. Механика композиционных материалов: Учеб. пособие. / В. П. Ставров. – Минск: БГТУ, 2008. – 259 с.
- Ставров, В. П. Механика композиционных материалов. Практикум : Учеб. пособие. / В. П. Ставров, А. Л. Наркевич – Минск: БГТУ, 2012. – 218 с.
- Об обеспечении единства измерений: Закон Респ. Беларусь от 05 сент. 1995 №3848-ХІІ: с изм. и доп.: текст по состоянию на 1. апр. 2016 г. электронный ресурс на сайте <http://www.pravo.by>
- Кордикова, Е. И. Композиционные материалы. Лабораторный практикум: учеб. пособие. / Е. И. Кордикова. – Минск: БГТУ, 2007. – 182 с.
- Мэттьюс Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. – М.: Техносфера, 2004. – 408 с.

3.2. Перечень лабораторных занятий

1. Определение метрологических характеристик испытательных машин.
2. Определение погрешности косвенных измерений
3. Измерение твердости динамическими и ультразвуковыми твердомерами. Измерение твердости статическими твердомерами.
4. Определение механических характеристик металлов методом инструментального индентирования.
5. Испытания материалов на растяжение-сжатие.
6. Испытания материалов на ударный изгиб.

7. Определение шероховатости поверхности.
8. Капиллярный контроль.
9. Визуально-измерительный контроль.
10. Эндоскопия внутренних полостей изделий.
11. Неразрушающее измерение прочности строительных материалов.
12. Тепловой контроль. Тепловизоры и пирометры.
13. Радиационный контроль.
14. Магнитная толщинометрия.
15. Измерение механических напряжений.

3.3. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

- экзамен;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- контрольные опросы.

Форма контроля знаний при проведении межсессионной аттестации – защита лабораторных работ.

Первая межсессионная аттестация проводится по результатам контрольного опроса и защиты лабораторных работ. Весовой коэффициент 0,2.

Вторая межсессионная аттестация проводится по результатам контрольного опроса и защиты лабораторных работ. Весовой коэффициент 0,3.

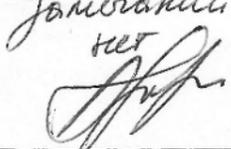
Весовые коэффициенты: $K_{\text{межс1}} = 0,2$; $K_{\text{межс2}} = 0,3$; $K_{\text{тек}} = 0,5$.

3.4. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, формирование умений, навыков по изучаемой дисциплине, активизация учебно-познавательной деятельности обучающихся, формирование умений и навыков самостоятельного приобретения и обобщения знаний, самостоятельного применения знаний на практике. В рамках дисциплины предусмотрена *самостоятельная работа* в виде:

- освоения теоретического материала по учебным пособиям;
- оформления отчетов по лабораторным работам в аудитории во время проведения занятий в соответствии с расписанием.

4. 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)
Механика материалов аддитивного синтеза	Кафедра механики и конструирования	<p style="text-align: center;"><i>замечаний нет</i></p> 	
Основы материаловедения и структурообразования	Кафедра механики и конструирования	<p style="text-align: center;"><i>Замечаний нет</i></p> 	

И.о. зав. кафедрой
механики и конструирования



Е. И. Кордикова