

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

**УТВЕРЖДАЮ**

И. о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)  
" \_30\_ " \_\_\_\_\_ 05\_\_\_\_\_ 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основы реверсивного инжиниринга**

Направление подготовки

**15.04.03 Прикладная механика**

Направленность (профиль) подготовки

**Математическое и компьютерное моделирование**  
**механических систем и процессов**

Квалификация выпускника

**Магистр**

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

*28 Производство машин и оборудования (в сфере повышения надежности и долговечности работы деталей, узлов и механизмов);*

*40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: обеспечения необходимой динамики, прочности, устойчивости, рациональной оптимизации, долговечности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, конструкций, композитных структур, сооружений, установок, агрегатов, оборудования, приборов и аппаратуры и их элементов, расчетно-экспериментальных работ с элементами научных исследований в области прикладной механики, разработки и проектирования новой техники и технологий).*

Дисциплина направлена на решение типов задач профессиональной деятельности *производственно-технологический, научно-исследовательский, проектно-конструкторский.*

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки/специальности 15.04.03 Прикладная механика.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способен использовать современные компьютерные технологии при управлении жизненным циклом, реновации, проектировании деталей и узлов и оформлении конструкторско-технологической документации для производства машиностроительных изделий	ИД2 <sub>ПКв-1</sub> – Использует современные компьютерные технологии для геометрического, имитационного и твердотельного моделирования и оформления конструкторской и технологической документации при проектировании и реновации машиностроительных изделий и технологических процессов их изготовления.
2	ПКв-3	Способен планировать и проводить испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов, оформлять научно-технологическую и опытно-конструкторскую документацию при подготовке новой продукции машиностроения к производству	ИД1 <sub>ПКв-3</sub> – Планирует и проводит испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов (в том числе с применением систем автоматизированного проектирования)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 <sub>ПКв-1</sub> – Использует современные компьютерные технологии для геометрического, имитационного и твердотельного моделирования и оформления конструкторской и технологической документации при проектировании и реновации машиностроительных изделий и технологических процессов их изготовления.	Знает: этапы реверсивного инжиниринга продукции машиностроения; виды и возможности оборудования для проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения.
	Умеет: пользоваться оборудованием и технологиями создания компьютерных геометрических и твердотельных моделей при реверсивном инжиниринге продукции машиностроения.
	Владеет: навыками проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения с применением современных компьютерных технологий геометрического и твердотельного мо-

	делирования.
ИД1 <sub>ПКв-3</sub> – Планирует и проводит испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов (в том числе с применением систем автоматизированного проектирования)	Знает: технологии обратного проектирования продукции машиностроения; методы исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга; порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга.
	Умеет: проводить контроль соответствия формы и геометрии твердотельной модели объекта реверсивного инжиниринга.
	Владеет: навыками планирования и проведения контроля соответствия опытного образца объекту реверсивного инжиниринга.

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО

Дисциплина относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений – дисциплины по выбору* Блока 1 ООП.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин *Управление жизненным циклом машиностроительных изделий, Системы автоматизированного проектирования и разработки технологических процессов, Конструкторско-технологическое обеспечение производств, Теория планирования и методы экспериментальных исследований в механике, Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг.*

Дисциплина является предшествующей для следующих дисциплин и практик: *Учебная практика, ознакомительная практика, Учебная практика, научно-исследовательская работа, Производственная практика, технологическая (проектно-технологическая) практика, Производственная практика, преддипломная практика, подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.*

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч
		3
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа</b> в т. ч. аудиторные занятия:	<b>24,7</b>	<b>24,7</b>
Лекции	12	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-
Лабораторные занятия (ЛЗ)	12	12
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	12	12
Консультации текущие	0,6	0,6
<b>Вид аттестации (зачет)</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>47,3</b>	<b>47,3</b>
Проработка материалов по лекциям	4	4
Проработка материалов учебникам, учебным пособиям	21,3	21,3
Подготовка к лабораторным занятиям	6	6
Домашнее задание (реферат)	10	10
Подготовка к зачету	6	6

**5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**5.1 Содержание разделов дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
<b>3 семестр</b>			
1	Основы реверсивного инжиниринга	<p>Основные этапы реверсивного инжиниринга. Порядок и методы проведения исследований материала и его свойств. Виды и возможности оборудования для исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга.</p> <p>Виды и возможности оборудования, применяемого для измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга. Порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга.</p> <p>Технология обратного проектирования детали с использованием данных ручного обмера. Метод построения CAD модели на основании ручных измерений. Использование ручного измерительного инструмента.</p> <p>Бесконтактная оцифровка деталей при помощи 3D-сканера. Внутреннее устройство сканера и комплектация. Технология сканирования. Возможные ошибки, причины их появления и пути их исправления.</p> <p>Технология обратного проектирования детали на основании полигональной модели. Метод построения по непрямым измерениям. Метод построения по контрольным сечениям.</p> <p>Прикладной инструментарий твердотельного моделирования: наименования, возможности и порядок работы в них.</p>	71,3
2		Консультации текущие	0,6
3		Зачет	0,1

**5.2 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	СРО, час
1.	Основы реверсивного инжиниринга	12	12	47,3
2	Консультации текущие		0,6	
3	Зачет		0,1	

**5.2.1 Лекции**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
<b>1 семестр</b>			
1.	Основы реверсивного инжиниринга	Основные этапы реверсивного инжиниринга. Порядок и методы проведения исследований материала и его свойств. Виды и возможности оборудования для исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга	2
		Виды и возможности оборудования, применяемого для измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга. Порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга	2
		Технология обратного проектирования детали с использованием данных ручного обмера. Метод построения	2

		CAD модели на основании ручных измерений. Использование ручного измерительного инструмента.	
		Бесконтактная оцифровка деталей при помощи 3D-сканера. Внутреннее устройство сканера и комплектация. Технология сканирования. Возможные ошибки, причины их появления и пути их исправления.	2
		Технология обратного проектирования детали на основании полигональной модели. Метод построения по непрямым измерениям. Метод построения по контрольным сечениям.	2
		Прикладной инструментарий твердотельного моделирования: наименования, возможности и порядок работы в них	2

### 5.2.2 Практические занятия

*Практические занятия не предусмотрены*

### 5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Трудоемкость, час
1 семестр			
1.	Основы реверсивного инжиниринга	Разработка этапов проведения реверсивного инжиниринга машиностроительной продукции	2
		Построение CAD модели на основании ручных измерений.	2
		Бесконтактная оцифровка и построение 3D модели	4
		Печать компьютерной модели на 3D принтере.	2
		Контроль соответствия формы и геометрии и разработка технологического процесса финишной обработки	2

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1.	Основы реверсивного инжиниринга	Проработка материалов по лекциям	4
		Проработка материалов учебникам, учебным пособиям	21,3
		Подготовка к практическим занятиям	6
		Домашнее задание (реферат)	10
		Подготовка к зачету	6

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

### 6.1 Основная литература

1. Копылов, Ю. Р. Компьютерные технологии в машиностроении. Практикум : учебное пособие / Ю. Р. Копылов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 500 с. <https://e.lanbook.com/book/207005>
2. Трофимов, А. В. Компьютерные технологии в машиностроении. Технологии жизненного цикла : учебное пособие / А. В. Трофимов ; под редакцией А. В. Трофимов. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2020. — 108 с. <https://e.lanbook.com/book/146030>

## 6.2 Дополнительная литература

1. Гудыма, Д. А. Применение инструментария T-Flex при управлении жизненным циклом систем : учебно-методическое пособие / Д. А. Гудыма. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 42 с. <https://e.lanbook.com/book/176544>
2. Сычев, А. Н. ЭВМ и периферийные устройства : учебное пособие / А. Н. Сычев. — Москва : ТУСУР, 2017. — 131 с. <https://e.lanbook.com/book/110218>
3. Кулик, В. И. Аддитивные технологии в производстве изделий авиационной и ракетно-космической техники : учебное пособие / В. И. Кулик, А. С. Нилов. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 160 с. <https://e.lanbook.com/book/122070>
4. Интегрированный лабораторный практикум по теории механизмов и машин АПК с модулем инновационной подготовки : учебное пособие (гриф УМО РАЕ) / Н. И. Наумкин, Г. А. Кондратьева, А. С. Князьков [и др.]. — Саранск : МГУ им. Н.П. Огарева, 2019. — 136 с. <https://e.lanbook.com/book/154358>

## 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Освоение закрепленных за дисциплиной компетенций осуществляется посредством изучения теоретического материала на лекциях, выполнения практических работ. Учебно-методический комплекс дисциплины размещен в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/>.

2. Самостоятельная работа студентов предполагает работу с отечественной литературой, учебниками, конспектами лекций, учебно-методическими материалами к практическим работам по алгоритму, детально изложенному в Методических указаниях к выполнению самостоятельной работы:

Методические указания размещены дополнительно в Электронной информационно-образовательной среде ВГУИТ <http://education.vsu.ru/> Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в виде тестирований, опросов, устных ответов, представления публичной защиты проектов.

## 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp">http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp</a>
Образовательная платформа «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
АИБС «МегаПро»	<a href="https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="http://minobrnauki.gov.ru">http://minobrnauki.gov.ru</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="http://education.vsu.ru">http://education.vsu.ru</a>

## 6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

<b>Программы</b>	<b>Лицензии, реквизиты подтверждающего документа</b>
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license  Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

#### **Справочно-правовые системы**

<b>Программы</b>	<b>Лицензии, реквизиты подтверждающего документа</b>
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

### **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <https://vsuet.ru>

Для проведения учебных занятий используются учебные аудитории:

Ауд. № 124. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Переносное мультимедийное оборудование: проектор View Sonic PJD 5232, экран на штативе DigisKonturCDSKS-1101, доска 3-х элементная, мел/маркер
Ауд. № 126. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Проектор View Sonic PJD 5232, экран на штативе DigisKonturCDSKS-1101, ноутбук, лабораторноиспытательное оборудование: металлографический микроскоп Optika XDS-3МЕТ, разрывная машина IP20 2166P5/500, блок управления ПУ-7 УХЛ 4.2
Ауд. № 127. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Машина испытания на растяжение МР-0,5, машина испытания на кручение КМ-50, машина универсальная разрывная УММ-5, машина испытания пружин МИП-100, машина разрывная УГ 20/2, машина испытания на усталость МУИ6000, копер маятниковый
Ауд. № 227. Учебная аудитория	Интерактивная доска SMART Board SB660 64, комплект лабора-

тория для проведения учебных занятий	торного оборудования для проведения дисциплины "Детали машин и основы конструирования": машина тарировочная, прибор ТММ105-1, стенды методические
Ауд. № 127а. Компьютерный класс	Моноблок Гравитон - 12 шт.
Ауд. № 133. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Переносное мультимедийное оборудование: проектор View Sonic PJD 5232, экран на штативе Di-gisKonturCDSKS-1101

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.

Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

### **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

**Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины (модуля) включают:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».



**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
**к рабочей программе**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Основы реверсивного инжиниринга**

**1. Требования к результатам освоения дисциплины (перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций)**

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способен использовать современные компьютерные технологии при управлении жизненным циклом, реновации, проектировании деталей и узлов и оформлении конструкторско-технологической документации для производства машиностроительных изделий	<b>ИД2ПКв-1</b> – Использует современные компьютерные технологии для геометрического, имитационного и твердотельного моделирования и оформления конструкторской и технологической документации при проектировании и реновации машиностроительных изделий и технологических процессов их изготовления.
2	ПКв-3	Способен планировать и проводить испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов, оформлять научно-технологическую и опытно-конструкторскую документацию при подготовке новой продукции машиностроения к производству	ИД1ПКв-3 – Планирует и проводит испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов (в том числе с применением систем автоматизированного проектирования)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
<b>ИД2ПКв-1</b> – Использует современные компьютерные технологии для геометрического, имитационного и твердотельного моделирования и оформления конструкторской и технологической документации при проектировании и реновации машиностроительных изделий и технологических процессов их изготовления	<b>Знает:</b> этапы реверсивного инжиниринга продукции машиностроения; виды и возможности оборудования для проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения.
	<b>Умеет:</b> пользоваться оборудованием и технологиями создания компьютерных геометрических и твердотельных моделей при реверсивном инжиниринге продукции машиностроения.
	<b>Владеет:</b> навыками проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения с применением современных компьютерных технологий геометрического и твердотельного моделирования
<b>ИД1ПКв-3</b> – Планирует и проводит испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов (в том числе с применением систем автоматизиро-	<b>Знает:</b> технологии обратного проектирования продукции машиностроения; методы исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга; порядок и методы измерений геометрических параметров объекта

ванного проектирования)	реверсивного инжиниринга.
	<b>Умеет:</b> проводить контроль соответствия формы и геометрии твердотельной модели объекта реверсивного инжиниринга.
	<b>Владеет:</b> навыками планирования и проведения контроля соответствия опытного образца объекту реверсивного инжиниринга.

**2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины (описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания)** В ходе формирования компетенций при изучении дисциплины существуют следующие показатели и критерии оценивания:

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства	Номера заданий	Технология оценки (способ контроля)
1	Методы и средства реверсивного инжиниринга	<b>ПКв-1</b>	Тестовые задания	1-15	Проверка преподавателем
			Домашнее задание (реферат)	31-40	Проверка преподавателем
			Вопросы к зачету (экзамену)	51-80	Собеседование с преподавателем
2	Технологии реверсивного инжиниринга	<b>ПКв-3</b>	Тестовые задания	16-30	Проверка преподавателем
			Домашнее задание (реферат)	41-50	Проверка преподавателем
			Вопросы к зачету (экзамену)	81-110	Собеседование с преподавателем

### 3.1 Тестовые задания

**3.1.1 ПКв-1:** Способен использовать современные компьютерные технологии при управлении жизненным циклом, реновации, проектировании деталей и узлов и оформлении конструкторско-технологической документации для производства машиностроительных изделий

№ задания	Тестовое задание
1	Преимущества реверс-инжиниринга: 1. Ускорение производственных процессов <b>2. Точность при изготовлении</b> 3. Универсальность технологических процессов 4. Контроль при проектировании
2	Ключевой технологический этап реверсивного инжиниринга: 1. Разборка готового изделия на детали при необходимости 2. Определение применяемых материалов <b>3. Трехмерное сканирование и получение САД-модели</b> 4. Создание рабочей модели изделия.
3	Преимущества методов при измерении изделия:

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ручное при помощи контактных средств</li> <li>2. Координатно-измерительная машина -КИМ</li> <li>3. <b>Сканирование 3D сканером</b></li> <li>4. Фасетная 3D модель постобработки облака точек</li> </ol>
4	<p>Определение состава и механических свойств материала изделия:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Измерение твердости</li> <li>2. <b>Оптико-эмиссионный спектральный анализ</b></li> <li>3. Испытания на растяжения/сжатие</li> <li>4. Усталостные динамические испытания</li> </ol>
5	<p>Топологическая оптимизация конструкции изделия:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внесения изменений в конструкторскую документацию</li> <li>2. Снижение массы изделия в 2-3 раза с сохранением исходной прочности</li> <li>3. <b>Оптимизация компоновочных решений</b></li> <li>4. Алгоритмы оптимального проектирования конструкций</li> </ol>
6	<p>Цели проведения расчетов в САЕ-системе:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Определение недостатков в конструкции изделия</b></li> <li>2. Подтверждение технических характеристик</li> <li>3. Оперативное внесение изменений</li> <li>4. Реальные испытания опытного образца</li> </ol>
7	<p>Исходные данные для обратного инжиниринга:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение детали</li> <li>2. Условия эксплуатации</li> <li>3. Материал сопрягаемых деталей</li> <li>4. <b>Выполняемые функции, цели и задачи изделия</b></li> </ol>
8	<p>Используемое программное обеспечение при 3D сканировании:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Design X</li> <li>2. SolidWorks</li> <li>3. Siemens NX</li> <li>4. <b>Point Shape Design</b></li> </ol>
9	<p>Задачи решаемые при помощи 3D сканирования и обратного инжиниринга:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замена устаревших деталей</li> <li>2. Анализ отказов</li> <li>3. Усовершенствование комплектующих</li> <li>4. <b>Диагностика и решение проблем</b></li> </ol>
10	<p>Литография – это процесс, в соответствии с которым лазерный луч послойно отверждает модельный материал:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полимерные смолы</li> <li>2. Металлические порошки</li> <li>3. <b>Жидкие фотополимеры</b></li> <li>4. Термопластик</li> </ol>
11	<p>Технологии Spray forming формируют и «выращивают» болванки (заготовки для последующих переделов) путем:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напылением порошковых материалов</li> <li>2. <b>Газовой атомизации расплава</b></li> <li>3. Осаждением металла на подложку</li> <li>4. Гальваническим способом</li> </ol>
12	<p>Steriolithography Apparatus – это технологии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Послойного нанесения полимерных слоев</li> <li>2. <b>Лазерное послойное отверждения фотополимерных смол</b></li> <li>3. Осаждение металлов</li> <li>4. Индукционная наплавка</li> </ol>
13	<p>Selective Inhibition Sintering — это технологии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Газовой атомизации наплавляемого материала</b></li> <li>2. Нанесения ингибиторов (растворы солей металлов)</li> <li>3. АМ-процесс печати на 3D принтере.</li> <li>4. Литьевой процесс по выплавляемым моделям</li> </ol>
14	<p>Стандартизованный аддитивный процесс (Material extrusion), согласно которому:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построение изделия ведется посредством послойного лазерного сплавления порошков</li> <li>2. Построение изделия ведется посредством экструзии пластифицированного тем или иным способом исходного.</li> <li>3. Построение изделия ведется посредством светоотверждаемых смол</li> </ol>

	4. Построение изделия ведется посредством индукционной плавки в вакууме
15	Технологии Electron Beam Melting это аддитивный процесс, в котором: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сплавление слоев диффузионной сваркой</li> <li><b>2. Сплавление модельного материала производят посредством электронного луча</b></li> <li>3. Формирование рабочих слоев путем гальванического процесса</li> <li>4. Формирование слоев модельного материала путем аргонодуговой сварки</li> </ol>

**3.1.2 ПКв-3:** Способен планировать и проводить испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов, оформлять научно-технологическую и опытно-конструкторскую документацию при подготовке новой продукции машиностроения к производству

№ задания	Тестовое задание
16	Наплавочные процессы при нанесении покрытий: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Газовая</li> <li><b>2. Электродуговая</b></li> <li>3. Электрошлаковая</li> <li>4. Лазерная</li> </ol>
17	Электродуговая наплавка осуществляется: <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Покрытым электродом</b></li> <li>2. Порошковой проволокой</li> <li>3. В среде защитных газов</li> <li>4. Плазменное напыление</li> </ol>
18	Плакирование – это процесс нанесения покрытий: <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Погружением в расплав</b></li> <li>2. Литьем</li> <li>3. Прокаткой</li> <li>4. Взрывом</li> </ol>
19	Напыление – это технологический процесс: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Холодной газодинамики</li> <li><b>2. Газотермического испарения</b></li> <li>3. Вакуумное катодное распыление</li> <li>4. Ионно-плазменное распыление</li> </ol>
20	Магнитно-импульсный метод заключается в: <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Использовании импульсных электродинамических сил</b></li> <li>2. Холодное магнитно-импульсное прессование</li> <li>3. Термической активации поверхности обрабатываемой детали</li> <li>4. Горячее магнитно-импульсное прессование</li> </ol>
21	Технология осталивания применяется при: <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Восстановлении размеров деталей при ремонте</b></li> <li>2. Обеспечение натяга в сопрягаемых деталях</li> <li>3. Нанесение подслоя баббита на чугунные вкладыши подшипников</li> <li>4. Прирабатываемости поршневых колец</li> </ol>
22	Химические конверсионные покрытия - это: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Хромовые покрытия на магниваемых сплавах</li> <li>2. Пассивирующие покрытия на алюминиевых сплавах</li> <li>3. Воронение стали</li> <li><b>4. Фосфатные покрытия легированных сталей</b></li> </ol>
23	Процесс спекания порошкового покрытия: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Термическая обработка без расплавления частиц покрытия</li> <li>2. Оплавление покрытия</li> <li>3. Пластическое деформирование в результате упрочняюще-чистовой ультразвуковой обработки</li> <li><b>4. Термическая обработка с пропиткой нанесенного покрытия металлическими расплавами</b></li> </ol>
24	Недостатки технологии высокочастотного индукционного нагрева: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нагрев только локально на определенных участках</li> <li><b>2. Необходимость в каждом случае изготавливать индивидуальный индуктор</b></li> <li>3. Невозможность обрабатывать тугоплавкие соединения из немагнитных материалов</li> </ol>

	4. Ухудшение структуры материала основы
25	Технологические возможности лазерного упрочнения материалов: <b>1. Регулировка глубины проплавленного слоя</b> 2. Высокая локальная температура нагрева 3. Сохранение наследственной структуры материала основы 4. Плавная регулировка мощности лазера
26	Методы металлографического анализа: 1. Определение количества оксидов сравнением с эталонной шкалой 2. Фазовый качественный анализ <b>3. Стереометрические исследования микрошлифом поверхностей</b> 4. Расчет зернового состава порошка, структуры частиц покрытий
27	Разрешающая способность оптического микроскопа при длине световой волны 0,4-0,7 мкм: 1. 1 мкм 2. 0,5 мкм <b>3. 0,2 мкм</b> 4. 0,05 мкм
28	Разрешающая способность просвечивающего электронного микроскопа при исследовании упрочняющих покрытий: 1. 10 нм 2. 1,0 нм <b>3. 0,2 нм</b> 4. 0,05 нм
29	Феррографический анализ поверхностей трения применяется для: 1. Предсказаний стадий разрушений <b>2. Выявление проблемных трибообъектов</b> 3. Определения вида изнашивания 4. Получения оперативных результатов для прогнозирования износа
30	Структурные уровни механики деформационного разрушения: <b>1. Микро <math>1 \cdot 10^{-9}</math></b> 2. Мезо $1 \cdot 10^{-3}$ 3. Макро $1 \cdot 10^1$ 4. Нано $1 \cdot 10^{-12}$

### 3.2 Домашнее задание (реферат)

**3.2.1 ПКв-1:** Способен использовать современные компьютерные технологии при управлении жизненным циклом, реновации, проектировании деталей и узлов и оформлении конструкторско-технологической документации для производства машиностроительных изделий

№ задания	Тема домашнего задания (реферата)
31	Классификация структур материалов аддитивных технологий
32	Исследования дефектов структур
33	Структурные исследования покрытий
34	Механические свойства покрытий
35	Физические свойства покрытий
36	Технологии нанесения покрытий
37	Технологии сплереолитографии – отверждение жидкого фотополимера послойно лазерным лучом
38	Вакуумная индукционная плавка - Vacuum Induction Melting
39	Синтез-модели светоотверждаемых смол для аддитивного производства
40	Технологии литья металла по выжигаемым моделям

**3.3.2 ПКв-3:** Способен планировать и проводить испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов, оформлять научно-технологическую и опытно-конструкторскую документацию при подготовке новой продукции машиностроения к производству

№ задания	Тема домашнего задания (реферата)
41	Технологии восковых синтез-моделей - Multi Jet Modeling

42	Технологии литья полиуретановых смол в силиконовые формы.
43	Технологии послойного лазерного сплавления порошков - Direct Metal Fabrication
44	Технологии синтеза песчаных литейных форм
45	Области применения порошковых материалов
46	Методы получения металлических порошков
47	Методы получения нанокристаллических материалов конструкционного назначения
48	Механохимический синтез равновесных металлических соединений
49	Исследования механохимического синтеза карбонитридов.
50	Применение компьютерной томографии для неразрушающего контроля металлопорошковых изделий

### 3.3. Вопросы к зачету

**3.3.1 ПКв-1:** Способен использовать современные компьютерные технологии при управлении жизненным циклом, реновации, проектировании деталей и узлов и оформлении конструкторско-технологической документации для производства машиностроительных изделий

№ заданий	Вопросы к зачету
51	Основные этапы реверсивного инжиниринга
52	Порядок и методы проведения исследований материала и его свойств
53	Виды и возможности оборудования для исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга
54	Виды и возможности оборудования, применяемого для измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга
55	Порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга
56	Технология обратного проектирования детали с использованием данных ручного обмера
57	Метод построения CAD модели на основании ручных измерений
58	Использование ручного измерительного инструмента
59	Бесконтактная оцифровка деталей при помощи 3D-сканера
60	Внутреннее устройство сканера и комплектация
61	Технология сканирования. Возможные ошибки, причины их появления и пути их исправления
62	Технология обратного проектирования детали на основании полигональной модели
63	Метод построения по непрямым измерениям
64	Метод построения по контрольным сечениям
65	Прикладной инструментарий твердотельного моделирования: наименования, возможности и порядок работы в них
66	Компьютерные технологии объемной оцифровки, моделирования и исследования материалов
67	Основы твердотельного моделирования: работа в 2D системе, особенности выполнения эскизов для моделирования, работа в CAD системе (КОМПАС-3D),
68	Операции твердотельного моделирования: принципы твердотельного моделирования деталей и сборок. 3D-сборка. Сопряжение деталей. Настройка взаимосвязей между деталями и сборкой.
69	Вспомогательные операции моделирования: фаски, скругления, массивы. Построение вспомогательных плоскостей. Создание оболочки тела. Придание толщины оболочке.
70	Создание трехмерных моделей деталей, решение эвристических задач (изменение формы моделей с помощью вспомогательных операций).
71	Поверхностное моделирование: по сети кривых, по сечениям, по траектории. Создание поверхностей вращения и выдавливания.
72	Построение сложных комплексных моделей: степень сложности (простоты) модели, уровень ее детализации.
73	Построение сложных комплексных моделей: предположения и допущения, адекватность проектируемой модели
74	Оцифровка изделия, «склейка кадров» в единое облако точек, обработка облака точек, выравнивание относительно глобальной системы координат,
75	устранение артефактов оцифровки, извлечение криволинейных поверхностей и сопряже-

	ние их между собой, извлечение примитивов
76	Поверхностное моделирование.
77	Построение сложных комплексных моделей
78	Оцифровка корпусных деталей. 3D сканирование
79	Работа с оптической установкой бесконтактной оцифровки (3D сканером), калибровка оборудования
80	Подготовка векторных изображений для работы на лазерном гравере

**3.3.2 ПКв-3:** Способен планировать и проводить испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов, оформлять научно-технологическую и опытно-конструкторскую документацию при подготовке новой продукции машиностроения к производству

№ задания	Вопросы к зачету
81	Квалификационные требования специалиста по реверсивному инжинирингу
82	Обратное проектирование детали с помощью ручного измерительного инструмента
83	Обратное проектирование с использованием цифровых технологий
84	Обратное проектирование детали по полигональной модели, сопрягаемым деталям и элементам.
85	Обратное проектирование детали по облаку точек и сопрягаемым деталям и элементам
86	Подготовка документации по цифровой модели
87	Создание сборки. Проектирование недостающих элементов конструкции.
88	Аддитивные технологии (технологии производства с добавлением материала)
89	Формирование изделия послойно из расплавленной пластиковой нити
90	Selective Laser Sintering – технология лазерного спекания,
91	MultiJet Modeling - многоструйное 3d моделирование с использованием фотополимеров и воска
92	Laser Stereolithography –послойное отверждение жидкого полимера с помощью лазера.
93	Особенности подготовки моделей к печати на 3D принтере
94	Печать моделей на 3D принтере. Технологии 3D-печати. FDM, SLA, DLP, SLS, SLM
95	Выбор оптимальных настроек для печати: толщина слоя, скорость печати, температура печати, заполнение изделия, толщина стенок, поддержки.
96	Интерфейс программного обеспечения и настройка задания для 3D-принтера
97	Подготовка задания для 3D-принтера. Запуск и контроль печати на наличие ошибок и сбоев.
98	Возможные проблемы при печати и способы их решения: забивание сопла, перелив пластика.
99	Методы постобработки модели. Постобработка ABS пластика. Постобработка PLA пластика.
100	Способы удаления поддержек. Инструменты для постобработки.
101	Субтрактивные технологии (технологии производства с удалением материала).
102	Выбор технологии изготовления. Разработка технологической карты.
103	Точение. Изготовление деталей на токарном станке с ЧПУ
104	Фрезерование. Изготовление деталей на фрезерном станке с ЧПУ
105	Изготовление плоскостных деталей (штампов) на станках с ЧПУ
106	Сверление, шлифование и др. операции удаления материала. Обработка деталей с помощью ручных и электромеханических инструментов
107	Технологии: литьё, штамповка, гибка, вакуумное формование
108	Формативные технологии (технологии производства без удаления и без добавления материала)
109	Лазерные технологии. Оборудование: станок для лазерной резки и гравировки. Векторная графика.
110	Диффузионные технологии нанесения покрытий



**4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.01.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости, а также методическими указаниями.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине**

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Методика оценки	Показатель оценивания	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачётно/не зачтено)	Уровень освоения компетенции
<b>ПКв-1:</b> Способен использовать современные компьютерные технологии при управлении жизненным циклом, реновации, проектировании деталей и узлов и оформлении конструкторско-технологической документации для производства машиностроительных изделий					
<b>Знать</b> этапы реверсивного инжиниринга продукции машиностроения; виды и возможности оборудования для проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения.	Тест	Результат тестирования	85% и более правильных ответов	Отлично	Освоена
			75- 84,99 % правильных ответов	Хорошо	Освоена
			60- 74,99 % правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена
			Менее 60% правильных ответов	Не удовлетворительно	Не освоена
<b>Уметь</b> пользоваться оборудованием и технологиями создания компьютерных геометрических и твердотельных моделей при реверсивном инжиниринге продукции машиностроения.	Домашнее задание (реферат)	Собеседование с преподавателем	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил на 60-100 % вопросов;	зачтено	освоена
			оценка «не зачтено», если студент ответил на менее чем 60 % вопросов;	Не зачтено	Не освоена
<b>Владеть</b> навыками проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения с применением современных компьютерных технологий геометрического и твердотельного моделирования	Зачет (экзамен)	Собеседование с преподавателем	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил на 60-100 % вопросов;	зачтено	освоена
			оценка «не зачтено», если студент ответил на менее чем 60 % вопросов;	Не зачтено	Не освоена

**ПКв-3:** Способен планировать и проводить испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов, оформлять научно-технологическую и опытно-конструкторскую документацию при подготовке новой продукции машиностроения к производству

<b>Знать</b> технологии обратного проектирования продукции машиностроения; методы исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга; порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга.	Тест	Результат тестирования	85% и более правильных ответов	Отлично	Освоена
			75- 84,99 % правильных ответов	Хорошо	Освоена
			60- 74,99 % правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена
			Менее 60% правильных ответов	Не удовлетворительно	Не освоена
<b>Уметь</b> проводить контроль соответствия формы и геометрии твердотельной модели объекта реверсивного инжиниринга.	Домашнее Задание (реферат)	Собеседование с преподавателем	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил на 60-100 % вопросов;	зачтено	освоена
			оценка «не зачтено», если студент ответил на менее чем 60 % вопросов;	Не зачтено	Не освоена
<b>Владеть</b> навыками планирования и проведения контроля соответствия опытного образца объекту реверсивного инжиниринга.	Зачет (экзамен)	Собеседование с преподавателем	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент ответил на 60-100 % вопросов;	зачтено	освоена
			оценка «не зачтено», если студент ответил на менее чем 60 % вопросов;	Не зачтено	Не освоена

**АННОТАЦИЯ  
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ  
ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Основы реверсивного инжиниринга»**

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД2 <sub>ПКв-1</sub> – Использует современные компьютерные технологии для геометрического, имитационного и твердотельного моделирования и оформления конструкторской и технологической документации при проектировании и реновации машиностроительных изделий и технологических процессов их изготовления.	Знает: этапы реверсивного инжиниринга продукции машиностроения; виды и возможности оборудования для проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения.
	Умеет: пользоваться оборудованием и технологиями создания компьютерных геометрических и твердотельных моделей при реверсивном инжиниринге продукции машиностроения.
	Владеет: навыками проведения реверсивного инжиниринга продукции машиностроения с применением современных компьютерных технологий геометрического и твердотельного моделирования.
ИД1 <sub>ПКв-3</sub> – Планирует и проводит испытания продукции машиностроения и технологические эксперименты с обработкой и анализом результатов (в том числе с применением систем автоматизированного проектирования)	Знает: технологии обратного проектирования продукции машиностроения; методы исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга; порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга.
	Умеет: проводить контроль соответствия формы и геометрии твердотельной модели объекта реверсивного инжиниринга.
	Владеет: навыками планирования и проведения контроля соответствия опытного образца объекту реверсивного инжиниринга.

Содержание разделов дисциплины.

Основные этапы реверсивного инжиниринга. Порядок и методы проведения исследований материала и его свойств. Виды и возможности оборудования для исследования физико-химических свойств и механических характеристик материала объекта реверсивного инжиниринга. Виды и возможности оборудования, применяемого для измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга. Порядок и методы измерений геометрических параметров объекта реверсивного инжиниринга. Технология обратного проектирования детали с использованием данных ручного обмера. Метод построения CAD модели на основании ручных измерений. Использование ручного измерительного инструмента.

Бесконтактная оцифровка деталей при помощи 3D-сканера. Внутреннее устройство сканера и комплектация. Технология сканирования. Возможные ошибки, причины их появления и пути их исправления.

Технология обратного проектирования детали на основании полигональной модели. Метод построения по непрямым измерениям. Метод построения по контрольным сечениям.

Прикладной инструментарий твердотельного моделирования: наименования, возможности и порядок работы в них.