

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики полупроводников и микроэлектроники

(Е.Н.Бормонтов)

01.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.02 Трехмерные интегральные схемы

1. Шифр и наименование направления подготовки / специальности:

11.04.04 Электроника и нанoeлектроника

2. Профиль подготовки / специализации / магистерская программа:

Интегральная электроника и нанoeлектроника

3. Квалификация (степень) выпускника: *магистр*

4. Форма обучения: *очная (дневная)*

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

физики полупроводников и микроэлектроники

6. Составители программы: *Богатииков Е.В.*

ФИО

к.ф.-м.н.

без звания

ученая степень

ученое звание

me144@phys.vsu.ru

физический

e-mail

факультет

физики полупроводников и микроэлектроники

кафедра

7. Рекомендована: *НМС физического факультета ВГУ, 25.05.2023, протокол № 5*

(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола)

8. Учебный год: *2023-2024*

Семестр(-ы): 2

9. Цели и задачи учебной дисциплины: формировании знаний в области технологических операций трехмерной интеграции, базовых принципов расчета тепловых процессов в трехмерных ИС, расширения функциональности ИС за счет применения компонентов микросистемной техники.

10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: блок Б1, часть, формируемая участниками образовательных отношений, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ.2). Дисциплина дополняет знания и умения, которые приобретают студенты при изучении дисциплин: Физика приборов наноэлектроники, Проектирование систем на кристалле, Основы микро- и наносистемной техники.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения трудовых функций С/01.7 «Разработка архитектуры изделий «система в корпусе»» и С/02.7 «Расчёт, моделирование и трассировка отдельных частей изделий «система в корпусе»» профессионального стандарта 29.006 «Специалист по проектированию систем в корпусе», Е/02.7 «Проектировка поведенческой модели аналоговой части проекта для моделирования в составе всей системы в целом», Е/04.7 «Разработка схемотехнических описаний блоков аналоговой части» и Е/05.7 «Моделирование и анализ результатов моделирования отдельных аналоговых блоков и аналоговой части в целом» профессионального стандарта 40.016 «Инженер в области проектирования и сопровождения интегральных схем и систем на кристалле».

Знания, полученные при освоении дисциплины «Трехмерные интегральные схемы», необходимы при выполнении научно-исследовательских работ, производственных проектно-конструкторских практик и магистерской выпускной квалификационной работы в области микро- и наноэлектроники.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-1	Готов формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экс-	ПК-1.1	Анализирует размещение элементов на кристаллах в изделиях «система в корпусе» и осуществляет оптимизацию конструкции изделий «система в корпусе» с применением современных средств и методов	<p><i>знать:</i> методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации электронной компонентной базы с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств</p> <p><i>уметь:</i> использовать алгоритмы решения исследовательских задач с применением современных языков программирования</p> <p><i>владеть:</i> навыками разработки архитектуры изделий микро- и наноэлектроники</p>

	периментальные методы и средства решения сформулированных задач	ПК-1.2	Проводит анализ критически важных узлов, тепловыделяющих элементов, источников мощных помех и определяет пути повышения надежности, а также процента выхода годных изделий «система в корпусе»	<p><i>знать:</i> основные понятия, используемые при моделировании и проектировании информационных систем, а также теоретические основы разработки информационных систем различных классов</p> <p><i>уметь:</i> осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы</p> <p><i>владеть:</i> основными методами вычисления электронных и электрофизических характеристик приборов электроники</p>
		ПК-1.3	Применяет современные методы и средства для оценки и снижения влияния внешних факторов на работу компонентов конструкции изделий «система в корпусе»	<p><i>знать:</i> физические основы работы электронной компонентной базы; технологию создания приборов микроэлектроники; конструкцию и топологию электронной компонентной базы</p> <p><i>уметь:</i> разрабатывать требования к средствам проведения эксперимента, контроля и диагностики</p> <p><i>владеть:</i> навыками тестирования и диагностики изделий микро- и наноэлектроники</p>
ПК-5	Готов осваивать принципы планирования и методы автоматизации эксперимента на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение, овладевать навыками измерений в реальном времени	ПК-5.1	Определяет необходимое количество встроенных средств контроля и тестовых элементов на кристаллах изделий «система в корпусе»	<p><i>знать:</i> принципы планирования и автоматизации проведения эксперимента;</p> <p><i>уметь:</i> разрабатывать требования к средствам проведения эксперимента, контроля и диагностики;</p> <p><i>владеть:</i> навыками разработки средств контроля изделий «система в корпусе»</p>
		ПК-5.2	Создаёт необходимые условия для проведения испытаний изделий «система в корпусе» и проводить испытания согласно программе измерений и испытаний	<p><i>знать:</i> методы проведения испытаний изделий «система в корпусе»</p> <p><i>уметь:</i> разрабатывать специальные программы испытаний и проводить испытания, согласно разработанным программам</p> <p><i>владеть:</i> навыками тестирования и диагностики изделий микро- и наноэлектроники</p>

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 / 72.**Форма промежуточной аттестации:** зачет**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			2 семестр
Аудиторные занятия		30	30
в том числе:	лекции	-	-
	практические	-	-
	лабораторные	30	30
Самостоятельная работа		42	42
Форма промежуточной аттестации		зачет	зачет
Итого:		72	72

13.1. Содержание дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лабораторные работы		
1	Технологии создания трехмерных ИС	Лабораторная работа № 1. Утонение пластин. Технологии сращивания пластин. Система переходных отверстий (TSV). Совмещение пластин. Проблема охлаждения трехмерных ИС. Thermal Vias.
2	Технологии создания микросистемных компонентов трехмерных ИС	Лабораторная работа № 2. Технологии объемной микрообработки: изотропное и анизотропное травление, LIGA-технология. Принципы поверхностной микрообработки. Лабораторная работа № 3. MUMPs-технология и SUMMiT-технология: набор физических слоев, литографические процессы, описание основных технологических этапов.
3	Компоненты микросистемной техники в составе трехмерных ИС	Лабораторная работа № 4. Интегральные микродвигатели: электростатические воздушные планарные микродвигатели; электростатические диэлектрические планарные микродвигатели; пьезоэлектрические микродвигатели.
4	Особенности проектирования трехмерных ИС	Лабораторная работа № 5. Расчет плотности Thermal Vias. Лабораторная работа № 6. Расчет тепловых полей в трехмерной ИС. Лабораторная работа № 7. Проектирование топологии элементов микросистемной техники.

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)		
		Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Технологии создания трехмерных ИС	4	6	10
2	Технологии создания микросистемных компонентов трехмерных ИС	8	10	18

3	Компоненты микросистемной техники в составе трехмерных ИС	4	6	10
4	Особенности проектирования трехмерных ИС	14	20	34
	Итого:	30	42	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе по курсу «Трехмерные интегральные схемы» используются следующие образовательные технологии: лабораторные занятия; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Самостоятельная работа студентов наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки магистров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Она воспитывает самостоятельность как черту характера. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа студента позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа студентов, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу студентов и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность студентов должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности студента по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако как бы хорошо не обучались учащиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Результат обучения и самостоятельной работы студента предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента-магистра при изучении курса «Трехмерные интегральные схемы» включает в себя: подготовку к лабораторным занятиям, оформление расчетных заданий и подготовку их презентаций к защите, подготовку к зачету.

Лабораторные занятия включают активные и интерактивные формы с разбором конкретных примеров, задач и т.п.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Непомнящий О.В. Проектирование сенсорных микропроцессорных систем управления / О.В. Непомнящий, Е. А. Вейсов — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010 .— 149 с. // Электронно-библиотечная система. - URL : http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229378
2	Агаханян Т.М. Проектирование электронных устройств на интегральных операционных усилителях / Т.М. Агаханян .— Москва : МИФИ, 2008 .— 856 с. // Электронно-библиотечная система. - URL : http://biblioclub.ru .
3	Бочаров Ю.И. Проектирование БИС класса «система на кристалле» / Ю.И. Бочаров, А. С. Гуменюк, А. Б. Симаков, П. А .Шевченко — Москва : МИФИ, 2008 .— 188 с. // Электронно-библиотечная система. - URL : http://biblioclub.ru
4	Наноматериалы. Нанотехнологии. Наносистемная техника / под ред. П. П. Мальцева. — Москва : Техносфера, 2006. — 152 с. / Электронно-библиотечная система. - URL : http://biblioclub.ru

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Проектирование узлов цифровой электронной техники : методические указания к выполнению домашних заданий по курсу «Электротехника и электроника» / В.Н. Атаманов .— Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009 .— 37 с. // Электронно-библиотечная система. - URL : http://biblioclub.ru
6	Гуров В.В. Проектирование микропроцессорных систем : Лабораторный практикум / В.В. Гуров ; Егорова И. А. ; Тышкевич В. Г. — Москва : МИФИ, 2010 .— 64 с. // Электронно-библиотечная система. - URL : http://biblioclub.ru
7	Ибрагимов, Ильдар Маратович. Основы компьютерного моделирования наносистем : учебное пособие / И.М. Ибрагимов, А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров .— СПб. [и др.] : Лань, 2010 .— 376 с.
8	Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам : сборник статей / под ред. П.П. Мальцева .— М. : Техносфера, 2005 .— 589 с.
9	Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год : сборник / под ред. П.П. Мальцева .— М. : Техносфера, 2008 .— 430 с.

10	Джексон, Р.Г. Новейшие датчики / Р. Г. Джексон ; пер. с англ. под ред. В. В. Лучинина .— М. : Техносфера, 2007 .— 380 с.
11	Рамсден Дж. Дж. Физико-технические основы бионанотехнологий и наноиндустрии = Nanotechnology: an introduction : [учебное пособие] / Дж. Рамсден ; пер. с англ. Л.Н. Кодомского .— Долгопрудный : Интеллект, 2013 .— 335 с.
12	Каплун А.Б. ANSYS в руках инженера : Практ. рук. / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева .— 2-е изд. — М. : УРСС, 2004 .— 269 с.
13	Щука А. А. Электроника : учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 654100 - Электроника и микроэлектроника / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. — СПб. : БХВ-Петербург, 2005. — 799 с.
14	Резнев А.А. Тенденции развития МЭМС / А.А. Резнев, В.Д. Вернер. — М. : Амиант, 2010. — 272 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)*:

№ п/п	Ресурсы Интернет
15	Портал Электронный университет ВГУ < https://edu.vsu.ru >
16	http://www.lib.vsu.ru – ЗНБ ВГУ
17	An information portal for the MEMS and Nanotechnology community < URL: https://www.memsnet.org/news/ >
18	Коноплев Б.Г. Компоненты микросистемной техники. Часть 1: Учебное пособие / Б.Г. Коноплев, И.Е. Лысенко. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. - 117 с. <URL: http://window.edu.ru/resource/927/77927/files/kes-4460-1.pdf >
19	Механцев Е.Б. Физические основы микросистемной техники. Часть I: Компоненты МСТ, основанные на использовании свойств электрического поля: Учебное пособие / Е.Б. Механцев, И.Е. Лысенко. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. - 54 с. <URL: http://window.edu.ru/resource/863/28863/files/tsure089.pdf >
20	Моделирование элементов микросистемной техники в программе ANSYS: Учебно-методическое пособие / Сост.: И.Е. Лысенко, И.В. Куликова, Е.В. Полищук, В.А. Хайрулина. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007.- 42 с. <URL: http://window.edu.ru/resource/937/77937/files/kes_4045.pdf >
21	Моделирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники с использованием языка VHDL-AMS: Руководство к лабораторной работе / Сост.: И.Е.Лысенко, Е.А.Рындин. –Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. – 26 с. <URL: http://window.edu.ru/resource/856/28856/files/tsure082.pdf >
22	Лысенко И.Е. Проектирование сенсорных и актюаторных элементов микросистемной техники / И.Е.Лысенко. – Таганрог: изд-во ТРТУ. – 103 с. <URL: http://window.edu.ru/window_catalog/redirect?id=28865&file=tsure091.pdf >

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Яковенко Н.В. Самостоятельная работа студентов : методические рекомендации / Н. В. Яковенко, О.Ю. Сушкова .— Воронеж, 2015 .— 22 с.
2	Самостоятельная работа студента в современном вузе / Н.Г. Грибова, Т.Г. Грушева, Ж.А. Полякова, Л.И. Фирсова, Е.О. Тарасов // Инновации в науке : сборник статей по материалам XXXI международной научно-практической конференции .— Новосибирск, 2013 .— № 3 (28). - С. 22-27.
3	Завгородняя И.В. Самостоятельная работа студентов в системе высшего образования / И.В.Завгородняя // Вестник научной сессии факультета философии и психологии Воронежского государственного университета .— Воронеж, 2008 .— Вып. 9. -С. 26-32.

17. Образовательные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ"

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лаборатория вычислительных систем и математического моделирования: Сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 10 шт. (Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; свободно распространяемые CalculiX и Lammps)

Аудитория для самостоятельной работы студентов: Сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт., подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ (Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019)

19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Технологии создания трехмерных ИС	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3	Лабораторная работа 1
2	Технологии создания микросистемных компонентов трехмерных ИС	ПК-5	2 ПК-5.1	Лабораторные работы 2, 3
3	Компоненты микросистемной техники в составе трехмерных ИС	ПК-5	ПК-5.1 ПК-5.2	Лабораторная работа 4
4	Особенности проектирования трехмерных ИС	ПК-5	ПК-5.1	Лабораторные работы 5-7
Промежуточная аттестация: форма контроля - зачет				Вопросы к зачету

20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

20.1 Текущий контроль успеваемости

Оценка освоения компетенций обучающимися во время прохождения спецкурса «Основы микро- и наносистемной техники» осуществляется по следующим критериям:

- уровень профессиональной подготовки;
- качество и своевременность выполнения заданий лабораторных работ;
- ответы на контрольные вопросы.

Уровень профессионализма (профессиональные знания, умения, навыки и компетенции) оценивается по следующим показателям:

- умение формулировать цели исследований;
- адекватное применение физико-математического аппарата для решения поставленных задач;
- адекватная рефлексия выполняемой научно-практической деятельности.

На основании выполнения обучающимся программы спецкурса и с учетом критериев оценки итогов освоения спецкурса выставляется: «зачтено»/«незачтено». Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом: элементы и топология микро- и наносистемной техники, моделирование микро- и наносистем. Выполнены и успешно защищены лабораторные работы. Даны удовлетворительные ответы на более чем 50% вопросов по темам лабораторных работ и дополнительным контрольным вопросам по темам курса.	-	<i>Зачтено</i>
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в области микро- и наносистемной техники. Выполнены лабораторные работы. Даны неудовлетворительные ответы на более чем 50% вопросов по темам лабораторных работ и дополнительным контрольным вопросам по темам курса.	–	<i>Незачтено</i>

Перечень вопросов к зачету:

1. Преимущества трехмерной интеграции ИС. Классификация трехмерных ИС.
2. Утонение пластин. Технологии сращивания пластин. Система переходных отверстий (TSV). Совмещение пластин.
3. Проблема охлаждения трехмерных ИС. Thermal Vias. Проблемы проектирования трехмерных ИС.
4. Расширение функциональности ИС за счет трехмерной интеграции.
5. Технологии объемной микрообработки: изотропное и анизотропное травление, LIGA-технология.
6. Принципы поверхностной микрообработки. MUMPs- технология и SUMMiT-технология: набор физических слоев, литографические процессы, описание основных технологических этапов. Химико-механическая полировка.
7. Актюаторные элементы микросистемной техники.
8. Микромеханические гироскопы.
9. Интегральные микродвигатели: электростатические воздушные планарные микродвигатели; электростатические диэлектрические планарные микродвигатели; пьезоэлектрические микродвигатели.
10. Интегральная оптика: микроволноводы, интегральные микрозеркала. Механические микронасосы с активными и пассивными клапанами. Микроаналитические системы.
11. Расчет плотности Thermal Vias.
12. Расчет тепловых полей в трехмерной ИС. Метод конечных элементов.
13. Оптимизация распределения элементов между слоями ИС.
14. Проектирование топологии элементов микросистемной техники.

Перечень лабораторных работ:

Лабораторная работа № 1. Утонение пластин. Технологии сращивания пластин. Система переходных отверстий (TSV). Совмещение пластин. Проблема охлаждения трехмерных ИС. Thermal Vias. Проблемы проектирования трехмерных ИС. Расширение функциональности ИС за счет трехмерной интеграции.

Лабораторная работа № 2. Технологии объемной микрообработки: изотропное и анизотропное травление, LIGA-технология.

Принципы поверхностной микрообработки.

Лабораторная работа № 3. MUMPs-технология и SUMMiT-технология: набор физических слоев, литографические процессы, описание основных техно-логических этапов.

Лабораторная работа № 4. Интегральные микродвигатели: электростатические воздушные планарные микродвигатели; электростатические диэлектрические планарные микродвигатели; пьезоэлектрические микродвигатели.

Лабораторная работа № 5. Расчет плотности Thermal Vias.

Лабораторная работа № 6. Расчет тепловых полей в трехмерной ИС.

Лабораторная работа № 7. Проектирование топологии элементов микросистемной техники.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: *устного опроса (индивидуальный опрос); выполнение лабораторных работ*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.