

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Белорусско-Российского
университета



Ю.В. Машин

2023

Регистрационный № УД-160306/6.1.В.10/р

МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ
(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль) Робототехника и робототехнические системы: разработка и применение

Квалификация Бакалавр

	Форма обучения
	Очная
Курс	4
Семестр	8
Лекции, часы	10
Лабораторные занятия, часы	22
Зачёт, семестр	8
Контактная работа по учебным занятиям, часы	32
Самостоятельная работа, часы	76
Всего часов / зачетных единиц	108/3

Кафедра-разработчик программы: «Технология машиностроения»
(название кафедры)

Составители: В. М. Шеменков, к.т.н., доцент, М. А. Рабыко ст. преподаватель
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2023

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - бакалавриата по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника № 1046 от 17.08.2020 и учебным планом №150306-2.1 от 28.04.2023.


Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой «Технология машиностроения»
(название кафедры)
« 14 » декабря 2023 г., протокол № 6

Зав. кафедрой  В. М. Шеменков

Одобрена и рекомендована к утверждению Научно-методическим советом
Белорусско-Российского университета

20.12 2023, протокол № 3

Зам. председателя
Научно-методического совета

 С. А. Сухоцкий

Рецензент:


М. М. Кожевников, заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств» БГУПХТ, к.т.н., доцент
(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь

 Е. К. Киселева

Начальник учебно-методического
отдела

 О. Е. Печковская

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Методы экспериментальных исследований технологических систем» является подготовка ознакомление студентов с базовыми определениями и понятиями экспериментальных исследований, в получении студентами знаний и умений в области организации и методологии проведения научных и экспериментальных исследований, с принципами анализа и обработки данных, изучение типичных примеров применения современных методов статистической обработки результатов экспериментальных исследований.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- базовые концепции работы измерительных устройств;
- основы планирования экспериментов и обработки их результатов;
- общие правила анализа данных и получение выводов по результатам эксперимента;
- статистические методы при проведении эксперимента и анализа результатов экспериментальных исследований;
- принципы построения и функционирования различных типов экспериментального лабораторного оборудования.

уметь:

- планировать и проводить экспериментальные исследования, обрабатывать результаты экспериментов;
- проводить исследования новых технологий, инструментов, проектов и решений, оценивать их инновационный потенциал.

владеть:

- приёмами и оборудованием экспериментальных исследований;
- современными средствами анализа и математической обработки данных измерений.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к части Блока 1 «Дисциплины (модули)» (часть Блока 1, формируемая участниками образовательных отношений).

Перечень учебных дисциплин, изучаемых ранее, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины:

- математика;
- физика;

Кроме того, результаты, полученные при изучении дисциплины на лабораторных занятиях будут применены при прохождении преддипломной практики, а так же при подготовке выпускной квалификационной работы и дальнейшей профессиональной деятельности.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-4	Способен осуществлять проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения специалиста (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания дисциплины и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

Номер тем	Наименование тем	Содержание	Коды формируемых компетенций
1	2	3	4
1	Базовые понятия и определения экспериментальных исследований. Обобщенная структура и конкретные примеры современных экспериментальных исследований	Цель и задачи курса. Принципы построения курса. Порядок работы студентов и правила оценивания успеваемости. Используемая литература. Предмет курса " Методы экспериментальных исследований ". Место курса в программе подготовки по специальности. Основные термины. Общая система получения данных. Принципы обработки сигнала. Передача данных. Преобразование сигнала. Сигналы аналоговый, цифровой, цифровой-аналоговый. Обработка данных. Базовая концепция работы измерительных устройств. Измерения и единицы измерений. Концепция динамических измерений.	ПК-4
2	Особенности проведения экспериментальных исследований в машиностроении.	Основы планирования эксперимента. Этапы проведения экспериментальных исследований. Построение системы измерений. Точность измерений. Причины и типы погрешности при проведении эксперимента. Влияние анализа точности измерений на построение эксперимента. Анализ погрешности. Общие правила анализа данных и получения выводов по результатам эксперимента. Представление результатов исследований. Важность правильного и корректного представления результатов исследований. Научный отчет или статья. Правило оформления ссылок на использованные источники. Правила оформления статей и отчетов. Правила предоставления научных докладов на конференции. Графическое представление результатов. Устное представление результатов экспериментальных исследований. Издание научно-технической литературы.	
3	Современные подходы к обработке данных экспериментальных исследований.	Статистические методы при проведении эксперимента и анализе результатов экспериментальных исследований. Математические методы при проведении экспериментальных исследований.	
4	Экспериментальные погрешности измерений и методы их оценок.	Методы оценки грубых погрешностей и методики их отсеивания: метод Грэмса, Ирвина, Романовского. Методы систематических погрешностей и методы их учета. Случайные погрешности и определение объема выборки с заданной степенью надёжности.	
5	Основы планирования исследований методом однофакторного эксперимента.	Планы первого порядка (линейные планы). Выбор основных факторов, интервалов и уровней варьирования факторов; кодирование факторов; построение матрицы планирования и рабочей матрицы эксперимента; оценка воспроизводимости и значимости коэффициентов, получение уравнения и проверка его на адекватность; перевод уравнения из кодированных в натуральные величины. Построение математических моделей на базе использования метода наименьших квадратов (МНК). Методики решения уравнений методом подстановки, с использованием определителей и средних величин как искомой линии генеральной совокупности. Проверка адекватности и достоверности полученной зависимости.	
6	Планирование исследований при получении оптимизи-	Выбор оптимизирующего параметра в виде уравнения степенного вида. Преобразование уравнения степенного вида в линейную модель. Выбор	

	рующего параметра в виде степенной функции	уровней и интервалов варьирования факторов, кодирование факторов; составление матрицы планирования и рабочей матрицы проведения экспериментов; определение величин коэффициентов и их значимость; проверка уравнения на адекватность; переход от кодированных значений факторов к именованным. Получение методом потенцирования оптимизирующего параметра в виде уравнений	
7	Рототабельное планирование второго порядка (план Бокса)	Выбор основных факторов оптимизирующего параметра. Определение числа точек ядра, звёздных точек, нулевых точек, величины плеча звёздных точек и общего числа опытов. Кодирование факторов. Построение матрицы планирования и матрицы экспериментов, определение значимости коэффициентов, проверка уравнения на адекватность и переход от кодированных величин к именованным.	
8	Методы экспериментальных исследований и стабильности механической обработки деталей машин	Методы оценки точности и стабильности от случайных погрешностей: закон нормального распределения (закон Гаусса), равнобедренного треугольника (закон Симпсона), закон равной вероятности. Оптимизация условий обработки валов.	

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельная работа часы	Форма контроля знаний	Баллы (max)
1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль 1							
1	Тема 1. Базовые понятия и определения экспериментальных исследований. Обобщенная структура и конкретные примеры современных экспериментальных исследований. Тема 2. Особенности проведения экспериментальных исследований в машиностроении.	2	Лаб. р. 1 Исследование износа лезвийного инструмента	2	4		
2			Лаб. р. 1 Исследование износа лезвийного инструмента	2	6	ЗЛР	15
3	Тема 3. Современные подходы к обработке данных экспериментальных исследований.	2	Лаб. р. 2 Определение стойкости лезвийного инструмента при заданном критерии износа.	2	4		
4			Лаб. р. 2 Определение стойкости лезвийного инструмента при заданном критерии износа.	2	4		
5	Тема 4. Экспериментальные погрешности измерений и методы их оценок.	2	Лаб. р. 2 Определение стойкости лезвийного инструмента при заданном критерии износа.	2	6	ЗЛР	15
6			Лаб. р. 3 Метод одномерной оптимизации.	2	4	ПКУ	30
Модуль 2							
7	Тема 5. Основы планирования исследований методом однофакторного эксперимента.	2	Лаб. р. 3 Метод одномерной оптимизации.	2	4		

	Тема 6. Планирование исследований при получении оптимизирующего параметра в виде степенной функции.					
8			Лаб. р. 3 Метод одномерной оптимизации.	2	6	ЗЛР 5
9	Тема 7. Рототабельное планирование второго порядка (план Бокса). Тема 8. Методы экспериментальных исследований и стабильности механической обработки деталей машин	2	Лаб. р. 4 Метод многофакторной оптимизации.	2	4	
10			Лаб. р. 4 Метод многофакторной оптимизации.	2	32	ТЗ 10
11			Лаб. р. 4 Метод многофакторной оптимизации.	2	2	ЗЛР ПКУ 15 30
11						ПА (зачет) 40
	Итого	1 0		22	76	100

Принятые обозначения:

ТЗ – тестовые задания

ЗЛР - защита лабораторной работы;

ЗПР - защита практической работы;

ПКУ - промежуточный контроль успеваемости.

ПА - промежуточная аттестация.

Итоговая оценка определяется как сумма текущего контроля и промежуточной аттестации и соответствует баллам:

Зачет

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

3 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины используется модульно-рейтинговая система оценки знаний студентов. Применение форм и методов проведения занятий при изучении различных тем курса представлено в таблице.

№ п/п	Форма проведения занятия	Вид аудиторных занятий			Всего часов
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
1	Мультимедиа	Темы 1 - 8		Лаб. р. 1 - 4	32
ИТОГО		10		22	32

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Используемые оценочные средства по учебной дисциплине представлены в таблице и хранятся на кафедре.

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Тестовые задания	4
2	Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ	4
3	Вопросы к зачету	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Результаты обучения
<i>ПК-4 Способен осуществлять проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок</i>			
<i>ИПК-4.2 Способен проводить наблюдения и измерения, выполнять их обработку, составлять их описание и формулировать выводы по результатам исследований робототехнических производственных систем</i>			
1	Пороговый уровень	Знает порядок работы по организации и проведению экспериментов на действующих объектах и макетах и обработки результатов эксперимента.	Имеет представления о методах проведения и обработки результатов экспериментальных исследований составных частей робототехнических систем
2	Продвинутый уровень	Применяет полученные знания при организации и проведении экспериментов на действующих объектах и обработке полученных результатов эксперимента с применением современных информационных технологий и технических средств.	Может с помощью разработанной ранее методики и контрольно-измерительной аппаратуры проводить эксперименты и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий.
3	Высокий уровень	Способен в комплексном виде использовать полученные знания для самостоятельной разработки методики проведения экспериментов на действующих объектах, проводить обработку результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.	Способен самостоятельно с применением программно-технических средств и контрольно-измерительной аппаратуры проводить испытания составных частей робототехнических систем; выполнять обработку результатов эксперимента; по результатам эксперимента выполнять отладку и настройку системы; разрабатывать методики проведения экспериментов.

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Оценка знаний, умений и навыков студентов по дисциплине производится по совокупности результатов, полученных в ходе выполнения и защиты индивидуальных заданий, написания контрольных работ, с учетом знаний, показанных студентом непосредственно на зачете и экзамене.

Результаты обучения	Оценочные средства*
<i>Компетенция ПК-4</i> Способен осуществлять проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	
Имеет представления о методах проведения и обработки результатов экспериментальных исследований составных частей робототехнических систем	Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ. Тестовые задания. Вопросы к зачету
Может с помощью разработанной ранее методики и контрольно-измерительной аппаратуры проводить эксперименты и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий.	Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ. Тестовые задания. Вопросы к зачету
Способен самостоятельно с применением программно-технических средств и контрольноизмерительной аппаратуры проводить испытания; выполнять обработку	Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ. Тестовые задания. Вопросы к зачету

результатов эксперимента; по результатам эксперимента выполнять отладку и настройку системы; разрабатывать методики проведения экспериментов	
--	--

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Выполнение лабораторной работы № 1, № 2, № 4, оценивается до 15 баллов и включает выполнение работы - до 2 баллов, составление отчета - до 1 баллов, защита лабораторной работы (устные ответы на контрольные вопросы) - до 12 баллов.

Выполнение лабораторных работ №3 оценивается до 5 баллов и включает выполнение работы - до 1 баллов, составление отчета - до 1 баллов, защита лабораторной работы (устные ответы на контрольные вопросы) - до 3 баллов.

При выполнении тестовых заданий студент получает билет с десятью тестовыми заданиями. Решение тестов осуществляется на листочках или электронно в системе www.moodle.bru.by. Количество баллов за тестовые задания определяется по следующей схеме.

Критерии оценки	Количество баллов
Студент выполнил верно 100% тестовых заданий.	10
Студент выполнил верно 90% тестовых заданий.	9
Студент выполнил верно 80% тестовых заданий.	8
Студент выполнил верно 70% тестовых заданий.	7
Студент выполнил верно 60% тестовых заданий.	6
Студент выполнил верно 50% тестовых заданий.	5
Студент выполнил верно 40% тестовых заданий.	4
Студент выполнил верно 30% тестовых заданий.	3
Студент выполнил верно 20% тестовых заданий.	2
Студент выполнил верно 10% тестовых заданий.	1
Студент выполнил верно 0% тестовых заданий.	0

5.4 Критерии оценки зачета

К зачету допускаются студенты, набравшие в течение семестра 36 и более баллов. Минимальное количество баллов для получения положительной оценки на зачете составляет 15, максимальное - 40. Задание на зачете включает два теоретических вопроса, которые оцениваются до 20 баллов. Зачет проводится в письменной форме.

Оценка	Зачтено	Не зачтено
Баллы	51-100	0-50

6 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа студентов (СРС) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, развитие практических умений. СРС включает следующие виды самостоятельной работы студентов:

- анализ/решение кейсов (ситуационных производственных, профессиональных задач);
- выполнение тестовых заданий;

- подготовка к тестированию;
- работа с материалами курса, вынесенными на самостоятельное изучение;
- работа со справочной литературой и словарями;
- решение задач и упражнений по образцу;

Контроль самостоятельной работы студентов

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических, творческих заданий;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление письменных работ в соответствии с предъявляемыми в университете требованиями;

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов приведен в приложении и хранится на кафедре.

Для СРС рекомендуется использовать источники, приведенные в п. 7.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Основная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф***	Количество экземпляров
1	Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad : учеб. пособие / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. - М. : КУРС : ИНФРА-М, 2019. - 208с.	Рек. УМО по университетскому политехническому образованию в качестве учеб. пособия для студентов вузов	https://znaniium.com/catalog/product/1016017
2	Рузавин, Г. И. Концепции современного естествознания : учебник / Г. И. Рузавин. -3-е изд., стер. - Москва : ИНФРА-М, 2022. - 271 с. - (Высшее образование: Бакалавриат).	Рек. МО РФ в качестве учебника для студентов высших учебных заведений Рек. УМЦ «Профессиональный учебник» в качестве учебника для студентов вузов	https://znaniium.com/catalog/product/1846423

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Основы экспериментальных исследований и методика их проведения : учеб. пособие / В. А. Горохов. - Мн. ; М. : Новое знание : ИНФРА-М, 2016. - 655с.	Доп. УМО АРМ в качестве учеб. пособия для студ. вузов; Рек. УМО вузов РБ по образованию в обл. автоматизации технол. процессов, производств и управления в качестве учеб. пособия для студ. вузов	5
2	Основы научных исследований и изобретательства : учеб. пособие / И. Б. Рыжков. - 2-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 224с.	Рек. УМО по образованию в обл. природообустройства и водопользования в качестве учеб. пособия для студентов вузов	5

3	Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad : учеб. пособие / Ф. И. Карманов, В. А. Острейковский. - М. : КУРС : ИНФРА-М, 2018. - 208с.	Рек. УМО вузов по универ. политехн. образованию в качестве учеб. пособия для студ. вузов -	5
---	--	--	---

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

- <http://www.elibrary.ru> - научная электронная библиотека;
- <https://sites.google.com/site/ctmechanics/> - компьютерные технологии в механике, примеры использования пакета «Математика» для анализа механических систем;
- <http://novtex.ru/mech> - материалы сайта журнала «Мехатроника, автоматизация, управление».

7.4 Перечень наглядных и других пособий, методических рекомендаций по проведению учебных занятий, а также методических материалов к используемым в образовательном процессе техническим средствам

7.4.1 Методические рекомендации

1 Методические рекомендации к практическим занятиям «Методы экспериментальных исследований технологических систем» для студентов специальности 15.03.06 / сост. Д. Г. Шатуров. - Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. - 37с. 26 экз.

2 Методические рекомендации к лабораторным работам «Методы экспериментальных исследований технологических систем» для студентов специальности 15.03.06 / сост. Д. Г. Шатуров. - Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2023. - 34с. 26 экз.

7.4.2 Информационные технологии

Тема 1. Базовые понятия и определения экспериментальных исследований. Обобщенная структура и конкретные примеры современных экспериментальных исследований.

Тема 2. Особенности проведения экспериментальных исследований в машиностроении.

Тема 3. Современные подходы к обработке данных экспериментальных исследований.

Тема 4. Экспериментальные погрешности измерений и методы их оценок.

Тема 5. Основы планирования исследований методом однофакторного эксперимента.

Тема 6. Планирование исследований при получении оптимизирующего параметра в виде степенной функции.

Тема 7. Рототабельное планирование второго порядка (план Бокса).

Тема 8. Методы экспериментальных исследований и стабильности механической обработки деталей машин.

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

При проведении практических и лабораторных работ, используется программное обеспечение:

1. РТС MathCAD - Система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, отличается лёгкостью

использования и применения для коллективной работы.

Лицензия: Академическая. Версия: 6.

2. MATLAB - пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.

Лицензия: Академическая. Версия: R14.

3. MS Office Standard - В состав этого пакета входит программное обеспечение для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, базами данных и др.

Лицензия: Академическая. Версия: 2019.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «Робототехники», рег. номер ПУЛ-4.441-701/7-23 и в паспорте лаборатории «Плазменные, термомеханические и сварочные технологии» рег. номер ПУЛ-4.441-002/7-23.