

16.09

Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
Белорусско-Российского университета


Ю.В. Машин

«31» 08 2021 г.

Регистрационный № УД-150306/16.1.В.20.1/р

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

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 | 22 |
| Практические занятия, часы | 10 |
| Лабораторные занятия, часы | 22 |
| Зачет, семестр | 8 |
| Контактная работа по учебным занятиям, часы | 54 |
| Самостоятельная работа, часы | 18 |
| Всего часов/зачетных единиц | 72/2 |

Кафедра-разработчик программы: Технология машиностроения


Составители: И.Э. Илюшин, к.т.н.; М.М. Кожевников, к.т.н., доцент;

Могилев, 2021

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника», утвержденным приказом № 1046 от 17.08.2020 г., учебным планом рег. № 150306-2 от 30.08.2021 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой Технология машиностроения «30» 08 2021 г., протокол № 1


Зав. кафедрой

 В.М. Шеменков

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

«30» 08 2021 г., протокол № 1.

Зам. председателя
Научно-методического совета

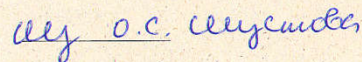
 С.А. Сухоцкий

Рецензент:


Ульянов Николай Иванович, декан механического факультета учреждения образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», к.т.н., доцент

Рабочая программа согласована:

Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического
отдела

 В.А. Кемова

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Целью освоения дисциплины «Экспериментальные исследования робототехнических систем» является изучение теории и постановки основных задач экспериментальных исследований мехатронных и робототехнических систем, включая вопросы выбора методики испытаний, разработки алгоритмических и программных средств обработки результатов экспериментальных испытаний методами корреляционного и регрессионного анализа, планирования экспериментальных исследований, включая выбор независимых переменных, критерия оптимизации, вида функции отклика.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение теоретических основ постановки эксперимента в мехатронных и робототехнических системах;
- овладение методами решения обратных задач динамики;
- построение алгоритмов цифровой обработки первичных измерений датчиков мехатронных и робототехнических систем, позволяющих минимизировать случайные и систематические погрешности в измерениях;
- построение математических моделей ошибок робототехнических систем;
- овладение методами проверки адекватности математических моделей робототехнических систем.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен **знать**:

- основные современные информационные технологии передачи и обработки данных;
- подход к формированию множества решений проектной задачи на структурном и конструкторском уровнях;
- методы обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля;
- принципы анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области разработки и исследования мехатронных и робототехнических систем, составления обзоров и рефератов;
- порядок работы по организации и проведению экспериментов на действующих объектах и экспериментальных макетах мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей;
- обработка результатов экспериментальных исследований с применением современных информационных технологий;
- основы построения управляющих локальных и глобальных сетей;
- теорию и постановку основных задач экспериментальных исследований мехатронных и робототехнических систем;
- основные понятия и концепции теории эксперимента, численного анализа робототехнических систем, порядок применения соответствующего теоретического аппарата в важнейших практических приложениях;
- теоретические основы методов идентификации параметров математических моделей робототехнических систем.

уметь:

- использовать для решения типовых задач методы и средства геометрического моделирования
- пользоваться инструментальными программными средствами интерактивных графических систем, актуальных для современного производства;
- планировать экспериментальные исследования, включая выбор: независимых переменных, критерия оптимизации, вида функции отклика; обрабатывать результаты

методами корреляционного и регрессионного анализа;

-уметь применять и внедрять стандарты, технические условия и другую нормативно-техническую документацию;

-использовать международный опыт по разработке инновационной мехатронной и робототехнической продукции;

-формировать планы измерений и испытаний для различных измерительных и экспериментальных задач мехатроники и робототехники и обрабатывать полученные результаты с использованием алгоритмов, адекватных сформированным планам;

-разрабатывать программные средства макетов мехатронных и робототехнических систем;

-проводить определения характеристик и параметров макетов с помощью контрольно-измерительной аппаратуры;

-находить, обобщать и анализировать информацию о системах оптимального автоматического управления, планировать ход исследования и пути достижения поставленных целей;

-планировать и реализовывать решение задач стендовых испытаний робототехнических систем, пользуясь инструментальными средствами и программами обработки измерений робототехнических систем;

-разрабатывать и успешно применять, пользуясь приобретёнными при изучении автоматических систем управления (а также получаемыми самостоятельно при помощи современных информационных технологий) знаниями и методами исследования, алгоритмы решения практических задач в области мехатроники и робототехники;

-пользоваться современными информационными технологиями для совершенствования и развития своего интеллектуального, профессионального и общекультурного уровня.

Владеть:

-усвоенными при изучении дисциплины основными понятиями, алгоритмами и методиками испытаний;

-навыками работы на компьютерной технике с графическими пакетами для получения конструкторских, технологических и других документов;

-навыками работы с вычислительной техникой, передачи информации в среде локальных сетей Internet;

-навыками проектирования простых программных алгоритмов и реализации их на языке программирования;

-навыками применения программно-технических средств для построения мехатронных и робототехнических систем;

-методами полунатурных, стендовых и комплексных испытаний мехатронных и робототехнических систем;

-важнейшими методами построения и исследования математических моделей ошибок робототехнических системах;

-навыками проведения вычислительного эксперимента для исследования функционирования систем;

-навыками использования возможностей современных компьютеров и информационных технологий при компьютерном моделировании оптимальных процессов наблюдения и оценивания;

-навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования;

-навыками проведения предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и умением вести соответствующие журналы испытаний;

-навыками проведения анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области разработки и исследования мехатронных и робототехнических систем, составления обзоров и рефератов;

-навыками проведения патентных исследований, сопровождающих разработку новых мехатронных и робототехнических систем, с целью защиты объектов интеллектуальной собственности, результатов исследований и разработок;

-навыками составления отчетов, научных публикаций и докладов на научных конференциях и семинарах, участия во внедрении результатов исследований и разработок.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (элективные дисциплины).

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

- математика;
- дискретная математика;
- теоретическая механика;
- информатика;
- основы мехатроники и робототехники;
- моделирование мехатронных систем;
- пакет прикладных программ MATLAB для исследований и разработок.

Кроме того, знания, полученные при изучении дисциплины на практических занятиях, будут применимы при прохождении преддипломной практики, а также 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 выпускника (компетенций) и достижение обобщенных результатов обучения происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

2.1 Содержание учебной дисциплины

| Номер тем | Наименование тем | Содержание | Коды формируемых компетенций |
|-----------|---|---|------------------------------|
| 1 | Робототехническая система (РТС) как объект исследования | Введение. Основные задачи экспериментальных исследований РТС. Классификация задач исследования. Критерии эффективности. | ПК-4 |
| 2 | Методы регрессионного анализа в исследованиях РТС | Эмпирические модели РТС и ее составных элементов. Контролируемые и неконтролируемые входы. Коэффициент корреляции. Виды уравнений регрессии. Вычисление коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов. Среднеквадратичное отклонение. Матрицы планирования, наблюдений, коэффициентов. | ПК-4 |

| | | | |
|---|--|---|------|
| 3 | Методы статистического анализа в исследованиях РТС | Проверка адекватности экспериментальных моделей РТС и ее составных элементов. Построчные дисперсии параллельных опытов. Критерий Кокрена. Вычисление ошибки опыта. Проверка значимости коэффициентов регрессии. Критерий Стьюдента. Дисперсия адекватности. Критерий Стьюдента. | ПК-4 |
| 4 | Основные задачи планирования эксперимента в исследованиях РТС | Факторная модель. Параметры оптимизации. Требования к параметру оптимизации. Функции обобщенного отклика. Факторы и их характеристика. Выбор уровней варьирования факторов и основного уровня. Выбор моделей. Полный факторный эксперимент. Матрица планирования. Критерий оптимальности факторных планов: ортогональность, ротатабельность, Доптимальность, близость плана к насыщенному. | ПК-4 |
| 5 | Полный факторный эксперимент в исследованиях РТС | Методика полного факторного эксперимента. Матрица планирования. Кодирования значений факторов. Виды матриц планирования. Свойства Полного факторного эксперимента. Методика расчета коэффициентов регрессии. | ПК-4 |
| 6 | Дробный факторный эксперимент в исследованиях РТС | Методика дробного факторного эксперимента. Минимизация числа опытов. Дробная реплика. Выбор полуреплик. Ошибки измерений критериев оптимизации и факторов. | ПК-4 |
| 7 | Методы экспериментального исследования роботов-манипуляторов | Принципы экспериментального исследования жесткости манипулятора. Конструкция экспериментальной установки. Методика экспериментального определения смещений. Последовательность проведения эксперимента и методы обработки экспериментальных данных. Экспериментальные исследования динамических характеристик манипулятора. Последовательность проведения экспериментов и методы обработки экспериментальных данных. | ПК-4 |
| 8 | Определение показателей точности позиционирования и отработки программ по результатам испытаний робототехнических систем | Схемы измерений линейных и угловых погрешностей позиционирования подвижных частей при цикловом управлении. Выбор точек расположения датчиков и их измерительных осей. Учет изменчивости свойств погрешностей по рабочей зоне и изменений во времени. Выбор средств измерений погрешностей. Анализ свойств повторяемости. Разделение погрешностей на систематические и случайные. Обработка результатов измерений с целью определения изменений осредненных систематических и среднеквадратичных значений случайных погрешностей при учете упругости звеньев манипулятора. | ПК-4 |

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

| № недели | Лекции (наименование тем) | Часы | Практические занятия | Часы | Лабораторные занятия | Часы | Самостоятельная работа, часы | Форма контроля знаний | Баллы (max) |
|-----------------|---|------|--|------|---|------|------------------------------|-----------------------|-------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Модуль 1 | | | | | | | | | |
| 1 | Тема 1 Робототехническая система (РТС) как объект исследования | 2 | Пр. р. 1. Составление плана эксперимента, обработка и анализ его результата | 2 | Лаб. р. 1. Разработка методики испытаний робототехнической системы | 2 | 2 | ЗПР | 5 |

| | | | | | | | | | |
|-----------------|---|----|--|--|--|----|----------------------------|---------------|--------|
| 2 | Тема 2 Методы регрессионного анализа в исследованиях РТС | 2 | | Лаб. р. 1. Разработка методики испытаний робототехнической системы | 2 | 2 | ЗЛР | 5 | |
| 3 | Тема 3. Методы статистического анализа в исследованиях РТС | 2 | Пр. р. 2. Статистический анализ уравнения регрессии | 2 | Лаб. р. 2. Разработка программного обеспечения стендовых испытаний робототехнической системы | 2 | 1 | ЗЛР | 5 |
| 4 | Тема 4. Основные задачи планирования эксперимента в исследованиях РТС | 2 | | Лаб. р. 2. Разработка программного обеспечения стендовых испытаний робототехнической системы | 2 | 1 | ЗЛР | 5 | |
| 5 | Тема 5. Полный факторный эксперимент в исследованиях РТС | 2 | Пр. р. 3. Выполнение расчетов в электронной таблице Excel | 2 | Лаб. р. 3. Статистические методы при проведении эксперимента и анализе результатов экспериментальных исследований | 2 | 2 | ЗЛР | 5 |
| 6 | Тема 6. Дробный факторный эксперимент в исследованиях РТС | 2 | | Лаб. р. 3. Статистические методы при проведении эксперимента и анализе результатов экспериментальных исследований | 2 | 1 | ЗЛР ПК У | 5 30 | |
| Модуль 2 | | | | | | | | | |
| 7 | Тема 7. Методы экспериментального исследования роботов-манипуляторов | 2 | Пр. р. 4. Планирование отсеивающих экспериментов | 2 | Лаб. р. 4. Математические методы при проведении экспериментальных исследований | 2 | 2 | ЗЛР | 5 |
| 8 | Тема 7. Методы экспериментального исследования роботов-манипуляторов | 2 | | Лаб. р. 4. Математические методы при проведении экспериментальных исследований | 2 | 2 | ЗЛР | 5 | |
| 9 | Тема 8. Определение лей точности отработки программ по там испытаний ских систем | 2 | Пр. р. 5. Построение модели объекта исследования | 2 | Лаб. р. 5. Статистическая обработка данных экспериментальных исследований в системе Mathcad | 2 | 2 | ЗЛР ЗЛР | 5 5 |
| 10 | Тема 8. Определение лей точности отработки программ по там испытаний ских систем | 2 | | Лаб. р. 6. Статистическая обработка данных экспериментальных исследований в системе MATLAB | 2 | 1 | ЗЛР | 5 | |
| 11 | Тема 8. Определение лей точности отработки программ по там испытаний ских систем | 2 | | Лаб. р. 7. Графическое представление результатов экспериментальных исследований | 2 | 2 | ЗЛР ПК ПА (зачет) | 5 30 40 | |
| Итого | | 22 | | 10 | | 22 | 18 | | 100 |

Принятые обозначения:

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 | Традиционные | | | Лаб. р. 1 | 4 |
| 2 | Мультимедиа | Тема 1-8 | | | 22 |
| 3 | С использованием ЭВМ | | Пр. р. 1, 2 | Лаб. р. 3-7 | 18 |
| 4 | Расчетные | | Пр. р. 3, 4, 5 | | 6 |
| 5 | Проблемно-ориентированные | | | Лаб. р. 2 | 4 |
| | ИТОГО: | 22 | 10 | 22 | 54 |

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

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

| № п/п | Вид оценочных средств | Количество комплектов |
|-------|---|-----------------------|
| 1 | Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ | 7 |
| 2 | Перечень контрольных вопросов к защите практических работ | 5 |
| 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 | Знание и понимание методик по сбору, обработке и хранению информации об отечественном и зарубежном опыте в мехатронике и робототехнике. | Разработка системы сбора данных с помощью простейших преобразователей. Представление о современных информационных технологиях мехатронных и робототехнических систем. |
| 2 | Продвинутый уровень | Анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в мехатронике и робототехнике, а также выполнение патентного поиска информации, связанной с новейшими разработками в области информационных технологий робототехнических систем. | Разработка программы управления мехатронными и робототехническими системами на основе типовых решений при экспериментальных исследованиях. Построение информационных систем сбора и обработки данных при экспериментальных исследованиях робототехнических систем. |
| 3 | Высокий уровень | Оценка результатов и формулирование выводов по результатам исследований робототехнических производственных систем; оценка научно-технической информации, полученной в результате патентного поиска. | Проведение испытания составных частей робототехнических систем, обработка результатов эксперимента на базе результатов патентного поиска; выполнение отладки и настройки системы по результатам экспериментов. |

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

| Результаты обучения | Оценочные средства |
|--|---|
| <i>ПК-4 Способен осуществлять проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок.</i> | |
| Разработка системы сбора данных с помощью простейших преобразователей. Представление о современных информационных технологиях мехатронных и робототехнических систем. | Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ. Перечень контрольных вопросов к защите практических работ. |
| Разработка программы управления мехатронными и робототехническими системами на основе типовых решений при экспериментальных исследованиях. Построение информационных систем сбора и обработки данных при экспериментальных исследованиях робототехнических систем. | Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ. Перечень контрольных вопросов к защите практических работ. |

| | |
|--|---|
| Проведение испытания составных частей робототехнических систем, обработка результатов эксперимента на базе результатов патентного поиска; выполнение отладки и настройки системы по результатам экспериментов. | Перечень контрольных вопросов к защите лабораторных работ. Перечень контрольных вопросов к защите практических работ. |
|--|---|

5.3 Критерии оценки практических работ

Практическая работа предусматривает ее выполнение, оформление отчета и защиту. Практические работы включают: изучение теоретических положений, выбор варианта, расчеты и обработка результатов в соответствии с методическими указаниями. Отчет должен содержать всю необходимую информацию о выполненной работе, выводы. Защита работы проводится по контрольным вопросам, приведенным в методических указаниях.

| Баллы | Критерии |
|-------|--|
| 5 | Систематизированные, глубокие и полные знания по тематике выполняемой практической работы, а также по основным вопросам, выходящим за ее рамки. Точное использование научной терминологии. Умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой практической работы, и давать им критическую оценку. |
| 4 | Достаточно полные и систематизированные знания по тематике выполняемой практической работы, использование научной терминологии. Умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой практической работы, и давать им критическую оценку. |
| 3 | Достаточный объем знаний по тематике выполняемой практической работы, минимально соответствующий требованиям образовательного стандарта, использование научной терминологии. Умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой практической работы. |
| 2 | Недостаточно полный объем знаний по тематике выполняемой практической работы, не соответствующий минимальным требованиям, установленным образовательным стандартом. Неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой практической работы. |

5.4 Критерии оценки лабораторных работ

Лабораторная работа предусматривает ее выполнение, оформление отчета и защиту. Лабораторные работы включают: изучение теоретических положений, выполнение измерений, обработка результатов измерений, расчеты и составление схем в соответствии с методическими указаниями. Отчет должен содержать всю необходимую информацию о выполненной работе, выводы. Защита работы проводится по контрольным вопросам, приведенным в методических указаниях.

| Баллы | Критерии |
|-------|--|
| 5 | Систематизированные, глубокие и полные знания по тематике выполняемой лабораторной работы, а также по основным вопросам, выходящим за ее рамки. Точное использование научной терминологии. Умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой лабораторной работы, и давать им критическую оценку. |
| 4 | Достаточно полные и систематизированные знания по тематике выполняемой лабораторной работы, использование научной терминологии. Умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой лабораторной работы, и давать им критическую оценку. |
| 3 | Достаточный объем знаний по тематике выполняемой лабораторной работы, минимально соответствующий требованиям образовательного стандарта, использование научной терминологии. Умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой лабораторной работы. |
| 2 | Недостаточно полный объем знаний по тематике выполняемой лабораторной работы, не соответствующий минимальным требованиям, установленным образовательным стандартом. Неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой выполняемой лабораторной работы. |

5.5 Критерии оценки зачета

Зачет принимается устно или письменно по билету, который содержит два вопроса. При правильном ответе на вопросы студент может получить до 40 баллов (за каждый вопрос до 20 баллов).

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:

- выполнение тестовых заданий;
- изучение нормативных документов;
- исследовательская работа, в том числе научно-исследовательская;
- обзор литературы;
- ответы на контрольные вопросы;
- перевод с иностранных языков;
- подготовка к аудиторным занятиям;
- работа со справочной литературой и словарями;
- участие в научных и практических конференциях;
- чтение текста (первоисточника, учебника, дополнительной литературы);

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 | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы | Гриф | Кол-во экз./URL |
|-------|--|---|---|
| 1 | Карманов, Ф. И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCad: учебное пособие/Ф.И.Карманов,В. А. Острейковский. – М.: ИНФРА-М, 2019. - 208 с. | Рек. УМО по универ. политехнич. образов. в качестве учеб. пособия для студентов вузов | https://znanium.com/catalog/product/1016017 |
| 2 | Лукьянов, С. И. Основы инженерного эксперимента: учебное пособие / С.И. Лукьянов, А.Н. Панов, А.Е. Васильев. – М.: ИНФРА-М, 2021. - 99 с. | Рек. УМО вузов РФ по образов. в области радиотехн., электр., биомед.техники и автоматиз. в качестве учеб. пособия для студ. вузов, обучающихся по спец. | https://znanium.com/catalog/product/1584619 |

7.2 Дополнительная литература

| №п \п | Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной литературы | Гриф | Кол-во экз./URL |
|-------|--|---|-----------------|
| 1 | Горохов, В. А. 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 | 5 |
| 2 | Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учеб. пособие / И. Б. Рыжков. - | Рек. УМО по образованию в обл. природообустройства и | 5 |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 224с. | использования в качестве учеб. пособия для студентов вузов | |
|--|---|--|--|

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

- <http://www.elibrary.ru> - научная электронная библиотека;
- <https://sites.aooale.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. Шатуров Г.Ф. Экспериментальные исследования робототехнических систем. Методические рекомендации к практическим занятиям для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной формы обучения / Г.Ф. Шатуров, Д.Г. Шатуров. – БРУ, 2019. – 25 с. (46 экз.).
2. Камчицкая И.Д. Экспериментальные исследования робототехнических систем. Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной формы обучения / И.Д. Камчицкая, Д.Г. Шатуров. – БРУ, 2019. – 34 с. (36 экз.).

7.4.2 Информационные технологии

- Темы лекционных занятий, обеспеченные мультимедийными презентациями:
- Тема 1. Робототехническая система (РТС) как объект исследования.
 - Тема 2. Методы регрессионного анализа в исследованиях РТС.
 - Тема 3. Методы статистического анализа в исследованиях РТС.
 - Тема 4. Основные задачи планирования эксперимента в исследованиях РТС.
 - Тема 5. Полный факторный эксперимент в исследованиях РТС.
 - Тема 6. Дробный факторный эксперимент в исследованиях РТС.
 - Тема 7. Методы экспериментального исследования роботов-манипуляторов.
 - Тема 8. Определение показателей точности позиционирования и отработки программ по результатам испытаний робототехнических систем.

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

1. LibreOffice – свободно распространяемое ПО.
2. MATLAB – лицензионное ПО.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лабораторий «а. 449/1», рег. номер ПУЛ-4.441-449/1-20, «а. 706/7», рег. номер ПУЛ-4.441-706/7-20.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
по учебной дисциплине «Экспериментальные исследования
робототехнических систем»
направление подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
направленность (профиль) – Робототехника и робототехнические системы:
разработка и применение
на 2022-2023 учебный год

дополнений и изменений нет


Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
«Технология машиностроения» протокол № 11 от «18» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой
канд. техн. наук, доцент

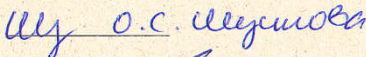
 В.М. Шеменков

УТВЕРЖДАЮ
Декан машиностроительного факультета
канд. техн. наук, доцент


«16» 05

 Д.М. Свирепа

СОГЛАСОВАНО
Ведущий библиотекарь



Начальник учебно-методического отдела

 В.А. Кемова

кадр

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

по учебной дисциплине Экспериментальные исследования
робототехнических систем


направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника
направленность (профиль) Робототехника и робототехнические
системы: разработка и применение

на 2023-2024 учебный год


| № пп | Дополнения и изменения | Основание |
|------|---|--|
| 1 | Пункт 7.4.1 Методические рекомендации изложить в новой редакции 3. Экспериментальные исследования робототехнических систем к практическим занятиям для студентов очной формы обучения направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» / сост. М.М. Кожевников. – Могилев: Белорус.-Рос. у-т, 2023. – 48 с. (26 экз.). | Сводный план приказ № 4 от 25.11.2022 г. |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технология машиностроения» протокол № 13 от «10» апреля 2023 г.
(название кафедры)

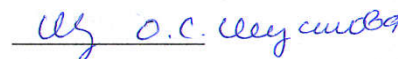
Заведующий кафедрой:
к. т. н., доцент

 В.М. Шеменков

УТВЕРЖДАЮ
Декан машиностроительного факультета
к. т. н., доцент
12.05.2023

 Д.М. Свирепа

СОГЛАСОВАНО:
Ведущий библиотекарь

 О.С. Шущова

Начальник учебно-методического
отдела

 О.Е. Печковская

10.05.2023

