Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор Белорусско-Российского университета
_____ Ю.В. Машин
«30» 06 2019 г.
Регистрационный № УД-150406/61.ВДВ.2.1/р.

СПЕЦ ГЛАВЫ МЕХАНИКИ
(наименование дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Направление подготовки 15.04.06 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА
Направленность (профиль) **Промышленная и мобильная робототехника**
Квалификация Магистр

	Форма обучения
	Очная
Курс	1
Семестр	1
Лекции, часы	8
Практические занятия, часы	16
Лабораторные занятия, часы	16
Зачёт, семестр	1
Контактная работа по учебным занятиям, часы	40
Самостоятельная работа, часы	68
Всего часов / зачетных единиц	108/3

Кафедра-разработчик программы: **МЕХАНИКА**
(название кафедры)

Составитель: **В.А.Попковский, канд. техн. наук, доцент**
(И.О. Фамилия, ученая степень, ученое звание)

Могилев, 2019

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника (уровень магистратуры), утвержденным приказом № 1491 от 21.11.2014 г., учебным планом рег. № 150406-1, утвержденным 19.04.2019 г.

Рассмотрена и рекомендована к утверждению кафедрой "**Механика**"
(название кафедры)

«02» апреля 2019 г., протокол № 9 .

Зав. кафедрой _____ П.Н.Громыко

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

«19» июня 2019 г., протокол № 5.

Зам. председателя
Научно-методического совета _____ С.А. Сухоцкий

Рецензент: Р.А.Бондарев, зав. каф. «Прикладная механика и инженерная графика» Могилевского государственного университета продовольствия, к.т.н., доцент

(И.О. Фамилия, должность, ученая степень, ученое звание рецензента)

Рабочая программа согласована:

Зав. кафедрой **Технология машиностроения** _____ В.М.Шеменков
(название выпускающей кафедры)

Ведущий библиотекарь _____ Л.А. Семенкова

Начальник учебно-методического
отдела _____ О.Е. Печковская

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1.1 Цель учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины - научить студентов определять и проводить анализ напряжённо-деформированного состояния упругих и упруго-пластических тел.

Задачами учебной дисциплины - дать студентам навыки по применению методов теории упругости и пластичности для расчёта элементов конструкций на прочность, жёсткость и температурные воздействия.

1.2 Планируемые результаты изучения дисциплины

В результате освоения учебной дисциплины студент должен

знать:

- допущения и гипотезы, используемые в механике твёрдого деформируемого тела;
- формулировку математической модели задачи теории упругости, включающую уравнения равновесия, геометрические уравнения, закон Гука, статические и кинематические граничные условия;
- основные принципы конечно-элементного анализа изделий;

уметь:

- выбирать расчётную модель изделия;
- определять напряжённо-деформированное состояние моделей конструкций;
- давать оценку степени влияния различных воздействий на конструкцию;
- применять метод конечных элементов для решения пространственных задач теории упругости.

владеть:

- навыками проведения анализа напряжённо-деформированного состояния;
- навыками определения главных напряжений и их направлений;
- навыками использования численных методов для расчёта конструкций;
- навыками определения зон и степени концентрации напряжений;
- навыками определения наступления предельных состояний в расчётных точках конструкции по различным теориям прочности.

1.3 Место учебной дисциплины в системе подготовки студента

Дисциплина относится к блоку 1, дисциплины (модули), дисциплины по выбору (Б.1.В.ДВ.2).

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

Сопротивление материалов

Математика

Теоретическая механика.

Перечень учебных дисциплин (циклов дисциплин), которые будут опираться на данную дисциплину:

- результаты изучения дисциплины используются в ходе практики и при подготовке выпускной квалификационной работы.

1.4 Требования к освоению учебной дисциплины

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечивать формирование следующих компетенций:

Коды формируемых компетенций	Наименования формируемых компетенций
ПК-2	Способностью использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования
ПК-3	Способностью разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий

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	**Введение.**	Механика твердого деформируемого тела как комплекс наук (сопротивление материалов, строительная механика стержневых систем, теория упругости, теория пластичности, теория ползучести и др.), занимающихся расчётом изделий на прочность, жёсткость и устойчивость. Основные понятия, допущения и гипотезы. Геометрическая и физическая нелинейность.	ПК-2, ПК-3
2	**Теория напряженного состояния в точке**	Нагрузки и напряжения. Напряжённое состояние в точке тела. Компоненты тензора, его симметричный характер (закон парности касательных напряжений). Напряжения на наклонных площадках. Главные напряжения . Их экстремальные свойства. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Инварианты напряжённого состояния. Интенсивность напряжений, их связь со вторым инвариантом девиатора. Перемещения и деформация в точке тела. Деформированное состояние в точке тела.	ПК-2, ПК-3
3	**Основные уравнения теории упругости**	Три группы основных уравнений. Дифференциальные уравнения равновесия. Геометрические соотношения Коши, выражающие компоненты тензора деформаций через компоненты вектора перемещений. Уравнения Сен-Венана неразрывности (совместности) деформаций. Физические уравнения теории упругости.	ПК-2, ПК-3
4	**Плоская задача теории упругости**	Два вида плоской задачи: плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение. Решение бигармонического уравнения в полиномах.	ПК-2, ПК-3
5	**Метод конечных элементов**	Общее представление о методе конечных элементов. Типы конечных элементов. Понятие о векторе узловых сил и векторе узловых перемещений. Связь перемещений и узловых сил. Понятие о матрице жёсткости КЭ. Объединение матриц жёсткости. Учёт кинематических и статических граничных условий. Вычисление напряжений и деформаций в КЭ. Сведения о библиотеке прикладных программ.	ПК-2, ПК-3

2.2 Учебно-методическая карта учебной дисциплины

2.2.1 Учебно-методическая карта учебной дисциплины дневной формы обучения

№ недели	Лекции (наименование тем)	Часы	Практические (семинарские) занятия	Часы	Лабораторные занятия	Часы	Самостоятельн за работа часы	Форма контроля знаний
1	**Тема1.** Введение. **Тема 2.** Теория напряжённо состояния в точке	2			**Лаб. р. 1.** Ознакомление с работой пакета прикладных программ (ППК) SolidWorks	2	4	
2			**Пр. р. № 1** Исследование напряжённого состояния в окрестности заданной точки	2			4	
3	**Тема 3.** Основные уравнения теории упругости	2			**Лаб. р. 2.** Ознакомление с работой ППК SolidWorks Simulation	2	4	
4			**Пр. р.№ 2** Плоская задача теории упругости в декартовых координатах.	2			4	
5	**Тема 4.** Плоская задача теории упругости	2			**Лаб. р. 3.** Построение твердотельной модели исследуемого объекта	2	4	
6			**Пр. р.№ 2** Плоская задача теории упругости в декартовых координатах.	2			4	КР
7	**Тема 5.** Метод конечных элементов	2			**Лаб. р. 4.** Построение конечно-элементной модели исследуемого объекта	2	4	
8			**Пр. р.№ 3** Определение геометрических характеристик поперечного сечения	2			4	
9					**Лаб. р. 5.** Типы анализов выполняемых в ППК SolidWorks Simulation	2	4	
10			**Пр. р.№ 3** Определение геометрических характеристик поперечного сечения	2			4	
11					**Лаб. р. 6.** Анализ напряженно-деформированного состояния объекта	2	4	
12			**Пр. р.№ 4** Расчет консольной балки на изгиб	2			4	
13					**Лаб. р. 7.** Построение твердотельной модели изделия, предусмотренного индивидуальным заданием	2	4	
14			**Пр. р.№ 5** Расчет стойки на устойчивость	2			4	
15					**Лаб. р. 8.** Создание конечно-элементной модели и анализ напряженно-деформированного состояния изделия, предусмотренного индивидуальным заданием	2	6	
16			**Пр. р.№ 6** Сопоставление результатов расчета балки на изгиб и стойки на устойчивость, полученных аналитически и МКЭ	2			6	ЗРГЗ
17								ПА (зачет)
	Итого	8		16		16	68	

Принятые обозначения:
КР – контрольная работа;
ЗРГЗ – защита расчетно-графического индивидуального задания;
ПА - Промежуточная аттестация.

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		1-6		16
2	Мультимедиа	Темы 1-5			8
3	С использованием ЭВМ			1-8	16
	ИТОГО	8	16	16	40

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

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

№ п/п	Вид оценочных средств	Количество комплектов
1	Вопросы к зачету	1
2	Индивидуальные исходные данные к аудиторной контрольной работе	1
3	Исходные данные к расчетно-графическому индивидуальному заданию	1

5 МЕТОДИКА И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

5.1 Уровни сформированности компетенций

№ п/п	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня*	Результаты обучения**
ПК-2 Способностью использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования			
1	Пороговый уровень	Знает основные принципы анализа конструкций с использованием метода конечных элементов	Владеет технологией построения конечно-элементной модели исследуемого объекта
2	Продвинутый уровень	Применяет на практике технологию конечно-элементного анализа проектируемых конструкций с использованием стандартных пакетов прикладных программ (ППК) –	Может с помощью ППК **SolidWorks Simulation** провести численный анализ исследуемого объекта

		например **SolidWorks Simulation**	
3	Высокий уровень	Способен, на базе использования данной технологии численного анализа, совершенствовать проектируемые конструкции	Способен проводить сопоставительный анализ различных вариантов изделия с позиций "Механики твердого деформируемого тела"
ПК-3 способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий			
1	Пороговый уровень	Знает основные принципы анализа конструкций с использованием метода конечных элементов	Владеет технологией построения конечно-элементной модели исследуемого объекта
2	Продвинутый уровень	Применяет на практике технологию конечно-элементного анализа проектируемых конструкций экспериментальных макетов с использованием стандартных пакетов прикладных программ (ППК) – например **SolidWorks Simulation**	Может с помощью ППК **SolidWorks Simulation** провести численный анализ разрабатываемого экспериментального макета
3	Высокий уровень	Способен, на базе использования данной технологии численного анализа, совершенствовать проектируемые конструкции экспериментальных макетов	Способен проводить сопоставительный анализ различных вариантов экспериментальных макетов с позиций "Механики твердого деформируемого тела"

5.2 Методика оценки знаний, умений и навыков студентов

Результаты обучения	Оценочные средства*
ПК-2 Способностью использовать имеющиеся программные пакеты и, при необходимости, разрабатывать новое программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования	
Знает основные принципы анализа конструкций с использованием метода конечных элементов	Перечень контрольных вопросов
Применяет на практике технологию конечно-элементного анализа проектируемых конструкций с использованием стандартных пакетов прикладных программ (ППК) – например **SolidWorks Simulation**	Тестовые задания для проведения опроса
Может с помощью ППК **SolidWorks Simulation** провести численный анализ исследуемого объекта	Индивидуальное задание
ПК-3 способен разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить их экспериментальное исследование с применением современных информационных технологий	
Знает основные принципы анализа конструкций с	Перечень контрольных вопросов

использованием метода конечных элементов	
Применяет на практике технологию конечно-элементного анализа проектируемых конструкций экспериментальных макетов с использованием стандартных пакетов прикладных программ (ППК) – например **SolidWorks Simulation**	Тестовые задания для проведения опроса
Может с помощью ППК **SolidWorks Simulation** провести численный анализ разрабатываемого экспериментального макета	Индивидуальное задание

5.3 Критерии оценки лабораторных работ

Лабораторная работа предусматривает ее выполнение с использованием персонального компьютера и пакета прикладных программ **SolidWorks Simulation.** По результатам выполненной лабораторной работы студент представляет преподавателю информацию, полученную им, по соответствующей теме лабораторного занятия. Защита работы проводиться 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.

5.4 Критерии оценки практических работ

Практическое занятие предусматривает проведение расчетов предусмотренных темой занятия. Для оценки уровня знаний студентов используются следующие средства диагностики:

- Контрольные опросы.
- Контрольные работы.
- Письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой.

Баллы	Критерии
5	**Систематизированные, глубокие и полные знания** по тематике проводимого практического занятия, а также по основным вопросам, выходящим за его рамки. **Точное** использование научной терминологии. **Умение ориентироваться** в теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой проводимого занятия, и давать им критическую оценку.
4	**Достаточно полные и систематизированные знания** по тематике проводимого занятия, использование научной терминологии. **Умение ориентироваться** в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой проводимого занятия, и давать им критическую оценку.

3	**Достаточный объем знаний** по тематике проводимого занятия, минимально соответствующий требованиям образовательного стандарта, использование научной терминологии. Умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой проводимого занятия.
2	**Недостаточно полный** объем знаний по тематике проводимого занятия, не соответствующий минимальным требованиям, установленным образовательным стандартом. **Неумение ориентироваться** в основных теориях, концепциях и направлениях, связанных с тематикой проводимого занятия.

5.5 Критерии оценки зачета

Оценка	Критерии
зачтено	**Систематизированные, глубокие и полные знания** по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы. **Точное** использование научной терминологии. **Умение ориентироваться** в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку. Знание современных тенденций в проектировании систем управления гидропневмоприводами, умение делать выводы и прогнозировать перспективы развития.
зачтено	**Достаточно полные и систематизированные знания** по всем разделам учебной программы, использование научной терминологии. **Умение ориентироваться** в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку. Знание современных тенденций в проектировании систем управления гидропневмоприводами, умение делать выводы и прогнозировать перспективы развития.
зачтено	**Достаточный объем знаний** в рамках образовательного стандарта, использование научной терминологии. **Умение ориентироваться** в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку. Умение ориентироваться в современных тенденциях и процессах проектирования и управления гидропневмоприводами.
незачтено	**Недостаточно полный** объем знаний в рамках образовательного стандарта. **Неумение ориентироваться** в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине. Неумение ориентироваться в современных тенденциях и процессах проектирования и управления гидропневмоприводами.

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 расчетно-графического индивидуального задания;
- 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	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник/Варданян Г. С., Андреев В. И., Горшков А. А., Варданян Г. С., Атаров Н. М., 2-е изд., испр. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с	-	ЭБС http://znanium.com/

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Гриф	Количество экземпляров
1	Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения: учебн. пособие для вузов / М.Д. Подскребко.– Мн.: Вышэйш. шк., 2009.- 670с.	Допущено Мин-вом образования РБ в качестве учебного пособия для студентов вузов	50
2	Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности. М., Высшая школа, 1990.- 400 с.	Допущено Госкомитетом СССР по народному образованию в качестве учебника для студентов строительных специальностей высших учебных заведений	41
3	Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под ред Г.С. Варданяна - М., Изд-во АСВ, 1995.- 568 с.	Допущено Госкомитетом РФ по высшему образованию в качестве учебника для студентов строительных специальностей высших учебных заведений	5
4	Александров А.В. Сопротивление материалов: учебное пособие. 2-е изд. исправленное. М., Высшая школа, 2000.- 560 с.	Рекомендовано Госкомитетом РФ по высшему образованию в качестве учебника для студентов высших учебных заведений	52

7.3 Перечень ресурсов сети Интернет по изучаемой дисциплине

– http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru - сайт Федерального института промышленной собственности (Российская федерация);

– http://www.belgospatent.org.by – сайт Национального центра интеллектуальной собственности (Республика Беларусь);

– http://sips.gov.ua – сайт службы интеллектуальной собственности Украины;

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. Попковский В.А., Гонорова С.В. Методические рекомендации к лабораторным занятиям по дисциплине «Спец главы механики» для студентов специальности 15.04.06 «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА» (электронный вариант);
2. Попковский В.А., Гонорова С.В. Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Спец главы механики» для студентов специальности 15.04.06 «МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА» (электронный вариант)

7.4.3 Информационные технологии

Темы лекционных занятий, обеспеченные мультимедийными презентациями:

Тема 1. Введение.

Тема 2. Теория напряжённого состояния в точке.

Тема 3. Основные уравнения теории упругости.

Тема 4. Плоская задача теории упругости.

Тема 5. Метод конечных элементов

7.4.3 Перечень программного обеспечения, используемого в образовательном процессе

При проведении лабораторных работ, используется программное обеспечение:

- пакет SOLID WORKS

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины содержится в паспорте лаборатории «САПР», рег. номер ПУЛ-4.441-449/1-18.