

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

(подпись) Василенко В.Н.
(Ф.И.О.)

"_25_" __05__2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Вариационные принципы в механике

Направление подготовки

15.03.03 Прикладная механика

Направленность (профиль) подготовки

**Проектирование и конструирование
механических конструкций, систем и агрегатов**

Квалификация выпускника

Бакалавр

Воронеж

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Вариационные принципы в механике» – приобретение студентами навыков применения вариационных принципов механики используемых при построении математических моделей инженерных систем в ходе выполнения научно-исследовательских работ в области прикладной механики с использованием высокопроизводительных вычислительных систем.

Задачи дисциплины:

проектно-конструкторская деятельность:

– участие в проектировании деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов.

расчетно-экспериментальная деятельность с элементами научно-исследовательской

– выполнение расчетно-экспериментальных работ в области прикладной механики, в первую очередь, с помощью экспериментального оборудования для проведения механических испытаний, высокопроизводительных вычислительных систем и широко используемых в промышленности наукоемких компьютерных технологий.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-3	готовностью выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	базовые методы вариационного исчисления при решении типовых задач прикладной механики	использовать базовые методы вариационного исчисления при решении типовых задач прикладной механики	навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ в области прикладной механики на основе вариационных принципов
2	ПК-7	готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	базовые вычислительные методы, применяемые при решении задач оптимизации при проектировании деталей и узлов	применять вариационные принципы при проектировании деталей и узлов с использованием выполнения многовариантных расчетов	навыками проектирования деталей и узлов с использованием выполнения многовариантных расчетов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Вариационные принципы в механике» входит в вариативную часть дисциплины по выбору образовательной программы по направлению подготовки 15.03.03 – «Прикладная механика».

Изучение дисциплины «Вариационные принципы в механике» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Уравнения математической физики. Основы вариационного исчисления», «Аналитическая динамика и теория колебаний», «Программные средства компьютерной математики» и др.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов, ак.ч.	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		6	7
Общая трудоемкость дисциплины	288	108	180
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	117,95	55	62,95
Лекции	33	18	15
В том числе форме практической подготовки	33	18	15
Лабораторные занятия (ЛЗ)	33	18	15
В том числе форме практической подготовки	33	18	15
Практические занятия (ПЗ)	48	18	30
В том числе форме практической подготовки	48	18	30
Консультации текущие	1,65	0,9	0,75
Консультация перед экзаменом	2	-	2
Виды аттестации (зачет, экзамен)	0,3	0,1	0,2
Самостоятельная работа:	136,25	53	83,25
Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебникам.	52,25	18	34,25
Подготовка к лабораторным занятиям по материалам лекций и учебникам.	52	17	35
Оформление отчетов лабораторных работ.	16	9	7
Оформление отчетов практических работ.	16	9	7
Подготовка к экзамену (контроль)	33,8	-	33,8

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

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
6 семестр			
1.	Вариационные принципы и математическое моделирование.	Элементарные математические модели. Примеры моделей, получаемых из фундаментальных законов природы. Вариационные принципы и математические модели. Пример иерархии моделей. Универсальность математических моделей. Модели простейших нелинейных объектов.	13,1
2.	Общие положения вариационного исчисления	Формулировка вариационной задачи. Метод Эйлера-Лагранжа решения вариационных задач. Условия стационарности. Некоторые достаточные условия экстремума. Общие и частные вариационные принципы и теоремы. Преобразование за-	26,2

		дач о стационарном значении. Исследование экстремальных свойств полных и частных функционалов.	
3.	Основные вариационные принципы аналитической механики	Характеристики механической системы. Силовые факторы, действующие на материальные объекты. Дифференциальные вариационные принципы. Интегральные вариационные принципы. Малые колебания механических систем. Канонические уравнения движения механических систем.	34,3
4.	Основные вариационные принципы строительной механики	Вариационные начала статики и геометрии в строительной механике. Энергетическое пространство. Вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно. Чувствительность энергии деформации к модификациям системы. Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Основные вариационные принципы в задачах с начальными деформациями.	34,4
7 семестр			
5.	Вариационные принципы теории упругости	Теория напряженно-деформированного состояния в точке. Основные уравнения теории упругости. Вариационная формулировка задач теории упругости. Варианты принципов Лагранжа и Кастильяно. Полные и частные функционалы. Плоская задача теории упругости. Вариационные принципы теории упругости при разрывных перемещениях, деформациях, напряжениях и функциях напряжений.	75,5
6.	Вариационные принципы теории оболочек	Основные положения теории оболочек. Варианты принципов Лагранжа и Кастильяно. Полные и частные функционалы. Вариационная форма статико-геометрической аналогии. Вариационные функционалы для некоторых нелинейных задач теории оболочек.	70,7

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	ЛР, час	СРО, час
1.	Вариационные принципы и математическое моделирование.	2	2	2	7
2.	Общие положения вариационного исчисления	4	4	4	14
3.	Основные вариационные принципы аналитической механики	6	6	6	16
4.	Основные вариационные принципы строительной механики	6	6	6	16
5.	Вариационные принципы теории упругости	8	16	8	42
6.	Вариационные принципы теории оболочек	7	14	7	41,25

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
6 семестр			
1	Вариационные принципы и математическое моделирование.	Элементарные математические модели. Примеры моделей, получаемых из фундаментальных законов природы. Вариационные принципы и математические модели. Пример иерархии моделей. Универсальность математических моделей. Модели простейших нелинейных объектов.	2
2	Общие положения вариационного исчисления	Формулировка вариационной задачи. Метод Эйлера-Лагранжа решения вариационных задач. Условия стационарности. Некоторые достаточные условия экстремума.	4

		Общие и частные вариационные принципы и теоремы. Преобразование задач о стационарном значении. Исследование экстремальных свойств полных и частных функционалов.	
3	Основные вариационные принципы аналитической механики	Характеристики механической системы. Силовые факторы, действующие на материальные объекты. Дифференциальные вариационные принципы. Интегральные вариационные принципы. Малые колебания механических систем. Канонические уравнения движения механических систем.	6
4	Основные вариационные принципы строительной механики	Вариационные начала статики и геометрии в строительной механике. Энергетическое пространство. Вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно. Чувствительность энергии деформации к модификациям системы. Обобщенные силы и обобщенные перемещения. Основные вариационные принципы в задачах с начальными деформациями.	6
7 семестр			
5.	Вариационные принципы теории упругости	Теория напряженно-деформированного состояния в точке. Основные уравнения теории упругости. Вариационная формулировка задач теории упругости. Варианты принципов Лагранжа и Кастильяно. Полные и частные функционалы. Плоская задача теории упругости. Вариационные принципы теории упругости при разрывных перемещениях, деформациях, напряжениях и функциях напряжений.	8
6.	Вариационные принципы теории оболочек	Основные положения теории оболочек. Варианты принципов Лагранжа и Кастильяно. Полные и частные функционалы. Вариационная форма статико-геометрической аналогии. Вариационные функционалы для некоторых нелинейных задач теории оболочек.	7

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических работ	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	Вариационные принципы и математическое моделирование.	Примеры моделей простых нелинейных объектов	2
2.	Общие положения вариационного исчисления.	Применение метода Эйлера-Лагранжа решения вариационных задач	4
3.	Основные вариационные принципы аналитической механики.	Практическое применение вариационных принципов аналитической механики	6
4.	Основные вариационные принципы строительной механики.	Практическое применение вариационных принципов строительной механики	6
7 семестр			
5.	Вариационные принципы теории упругости.	Практическое применение вариационных принципов теории упругости.	16
6.	Вариационные принципы теории оболочек.	Практическое применение вариационных принципов оболочек	14

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических работ	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	Вариационные принципы и математическое моделирование.	Основные функции Mathcad.	2
2.	Общие положения вариационного исчисления.	Исследование экстремальных свойств полных и частных функционалов.	4
3.	Основные вариационные принципы аналитической механики.	Применение Mathcad при решении вариационных задач аналитической механики	6
4.	Основные вариационные принципы строительной механики.	Применение Mathcad при решении вариационных задач строительной механики	6
7 семестр			
5.	Вариационные принципы теории упругости.	Применение Mathcad при решении вариационных задач теории упругости.	8

6.	Вариационные принципы теории оболочек.	Применение Mathcad при решении вариационных задач теории оболочек.	7
----	--	--	---

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1.	Вариационные принципы и математическое моделирование.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по материалам лекций и учебников. Собеседование при сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам	7
2.	Общие положения вариационного исчисления	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по материалам лекций и учебников. Собеседование при сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам	14
3.	Основные вариационные принципы аналитической механики	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по материалам лекций и учебников. Собеседование при сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам	16
4.	Основные вариационные принципы строительной механики	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по материалам лекций и учебников. Собеседование при сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам	16
5.	Вариационные принципы теории упругости.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по материалам лекций и учебников. Собеседование при сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам	42
6.	Вариационные принципы теории оболочек.	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям по материалам лекций и учебников. Собеседование при сдаче отчетов по практическим и лабораторным работам	41,25

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Учебные и периодические печатные издания, имеющиеся в библиотечном фонде образовательной организации:

1. Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная математика и механика.
https://elibrary.ru/title_about.asp?id=32649

6.2 Учебные электронные издания, размещённые в Электронных библиотечных системах

1. Главачек, И. Решение вариационных неравенств в механике [Текст]: пер. со словац. / И. Главачек, Я. Галингер, И. Нечас. - М.: Мир, 1986. - 270 с.
<http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/67275>

2. Васидзу, К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности [Текст] / К. Васидзу ; пер. с англ. В. В. Кобелева, А. П. Сейраняна под ред. Н. В. Баничука. - М.: Мир, 1987. - 542 с.
<http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/33540>

3. Бердичевский, В. Л. Вариационные принципы механики сплошной среды [Текст] / В. Л. Бердичевский. - М.: Наука, 1983. - 448 с.
<http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/40766>

4. Абовский, Н. П. Вариационные принципы теории упругости и теории оболочек [Текст] / Н. П. Абовский, Н. П. Андреев, А. П. Деруга ; под ред. Н. П. Абовского. - М.: Наука, 1978. - 287 с. <http://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/62059>

5. Алексеев В.М. Сборник задач по оптимизации. Теория. Примеры. Задачи [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев В.М., Галеев Э.М., Тихомиров В.М. — Электрон. текстовые данные. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 256 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24633>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

6. Алексеев В.М. Оптимальное управление [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеев В.М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. — Электрон. текстовые данные. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 408 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12964>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

7. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Гантмахер Ф.Р. — Электрон. текстовые данные. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 263 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17299>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

8. Самарский А.А. Математическое моделирование [Электронный ресурс]: идеи. Методы. Примеры/ Самарский А.А., Михайлов А.П.— Электрон. текстовые данные. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 320 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/24708>. — ЭБС «IPRbooks», по паролю

6.3 Учебно-методические материалы

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 32 с. <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/2488>.

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	http://www.edu.ru/index.php
Научная электронная библиотека	http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp?
Федеральная университетская компьютерная сеть России	http://www.runnet.ru/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://www.window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web

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

Используемые виды информационных технологий:

- «электронная»: персональный компьютер и информационно-поисковые (справочно-правовые) системы;
- «компьютерная» технология: персональный компьютер с программными продуктами разного назначения (ОС Windows; MSOffice);
- «сетевая»: локальная сеть университета и глобальная сеть Internet.

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Обеспеченность процесса обучения техническими средствами полностью соответствует требованиям ФГОС по направлению подготовки. Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <http://vsuet.ru>.

Для проведения занятий используются:

<p>№ 127 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (для всех направлений и специальностей)</p>	<p>Машина испытания на растяжение МР-0,5, машина испытания на кручение КМ-50, машина универсальная разрывная УММ-5, машина испытания пружин МИП-100, машина разрывная УГ 20/2, машина испытания на усталость МУИ-6000, копер маятниковый</p>
--	--

№ 127а Компьютерный класс	Моноблок Гравитон (12 шт.)
№ 336 Компьютерный класс	Компьютер (IntelCore i5- 8500) (13 шт.), проектор View Sonic PJD 5255, интерактивная доска SMART Board SB 660 64 дм, системный блок Supermicro Amibios 786 Q 2000, коммутатор TP-Link SG1024DE, маршрутизатор MikroTik RB2011iLS-IN
№ 227 Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (для всех направлений и специальностей)	Интерактивная доска SMART Board SB660 64, комплект лабораторного оборудования для проведения дисциплины "Детали машин и основы конструирования": машина тарировочная, прибор ТММ105-1, стенды методические
№ 309б Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (для всех направлений и специальностей)	Рабочая станция (Intel Core i5 – 8400) (14 шт.) мультимедийный проектор, экран

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.
 Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1 Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины включают в себя:

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

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ представляются отдельным комплектом и входят в состав рабочей программы дисциплины.

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