

ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Декан факультета
Аэрокосмический

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Фёдоров В. Б.	
Пользователь: fedorovvb	
Дата подписания: 11.03.2021	

В. Б. Фёдоров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ДВ.1.05.01 Устойчивость механических систем
для направления 15.03.03 Прикладная механика
уровень бакалавр **тип программы** Академический бакалавриат
профиль подготовки Прикладная механика, динамика и прочность машин
форма обучения очная
кафедра-разработчик Техническая механика

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению
подготовки 15.03.03 Прикладная механика, утверждённым приказом Минобрнауки
от 12.03.2015 № 220

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.

П. А. Тараненко

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Тараненко П. А.	
Пользователь: taranenko	
Дата подписания: 22.10.2019	

Разработчик программы,
к.техн.н., доц., доцент

Е. Е. Рихтер

ЮУрГУ	Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП	
Кому выдан: Рихтер Е. Е.	
Пользователь: rikhtere	
Дата подписания: 21.10.2019	

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины: сформулировать представление о всех возможных проявлениях потерь устойчивости механических систем, обратить внимание студентов на степень ответственности прочниста, своей подписью гарантирующего безопасную эксплуатацию спроектированной тонкостенной конструкции. Основные задачи: 1. Наглядно продемонстрировать основные понятия теории упругой устойчивости. 2. На примерах простых задач устойчивости тонкостенных стержней, пластин и оболочек показать то общее, что присуще большинству задач устойчивости тонкостенных упругих систем . 3. На конкретных примерах реальных конструкций дать возможность студенту поразмышлять над конструктивными решениями с позиции устойчивости упругих систем. 4. Дать возможность ученику опытным путем проверить истинность теоретических положений, сопоставив их с результатами модельного эксперимента (верификация эксперимента).

Краткое содержание дисциплины

Круг вопросов настоящего курса включает в себя: теорию устойчивости тонкостенных стержней, пластин и оболочек, в том числе и подкрепленных; вывод расчетных зависимостей и анализ пределов их применимости; узнавание курса в содержании справочное литературы по расчету на устойчивость силовых конструкций.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНЫ)
ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	Знать: 1. Все упрощающие допущения, лежащие в основе всех классических решений задач устойчивости тонкостенных упругих систем; 2. Все критерии исследования устойчивости механических систем; 3. Основные формулы для определения критических параметров стержней, пластин и цилиндрических оболочек. Уметь: 1. Объяснить на примере известных ему образцов технических систем конкретные конструктивные решения на основе знаний теории устойчивости; 2. Решать соответствующие задачи. Владеть: Приобретенными навыками расчетной и экспериментальной практики в этом разделе механики.
ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	Знать: Основные теоремы теории устойчивости упругих систем; основные методы исследования на устойчивость, соответствующие каждому из классов. Уметь: В рамках выбранного метода проводить численные расчеты по определению критических параметров конкретной задачи. Владеть: критериями устойчивости, соответствующими различным из подходам к

	оценке потери устойчивости разных классов упругих систем.
ПК-4 готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и научноемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний	Знать: О роли разных подходов к явлению устойчивости; о критериях устойчивости, соответствующих каждому из подходов; о методах исследования на устойчивость для разных классов упругих систем. Уметь: Определять к какому из классов относится данная упругая система; выбирать метод исследования на устойчивость. Владеть: Методами исследования на устойчивость для разных классов упругих систем.

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Б.1.19 Строительная механика пластин, Б.1.17 Строительная механика оболочек, Б.1.05.02 Математический анализ	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Б.1.05.02 Математический анализ	Для успешного овладения данной дисциплиной студентам необходимо освоить математический анализ (особенно разделы - дифференцирование функций одной и многих переменных, интегрирование, теория рядов, преобразование Фурье, специальные функции, элементы теории функциональных пространств), элементы линейной алгебры (матрицы и определители, линейные пространства, решение систем линейных уравнений), теорию дифференциальных уравнений и уравнений математической физики.
Б.1.17 Строительная механика оболочек	Основные уравнения безмоментной теории оболочек, условия равновесия, условия совместности деформаций, методы расчета оболочек при различных видах нагрузления.
Б.1.19 Строительная механика пластин	Основные уравнения механики пластин, включающие условия равновесия, условия совместности деформаций и физические соотношения, принимаемые допущения и основные методы используемые для расчета.

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		8
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	12	12
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	24	24
Лабораторные работы (ЛР)	12	12
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60	60
Подготовка к экзамену	27	27
Подготовка отчетов по лабораторным работам	13	13
Подготовка к занятиям по решению нестандартных задач повышенной сложности	20	20
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия теории упругой устойчивости	8	2	6	0
2	Устойчивость прямых стержней	10	4	4	2
3	Устойчивость прямоугольных пластин	8	2	4	2
4	Устойчивость цилиндрических оболочек	22	4	10	8

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Столкновение с проблемой устойчивости: следствие уравнения нелинейного краевого эффекта. По следам задачи Эйлера: устойчивость консольной стойки под действием "мертвой" и "следящей" сил. Невязки при решении задач устойчивости в постановке Эйлера. Диаграммы равновесия состояний деформируемых систем. Устойчивое и случаенное равновесие. Критические нагрузки. Классификация случаев потери устойчивости. О постановке задач устойчивости тонкостенных систем.	2
2	2	Устойчивость стержней: основное линеаризованное уравнение; особенности формулировки граничных условий. Примеры использования основного уравнения. Два случая возможного понижения порядка основного уравнения. Устойчивость стержня на упругом основании: особенность поведения стержня при плавном изменении жесткости основания; зависимость критической силы от длины стержня.	2
3	2	Балка С.П.Тимошенко - учет влияния деформаций поперечного сдвига на величину критической силы. Формулы для расчета трехслойного стержня. Понятие местной устойчивости. Динамический критерий устойчивости. Случаи "мертвой" и "следящей" силы. Устойчивость свободного стержня под действием "следящей" силы.	2

4	3	Устойчивость пластин. Понятие фиктивной поперечной нагрузки. Основное линеаризованное уравнение устойчивости. Аналитическое решение основного линеаризованного уравнения для свободной опертой по всему контуру пластины, равномерно сжатой в одном направлении. Зависимость коэффициента критического напряжения от условий закрепления сторон прямоугольной пластины. Устойчивость пластины при сдвиге. Поведение пластин после потери устойчивости.	2
5	4	Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии. Величина критического напряжения и возможные формы потери устойчивости. Устойчивость цилиндрической оболочки при внешнем давлении. Критические параметры. Формула П.Ф.Папковича. Зависимость критического давления от условий закрепления торцевых сечений оболочки.	2
6	4	Устойчивость подкрепленных оболочек. Влияние внутреннего давления на устойчивость оболочки при осевом сжатии. Влияние кольцевого оребрения на величину критического давления. Эффект "вафельного" оребрения в случае осевого сжатия и внешнего давления.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Решение задач: устойчивость трубы при скоростном протекании сквозь нее жидкости.	2
2	1	Форма Мизеса - пример системы с продольными точками; потеря устойчивости стержня при растяжении.	2
3	1	Устойчивость механической системы при комбинированном нагружении. Граница устойчивости. Теорема П.Ф.Папковича.	2
4	2	Влияние условий закрепления стержня на величину критического усилия (четыре задачи решаются в компьютерном зале кафедры).	2
5	2	Зависимость критической силы от упругости опорного закрепления. Энергетический критерий устойчивости (стержень под действием собственного веса).	2
6	3	Устойчивость пластин: две задачи на определение критического напряжения в случаях, когда четыре стороны пластины закреплены и когда одна сторона пластины - свободна. Местная устойчивость тонкостенных стержней.	2
7	3	Устойчивость пластин: варианты нагружения и целесообразного подкрепления пластины. Работа с учебным пособием.	2
8	4	Показательные примеры устойчивости цилиндрической оболочки при осевом сжатии и действии поперечной силы.	2
9	4	Зависимость критического усилия и несущей способности цилиндрической оболочки от величины внутреннего давления.	2
10	4	Эффект подкрепления цилиндрической оболочки кольцевыми ребрами при нагружении внешним давлением.	2
11	4	Эффективность "вафельной" оболочки при осевом сжатии и внешнем давлении.	2
12	4	"Путешествие" по учебному пособию [Л-П] с практическими комментариями и задачами.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во
-----------	-----------	---	--------

				часов
1	2	Определение механических характеристик образцов и экспериментальных моделей оболочки. Статистическая обработка.		2
2	3	Общая и местная устойчивость тонкостенных стержней. Попадание в диапазон допустимых нагрузок.		2
3	4	Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом статическом влиянии внутреннего давления на величину критического напряжения . Причины расхождения теории и эксперимента.		2
4	4	Устойчивость цилиндрической оболочки при нагружении внешним давлением и крутящим моментом. Еще раз убедиться, что с потерей устойчивости работоспособность конструкции исчерпывается.		2
5	4	Использование программного обеспечения с целью верификации экспериментальных и расчетных результатов. Подготовка отчета.		2
6	4	Защита отчета по лабораторным работам		2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка отчетов по лабораторным работам	Устойчивость упругих систем. Методические указания к лаб. работам/ Под ред. И.А. Иванова, ЧПИ, Челябинск, 1986 г.	13
Подготовка к экзамену	Основная литература: [1] гл.4 с.83-102, гл.5 с.107-134, гл.6 с.139-174, гл.7 с.183-210, гл.8 с.214-233; [2] раздел1 гл.4 с.43, раздел 2 гл.4 с.205; [3] Часть 2 гл.1 с.34-69, гл.2 с.71-80, гл.3 с.81-127, гл.4 с.128-153, гл.7 с.159-170. Дополнительная литература: [1] гл.1 с.15-89, гл.9 с.313-391, гл.11 с.506-598; [2] гл.1 с.11-25, гл.2 с.41-60, гл.3 с.66-104, гл.4 с.114-127, гл.5 с.132-152; [3] раздел 2 гл.3 с.47-82, гл.4 с.85-97, раздел 3 гл.11 с.181-188, гл.12 с.188-197.	27
Подготовка к занятиям по решению нестандартных задач повышенной сложности	[3], по главам касающимся темы олимпиады: стержни - (10 час); пластины (8 час) - глава 9, с.162-178; оболочки (12 час) - главы 3,4,5,6 - выборочно только для гладких цилиндрических оболочек	20

6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
Разбор конкретных ситуаций.	Лабораторные занятия	Верификация экспериментальных и расчетных результатов.	6
Компьютерная симуляция	Практические занятия и семинары	Исследование влияния условий закрепления стержня на величину критической нагрузки.	4

Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Инновационные формы обучения	Краткое описание и примеры использования в темах и разделах
Использование информационных ресурсов и баз данных.	При решении исследовательских задач и обработке результатов лабораторных работ.
Применение активных методов обучения, "контекстного" и "на основе опыта".	Разбор конструкций, разработанных студентами кафедры "Техническая механика" для участия в "Одиссее разума".
Использование методов, основанных на изучении практики (case studies).	В процессе индивидуальной работы в плане УНИРС.

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	экзамен	вопросы (1-80) и задачи (1-19) по курсу "Устойчивость механических систем"
Все разделы	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности	экзамен	вопросы (1-80) и задачи (1-19) по курсу "Устойчивость механических систем"
Все разделы	ПК-4 готовностью выполнять научно-исследовательские работы в области прикладной механики с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и научноемких компьютерных технологий, широко распространенных в промышленности систем мирового уровня, и экспериментального оборудования для проведения механических испытаний	экзамен	вопросы (1-80) и задачи (1-19) по курсу "Устойчивость механических систем"
Все разделы	ОПК-5 умением обрабатывать и представлять данные экспериментальных исследований	защита лабораторных работ по выполненным отчетам	отчеты по лабораторным работам
Все разделы	ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические,	контрольная работа	задачи для контрольной

	расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности		работы
--	--	--	--------

7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
экзамен	Экзамен письменный. На экзамене студентам выдаются билеты с двумя вопросами и одной задачей. На решение задачи отводится 40 мин, на ответы на вопросы отводится 60 мин.	Отлично: точные, правильные ответы на все вопросы задания, правильное решение задачи. Хорошо: неточные ответы на оба вопроса, правильное решение задачи. Удовлетворительно: один неверный ответ на вопросы экзаменационного билета, ошибки при решении задачи, правильные ответы на дополнительные вопросы, активное участие в Олимпиаде Неудовлетворительно: два неверных ответа на вопросы экзаменационного билета, неверное решение задачи, неправильные ответы на дополнительные вопросы.
защита лабораторных работ по выполненным отчетам	Преподаватель оценивает предоставленные студентом отчеты по лабораторным работам с точки зрения правильности и качества выполнения, задаются вопросы связанные с темой лабораторной работы, ее целью, используемым оборудованием и полученными результатами.	Зачтено: Полностью оформленный в соответствии с требованиями отчет, включающий все необходимые разделы, студент четко формулирует цели и задачи работы, знает какое оборудование используется и правильно интерпретирует результаты, получаемые при выполнении лабораторной работы. Не зачтено: Плохо или не до конца оформленный отчет, студент не знает целей и задач, не знаком с используемым в работе оборудованием, неправильно интерпретирует результаты получаемые при выполнении лабораторной работы.
контрольная работа	Студентам предлагаются специально разработанные задачи повышенной сложности, которые решаются на практическом занятии, после освоения пройденного материала, о сроках проведения студенты извещаются заранее, всего для решения предлагается пять задач, решение трех и более задач поощряется дополнительными баллами на экзамене.	Отлично: Решение 4 ... 5 задач с незначительными неточностями и ошибками. Хорошо: Решение 3 ... 4 задач с существенными неточностями и ошибками. Удовлетворительно: Решение 2 ... 3 задач с существенными неточностями и ошибками. Неудовлетворительно: Решение 1 и менее задач, незавершенное решение, неправильный алгоритм, грубые, принципиальные ошибки в расчете.

7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
экзамен	Вопросы и задачи для проведения экзамена Устойчивость_Экзам_билеты.docx; Задачи_Для_Экзамена.docx
защита лабораторных работ по выполненным отчетам	Вопросы по лабораторной работе. Устойчивость для проведения контроля по модулям и.docx
контрольная работа	комплект нестандартных задач повышенной сложности

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

a) основная литература:

1. Алфутов, Н. А. Устойчивость движения и равновесия Учеб. для вузов по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и систем упр. Н. А. Алфутов, К. С. Колесников; Под ред. К. С. Колесникова. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 252,[1] с.
2. Феодосьев, В. И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов [Текст] учеб. пособие для втузов В. И. Феодосьев. - 5-е изд., испр. и доп. - М.: Наука: Физматлит, 1996. - 365, [1] с. ил.
3. Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций Учеб. пособие для вузов по направлению "Авиа-и ракетостроение" В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1994. - 380,[1] с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Вольмир, А. С. Устойчивость деформируемых систем А. С. Вольмир. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1967. - 984 с. ил.
2. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем: Соврем. концепции, парадоксы и ошибки. - 3-е изд., перераб. - М.: Наука, 1979. - 384 с. ил.
3. Филин, А. П. Элементы теории оболочек. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1987. - 383 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Реферативный журнал 16. Механика: серия 16В. Механика деформируемого твердого тела. Раздел "Устойчивость упругих систем". Серия 16Д. Прочность конструкций и материалов. Раздел "Прочность машиностроительных конструкций".

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Устойчивость упругих систем. Методические указания к лаб. работам / Под ред. И.А. Иванова, ЧПИ, Челябинск 1986 г.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

2. Устойчивость упругих систем. Методические указания к лаб. работам / Под ред. И.А. Иванова, ЧПИ, Челябинск 1986 г.

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Лизин, В. Т. Проектирование тонкостенных конструкций: Учебное пособие для студентов вузов. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Т. Лизин, В. А. Пяткин. — Электрон. дан. — М. : Машиностроение, 2003. — 448 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/817	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный
2	Дополнительная литература	Прочность, устойчивость и колебания ферменных и рамных конструкций аэрокосмических систем: Учебное пособие по курсам «Прочность конструкций аэрокосмических систем», «Строительная механика конструкций аэрокосмических систем». [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Беляев [и др.]. — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 80 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/62037	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Интернет / Авторизованный

9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	033 (1)	Экспериментальные установки для реализации различных случаев нагружения модельных цилиндрических оболочек, пластин и тонкостенных стержней.
Практические занятия и семинары	332 (2)	Компьютерное и программное обеспечение для проведения занятий.