

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф.-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

« ____ » _____ **2022 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории устойчивости механических систем

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.03.03 Прикладная механика
Наименование образовательной программы	Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ,

д.т.н., доцент

протокол № _____ от _____ 20 _____ г.

_____ **А.Л. Михайлов**

« ____ » _____ **2022 г.**

г. Саров, 2022 г.

Программа переутверждена на 202___/202___ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202___/202___ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202___/202___ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202___/202___ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202___/202___ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202___/202___ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202___/202___ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202___/202___ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экс./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
5	32	2	72	16	32	-	24	-	Зач	8
ИТОГО	32	2	72	16	32	-	24	-	Зач	8

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Основы теории устойчивости механических систем» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися универсальных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач и потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Обусловлено широким распространением в современном машиностроении легких тонкостенных конструкций. Для них роль расчетов на устойчивость в общем цикле прочностных расчетов существенно возросла, ибо разрушение тонкостенной конструкции чаще всего связано с потерей ее общей устойчивости или устойчивости отдельных ее элементов.

В качестве элементов таких конструкций чаще всего выступают тонкостенные стержни, пластины, оболочки. Поэтому круг вопросов настоящего курса включает в себя теорию устойчивости стержней, подкрепленных пластин и оболочек.

Цель курса «Основы теории устойчивости механических систем» - понять физику явления потери устойчивости и выпучивания тонкостенных элементов конструкций в процессе изучения основных особенностей задач упругой устойчивости. Подробно рассмотрены: формулировка критериев упругой устойчивости, постановка задач устойчивости стержней, пластин и оболочек, вывод исходных соотношений и пределов применимости полученных расчетных зависимостей. Это облегчит будущему инженеру-исследователю переход от учебного курса к чтению и пониманию специальной литературы по расчету на устойчивость тонкостенных силовых конструкций.

Задача курса заключается в анализе конструкции (оценке работоспособности ее при заданных внешних нагрузках), а также синтезе ее (то есть выяснении наиболее эффективных в весовом отношении конструктивно-силовых схем при заданном виде нагружения). Поэтому в данном курсе значительное место отводится объяснению многих конструктивных решений с позиций теории устойчивости упругих систем.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Индекс дисциплины: Б1.В.03

Дисциплина «Основы теории устойчивости механических систем» относится к базовой части циклаобразовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» направления 15.03.03 - Прикладная механика.

Дисциплина «Основы теории устойчивости механических систем» обеспечивает логическую связь, во-первых, между физикой и математикой, применяя математический аппарат к описанию и изучению физических явлений нелинейного деформирования материалов, и, во-вторых, между общетехническими и специальными дисциплинами. Для успешного изучения дисциплины «Основы теории пластичности и ползучести» студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики и физики, теории упругости и сопротивления материалов. На материалах этой дисциплины базируются следующие специальные инженерные дисциплины: экспериментальная механика, вычислительная механика, детали машин и основы конструирования, основы автоматизированного проектирования.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

Универсальные компетенции (УК)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

Профессиональные компетенции (ПК)

в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
участие в составе научно-исследовательской группы в научно-исследовательских работах в области прикладной механики	Физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики.	ПК-2 Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	З-ПК-2 Знать цели и задачи проводимых исследований разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации У-ПК-2 Уметь оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы проведения экспериментов В-ПК-2 Владеть проведением наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов; составление отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов

Основные знания, приобретаемые студентами при изучении дисциплины:

- Студент должен понимать физику явлений потери устойчивости и усвоить специфику задач упругой устойчивости. Знать особенности постановки соответствующих задач, иметь представление о существующих методах их решения, помнить о существовании пределов применимости используемых расчетных зависимостей.
- Студент должен знать и уметь объяснить, почему в существующих конструкциях приняты те или иные конструктивные решения, продиктованные положениями теории устойчивости.

Основные умения, приобретаемые студентами при изучении дисциплины:

- Студент должен уметь оценить критическое состояние тонкостенных конструкций, знать основные формулы для стержней, подкрепленных пластин, цилиндрических оболочек, понимать степень опасности явления выпучивания для конструкций.
- Выполняя курсовую работу, студент развивает навыки самостоятельной работы с научной литературой и закрепляет приобретенные ранее умения расчетов на ЭВМ.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет _____ кредитов, 72 часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
			34	16	0			
5 семестр								
1	Введение		2	---		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
2	Основные понятия теории упругой устойчивости		8	4		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
3	Устойчивость стержней		8	4		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
4	Устойчивость пластин		8	4		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
5	Устойчивость оболочек		8	4		Контр. работа/ устный опрос	Контр. работа/ устный опрос	
	Зачет							0 - 50
	СРС – 22 час							100

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ:

Введение

1. Общая тенденция к переходу на тонкостенные элементы конструкций как решение задачи снижения металлоемкости конструкций при одновременном увеличении их надежности. Значение проблемы устойчивости в связи с применением тонкостенных конструкций. Потеря устойчивости - причина аварий и разрушений конструкций мостов, каркасов зданий, несущих пластин и оболочек судов, самолетов, ракет, железнодорожных цистерн, крупных емкостей и т.д. Примеры потери устойчивости (стойка Эйлера, стойка с одним защемленным краем и свободным другим, трубопровод с протекающей жидкостью, стержень при растяжении, стойка со следящей силой).

Раздел 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ УПРУГОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

2. Неоднозначность состояний равновесия упругих систем. Устойчивые и неустойчивые состояния равновесия. Классификация случаев смены форм равновесия. Устойчивость при ветвлении форм равновесия. Точки бифуркации. Потеря устойчивости при появлении несмежных форм равновесия. Предельные точки. Потеря устойчивости при исчезновении форм равновесия. Потеря устойчивости при исчезновении устойчивых форм равновесия. Критические нагрузки.

3. Линеаризованные уравнения. Энергетический подход к определению критических нагрузок. Устойчивость упругих систем при комбинированном нагружении. О постановке задач устойчивости тонкостенных систем.

Раздел 2. УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕРЖНЕЙ

4. Основное линеаризованное уравнение и его решение. Влияние условий опирания и характера нагружения. Стержни на упругом основании и упругих опорах. Учет деформаций сдвига. Общая и местная устойчивость тонкостенных, трехслойных стержней. Влияние начальных неправильностей на поведение сжатых стержней.

5. Устойчивость плоской формы изгиба балок. Внецентренное сжатие стержней. Совместное нагружение продольными и поперечными усилиями.

6. Устойчивость сжатых стержней за пределами упругости. Модуль Кармана, концентрация Шенли.

7. Методы решения задач устойчивости: точное определение собственных значений, вариационные методы, численные методы.

8. Динамический метод решения задачи устойчивости стержня. Консервативные и неконсервативные системы. Критерии устойчивости: статический критерий, критерий начальных несовершенств, динамический критерий, энергетический критерий, области их применения.

9. Устойчивость кругового кольца. Основное линейризованное уравнение и его решение. Зависимость критической нагрузки от характера ее поведения при деформации кольца. Устойчивость шпангоута.

Раздел 3. УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТИН

10. Основное дифференциальное уравнение устойчивости пластин. Решение основного уравнения для прямоугольных пластин. Устойчивость сжатых прямоугольных пластин. Свободно опертая пластина при различных случаях нагружения: одноосное сжатие; чистый сдвиг; двусное растяжение-сжатие; комбинированное нагружение. Влияние условий закрепления сторон на величину критических напряжений.

11. Устойчивость круглых пластин. Основное дифференциальное уравнение устойчивости круглых пластин. Формы потери устойчивости, влияние подкреплений.

12. Расчет плоских подкрепленных тонкостенных конструкций после потери устойчивости стенки. Поведение пластин после потери устойчивости (подход Кармана). Устойчивость подкрепленных пластин. Редукционные коэффициенты. Предельная нагрузка подкрепленной панели.

Раздел 4. УСТОЙЧИВОСТЬ ОБОЛОЧЕК

13. Основные исходные зависимости для цилиндрической оболочки при осевом сжатии. Влияние граничных условий на величину критических напряжений.

14. Цилиндрические оболочки, нагруженные внешним давлением. Влияние характера закрепления краев оболочки на критическое давление.

15. Устойчивость цилиндрической оболочки при других случаях нагружения: устойчивость при кручении, устойчивость при чистом и поперечном изгибе, устойчивость при комбинированном нагружении; влияние внутреннего давления на устойчивость сжатой в осевом направлении цилиндрической оболочки.

16. Устойчивость сферической оболочки под действием равномерного давления. Устойчивость конических оболочек.

17. Экспериментальные данные по значениям критических нагрузок для цилиндрической оболочки. Причины несоответствия теории и эксперимента. Роль начальных неправильностей. Об исследовании устойчивости оболочек с позиций нелинейной теории: устойчивость в большом и в малом; верхняя и нижняя критические нагрузки; явление хлопка в реальной оболочке; эмпирические расчетные формулы. Устойчивость с учетом моментного докритического состояния.

18. Средства повышения устойчивости оболочек. Подкрепленные оболочки; трехслойные оболочки; оболочки из армированных пластиков.

Темы практических занятий.

1. Устойчивость стержней. Общая и местная устойчивость стержней (исследуется устойчивость стержня прямоугольного поперечного сечения с шарнирно опертыми краями; местная устойчивость изучается на примере потери устойчивости короткого стержня с поперечным сечением в виде уголка и швеллера; практическое приложение теории устойчивости стержней). Экспериментальное определение критических напряжений с целью оценки точности расчетных формул путем сопоставления результатов эксперимента и теоретического расчета. Разбор причин, которые вызывают расхождение опытных и расчетных данных.
2. Устойчивость пластин. Устойчивость прямоугольной пластины при сжатии и сдвиге (расчетная и экспериментальная работа по определению критических напряжений и усилий для прямоугольных пластин при сжатии и сдвиге; практическое приложение теории устойчивости пластин). Нагружение пластин в экспериментальных установках для определения момента выпучивания и фиксации соответствующего ему критического усилия. Цель работы - оценка достоверности расчетных формул, разбор причин, которые могут повлечь больше расхождение между теорией и экспериментом.
3. Устойчивость оболочек. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии (экспериментальная проверка известного расхождения между теорией и практикой при данном виде нагружения оболочки; практическое приложение теории устойчивости оболочек). Испытание двух-трех модельных оболочек с целью определения среднего значения коэффициента критического напряжения. Сравнение его с расчетными коэффициентами по наиболее распространенным формулам. Разбор причин, которые реализуются в эксперименте и влекут за собой снижение критических напряжений.
4. Устойчивость цилиндрической оболочки при действии внешнего давления (экспериментальное подтверждение расчетных зависимостей для критического давления и критического числа волн; практическое приложение теории устойчивости оболочек). Испытание двух-трех модельных оболочек с целью определения момента хлопка и наблюдение за поведением оболочки при нагружении после потери устойчивости. Цель работы - продемонстрировать хорошее совпадение опытов с расчетами по формуле Папковича показать, что с потерей устойчивости исчерпывается работоспособность конструкции.
5. Устойчивость цилиндрической оболочки при одновременном действии осевого сжатия и внутреннего давления (экспериментальное определение зависимости напряжения хлопка от величины внутреннего давления; практическое приложение теории устойчивости оболочек). Испытание 8-10 моделей с целью определения внутреннего давления, при котором критическое напряжение оказывается наибольшим. Цель работы - демонстрация положительного и

отрицательного влияния внутреннего давления, сравнение результатов экспериментов с расчетами.

Методические указания.

Программа курса «Основы теории устойчивости механических систем» составлена в объеме, необходимом для изучения основных вопросов теории устойчивости элементов тонкостенных конструкций. Главное внимание уделяется формулировке критериев упругой устойчивости, постановке задач устойчивости стержней, пластин и оболочек, выводу исходных соотношений и обсуждению пределов применимости полученных расчетных зависимостей. Рассматриваются наиболее характерные для современного машиностроения задачи устойчивости стержней, пластин и оболочек как при упругих деформациях, так и за пределом упругости тонкостенных элементов конструкций в потоке газа. Анализируется статическая и динамическая неустойчивость элементов конструкций, определяемая возникновением взаимосвязанных аэродинамических, упругих и инерционных сил.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- получить четкое представление об особенностях работы тонкостенных конструкций, связанных с возможностью общей или местной потерей устойчивости, а также возможностью возникновения статической или динамической неустойчивости вследствие взаимодействия упругой конструкции с обтекающим ее потоком газа;
- приобрести навыки исследования прикладных вопросов (перевод реального объекта к приемлемой расчетной схеме, формулировка краевой задачи, выбор рационального метода ее решения) и развить необходимую интуицию в приложении теории устойчивости;
- приобрести навыки решения задач устойчивости стержней, подкрепленных пластин, оболочек и развить на их основе алгоритмическое мышление;
- закрепить умение самостоятельно разбираться в материале, содержащемся в учебной и справочной литературе по устойчивости.

На лекциях следует излагать основную часть теоретического материала, разбирать характерные примеры. Это изложение должно опираться на знания студентов, полученные в курсах строительной механики, теории колебаний, и быть ориентировано на развитие исследовательских навыков будущих инженеров-исследователей. Основная цель лабораторных занятий - наглядное изучение потери устойчивости при испытаниях стержней, пластин и оболочек. Студенты знакомятся с измерительной аппаратурой, условиями создания нагрузок, проверяют теоретические формулы и выводы. Анализ причин, вызывающих расхождение теоретических и экспериментальных данных, позволяет оценить корректность

проведенных испытаний и выработать определенный критический подход к изучаемым методам расчета.

Программа содержит перечисление тем, которые должны быть изучены студентами. Последовательность изучения этих тем и методика их изложения разрабатывается кафедрой с учетом потребностей смежных дисциплин и в соответствии с примечаниями к темам, приведенным в конце программы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации компетентного подхода предусматривается использование в учебном процессе проведения совместных мастер-классов экспертов и специалистов ведущих подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ с учетом использования новейших методов и средств измерений при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по тематике работ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики» ФТФ в настоящее время располагает тем набором технических, программных, мультимедийных, электронных, печатных и аппаратных средств, которые в процессе реализации Рабочей программы по дисциплине "Основы теории устойчивости механических систем» позволяют в полной мере применять метод проблемного изложения материала в сочетании с рейтинговой системой аттестации студентов.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Вопросы к зачёту:

1. Потеря устойчивости первого и второго рода.
2. Степень свободы в задачах устойчивости сооружений.
3. Методы решения задач устойчивости: статический, энергетический, динамический.
4. Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы. Статический метод определения критических сил.
5. Энергетический критерий устойчивости. Методы Рэлея-Ритца-Тимошенко.
6. Дифференциальное уравнение сжато-изогнутого стержня
7. Решение в форме метода начальных параметров.
8. Определение критических сил для стержней с разными граничными условиями.
9. Получение таблиц специальных функций для расчёта систем на устойчивость.

10. Расчёт рам на устойчивость методом перемещений, допущения расчета.
11. Понятие о задачах устойчивости сжатых пластин и методах их решения.
12. Устойчивость шарнирно опертой прямоугольной пластины, сжатой в двух направлениях.
13. Определение форм потери устойчивости на примере системы с двумя степенями свободы.
14. Применение метода Ритца для определения критических сил упругих стержней постоянной и переменной.
15. Применение метода Ритца для определения критических сил упругих стержней при наличии ряда сил.
16. Устойчивость стержня в упругой среде.
17. Расчет сжато – изогнутых стержней на смещения опор.
18. Деформационный расчёт рам.
19. Устойчивость круговых арок с различными граничными условиями при радиальной нагрузке.
20. Устойчивость кольца при радиальной нагрузке.
21. Устойчивость плоской формы изгиба.
22. Устойчивость шарнирно опертой прямоугольной пластины, сжатой в одном направлении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендуемая литература:

Основная:

1. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем.- М.: Машиностроение, 1978.- 312с.
2. Вольмир А.С. Устойчивость деформируемых систем.- М.: Наука, 1967.- 984с.
3. Лизин В.Т., Пяткин В.А. Проектирование тонкостенных конструкций.- М.: Машиностроение, 1976. . 384с.
4. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем.- М.: Наука, 1987.- 352с.
5. Феодосьев В.И. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов.- М.: Наука, 1975.- 176с.
6. Филин А.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Т.3.- М.: Наука, 1981.- 480с.

Дополнительная:

7. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости.- М.: Физматгиз, 1961.
8. Григолюк Э.И., Кабанов В.В. Устойчивость оболочек.- М.: Наука, 1978. . 352с.
9. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек.- М.: Наука, 1971. . 808с.

В конце семестра проводится выставка-обзор учебной, научной и периодической литературы по устойчивости деформируемых систем.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

При изложении лекционного материала используются ЭСО, проекторы, компьютеры, ноутбуки. На кафедре накоплен большой объем материала на электронных носителях, обеспечивающий возможность демонстраций результатов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Программу составил: нач.НИ группы НИО-79 КБ-1,
доцент кафедры ТиЭМ, к.т.н.

Ю.А. Вяткин

Рецензент: заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов