

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
БАЛТИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И. КАНТА

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ОНК
«Институт высоких
технологий»

/Юров Артем Валерианович
« 03 » *кабине* 2023 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность *1.1.8 Механика деформируемого твердого тела*

Лист согласования

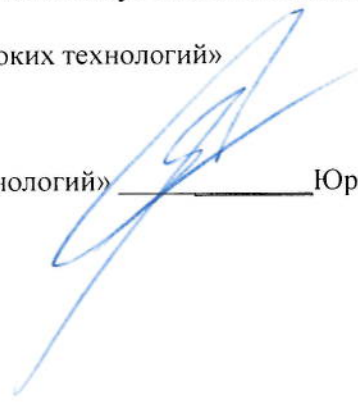
Составитель:

Великанов Н.Л., д.ф.-м.н., профессор, профессор ОНК «Институт высоких технологий»

Программа одобрена Ученым советом ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол № 11 от «03» ноября 2023 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий» _____ Юров А.В.



Главный специалист ЦПиАНПК _____



Козенкова Е.И.

Настоящая программа разработана для поступающих в аспирантуру на научную специальность *1.1.8 Механика деформируемого твердого тела*.

Абитуриенты, желающие освоить основную образовательную программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности *1.1.8 Механика деформируемого твердого тела*, должны ознакомиться с Правилами приема в Балтийский федеральный университет им. И. Канта на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

К освоению программ аспирантуры по научной специальности *1.1.8 Механика деформируемого твердого тела*, имеющие высшее образование, подтверждаемое присвоением им квалификации «специалист», «дипломированный специалист», «магистр», а также лица, имеющие базовое высшее образование (освоение программы сроком не менее 6 лет) или специализированное высшее образование, при выполнении одного из двух условий:

— образование релевантно группе научных специальностей 1.1. Математика и механика (в соответствии со Списком релевантности направлений подготовки по программам магистратуры и специалитета группам научных специальностей (научным специальностям) по программам аспирантуры в 2024 году, утверждённым Ученым советом БФУ им. И. Канта);

— имеется стаж работы в отрасли/должности, соответствующей группе научных специальностей 1.1. Математика и механика, сроком не менее 3 лет.

Целью вступительного испытания является оценка базовых знаний, поступающих в аспирантуру с точки зрения их достаточности для проведения научно-исследовательской деятельности по научной специальности *1.1.8 Механика деформируемого твердого тела*

Вступительное испытание по специальной дисциплине научной специальности *1.1.8 Механика деформируемого твердого тела* проводится на русском или английском языке по билетам в устной форме. Экзаменационный билет включает 2 вопроса из предлагаемого перечня, а также собеседование с членами экзаменационной комиссии, в ходе которого абитуриент обосновывает выбор научной специальности, выбор предполагаемого научного руководителя из числа преподавателей и научных работников университета, имеющих право осуществлять научное руководство аспирантами по соответствующей научной специальности, излагает профессиональные планы и цели подготовки и защиты кандидатской диссертации по выбранной научной специальности.

Содержание программы

Раздел 1. Механика сплошных сред

1. Элементы тензорного исчисления. Криволинейные координаты. Ковариантные, контравариантные и физические компоненты вектора.
2. Понятие о тензоре. Метрический тензор. Дискриминантный тензор и связанные с ним соотношения.
3. Алгебра тензоров. Простейшие свойства тензоров. Дифференцирование координатных векторов. Символы Кристоффеля. Ковариантное дифференцирование. Свойства ковариантного дифференцирования.
4. Основные дифференциальные и интегральные операции. Ортогональные координаты. Симметричный тензор второго ранга. Главные направления, главные значения и инварианты.
5. Общие положения механики сплошных сред. Понятие сплошного тела. Гипотеза

- сплошности. Физически и геометрически малый элемент.
6. Два способа описания деформации сплошного тела. Координаты Эйлера и координаты Лагранжа.
 7. Тензор деформации Грина. Геометрический смысл тензора деформации Грина. Вычисление тензора деформации Грина.
 8. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл тензора деформации Альманси. Вычисление тензора деформации Альманси.
 9. Условие совместности деформаций. Линеаризация тензоров деформаций и ее обоснование. Условие совместности малых деформаций. Формулировка условий совместности малых деформаций в цилиндрической и сферической системах координат.
 10. Вычисление тензоров малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.
 11. Распределение скоростей в элементе сплошного тела. Тензор скорости деформации.
 12. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы.
 13. Теорема о существовании тензора напряжений. Тензоры напряжений Коши, Пиола и Кирхгофа.
 14. Законы сохранения механики сплошных сред: уравнения баланса массы, момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии. Понятие об определяющих уравнениях. Простейшие классические среды.
 15. Энергетически сопряженные пары напряжений и деформаций. Поверхности разрыва в сплошных средах. Кинематические и геометрические условия совместности. Формулировка законов сохранения на поверхностях разрыва.
 16. Постановка задач механики сплошных сред. Упрощенные постановки: установившиеся процессы, уменьшение размерности по координатам, учет симметрии, автомодельность, линеаризация, замена граничных условий.

Раздел 2. Теория упругости

1. Упругий потенциал и дополнительная работа. Связи между напряжениями и деформациями для изотропной и анизотропной сред.
2. Симметрия матрицы упругих постоянных. Частные виды упругой анизотропии.
3. Удельная потенциальная энергия деформации и удельная дополнительная работа линейно-упругого тела.
4. Соотношение между напряжениями и деформациями при изменении температуры для изотропного тела.
5. Основные уравнения теории упругости. Общая постановка задачи. Постановка задачи в напряжениях. Постановка задачи теории упругости в перемещениях.
6. Дифференциальные уравнения равновесия и движения. Принцип Сен-Венана.
7. Пространственные задачи теории упругости. Задача Буссинеска о действии сосредоточенной силы на полупространство.
8. Задача Герца о сжатии упругих тел.
9. Задача о вдавлении осесимметричного штампа.
10. Функционалы. Возможные перемещения и изменения напряженного состояния. Вариационные принципы Лагранжа.
11. Вариационный метод Рэлея-Ритца решения задач теории упругости.
12. Метод Бубнова-Галеркина.
13. Упругие пластины. Основные гипотезы. Перемещение, деформации и напряжения в прямоугольных пластинах. Усилия и моменты.
14. Дифференциальные уравнения равновесия прямоугольных пластин. Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности пластины при действии поперечных и продольных сил. Граничные условия.
15. Частные случаи поперечного изгиба. Осесимметричный изгиб круглых пластин.

- Решение задач изгиба прямоугольных пластин.
16. Применение вариационных методов к расчету задач изгиба стержней и пластины. Потенциальная энергия. Вариационные уравнения и методы их решения.
 17. Упругие оболочки. Основные понятия и гипотезы. Элементы дифференциальной геометрии срединной поверхности оболочки.
 18. Деформации, напряжения, усилия и моменты в оболочках. Дифференциальные уравнения равновесия
 19. Безмоментная теория оболочки вращения. Краевые эффекты

Раздел 3. Теория пластичности

1. Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса. Идеализация диаграмм деформирования и нагружения. Законы упрочнения материалов при простом (пропорциональном) нагружении.
2. Физические законы сред, обладающих свойством пластического течения. Теории пластического течения. Ассоциированный закон пластического течения.
3. Физические законы пластически упрочняющихся сред. Теория малых упругопластических деформации.
4. Метод упругих решений и его разновидности (метод переменных параметров упругости, метод дополнительных деформации).

Раздел 4. Устойчивость элементов конструкций

1. Концепция устойчивости упругих систем. Устойчивость упругих и упругопластических сжатых стержней.
2. Выпучивание стержней за пределом упругости при продольном изгибе.
3. Теория устойчивости оболочек и пластины в пределах упругости.

Критерии оценивания уровня знаний

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по 100-бальной шкале. Максимальный балл за ответ на экзаменационный билет – 100. Минимальный балл, соответствующий положительной оценке – 50.

86-100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного материала, усвоил рекомендованную литературу; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет творческие способности в понимании и изложении материала. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, наличие научного задела по теме планируемого исследования, участия в исследовательских проектах, научных грантах, студенческих конкурсах.

66-85 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает достаточный уровень знаний в пределах основного материала; усвоил литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий при дополнительных вопросах экзаменатора. Допускает несущественные погрешности в ответах. В ходе собеседования устанавливается высокая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных

исследований по выбранной научной специальности и мотивированности к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры и ее защите.

50-65 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменатора. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует

0-49 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний. Экзаменуемый показывает пробелы в знаниях основного материала, допускает принципиальные ошибки в ответах, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки самостоятельно.

Основная и дополнительная литература

Основная литература

1. Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 532 с. — ISBN 978-5-8114-2603-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94741>
2. Паначев, И. А. Основы теории упругости и пластичности : учебно-методическое пособие / И. А. Паначев, И. В. Кузнецов, А. В. Покатилов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 107 с. — ISBN 978-5-906888-47-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105416>
3. Деформирование и разрушение твердых тел с микроструктурой/ А. М. Кривцов. - М.: Физматлит, 2007. - 304 с. - Библиогр.: с. 281-301 (334 назв.). - ISBN 978-5- 9221-0803-4: 40.00, 40.00, р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1)
4. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела/ А. О. Ватульян. - М.: Физматлит, 2007. - 223 с. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-9221- 0835-5: 70.00, 70.00, р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1)
5. Прямые и обратные задачи механики упругих композитных пластин и оболочек вращения/ С. К. Голушко. - М.: Физматлит, 2008. - 430, [2] с.: ил., граф., табл.. - (Механика). - Библиогр.: с. 407-430 (346 наз.). - ISBN 978-5-9221-0948-2: 181.00, 181.00, р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1)
6. Динамические задачи механики деформируемых сред/ Т. М. Платова. - Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1980. - 106 с.: ил.. - Библиогр. : с. 103-105 (45 назв.). - 0.85 р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1)
7. Механика деформируемых сред/ А. Зоммерфельд ; пер. с нем. Е. М. Лифшица. - Москва: Гос. изд-во иностр. лит., 1954. - 486 с.: ил.. - 1.74 р. Имеются экземпляры в отделах: всего 2: НА(2)
8. Юрьев, А. Г. Механика деформируемого твердого тела : учебное пособие / А. Г. Юрьев ; под редакцией А. Г. Юрьева. — Белгород : БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. — 194 с. — ISBN 978-5-361-00811-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162042>
9. Полонский, Владимир Львович. Расчет узлов и деталей машин методом конечных элементов [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Л. Полонский; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. — Электрон. текстовые дан. (1 файл : 5,08 МБ). — Санкт-Петербург, 2017. — Загл. с титул. экрана. — Доступ из локальной сети ФБ СПбГПУ (чтение). — Текстовый файл. — Adobe Acrobat Reader 7.0. —

<URL:<http://elib.spbstu.ru/dl/2/s16-284.pdf>>. — <URL:<http://doi.org/10.18720/SPBPU/2/s16-284>>.

10. Практикум по механике деформируемого твердого тела : учебное пособие / И. В. Кузнецов, И. А. Паначев, Ю. Ф. Глазков [и др.]. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2018. — 165 с. — ISBN 978-5-906969-70-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115133>

11. Цвик, Л. Б. Модельные задачи вычислительной теории упругости : учебно-методическое пособие / Л. Б. Цвик, В. М. Агафонов. — Иркутск : ИрГУПС, 2017. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134733>

12. Барашков, В. Н. Решение осесимметричной плоской задачи теории упругости и пластичности для тел вращения с учётом упругих и упругопластических деформаций : учебное пособие / В. Н. Барашков. — Томск : ТГАСУ, 2015. — 84 с. — ISBN 978-5-93057-692-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139002>

Дополнительная литература:

1. Теория надежности сложных систем: учеб. пособие для вузов/ В. А. Каштанов, А. И. Медведев. - 2-е изд., перераб. . - М.: Физматлит, 2010. - 608 с.: ил. - Библиогр.: с. 600-605 (109 назв.). - Предм. указ.: с. 606-608. - ISBN 978-5-9221-1132-4: 893.75, 893.75, р. Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N3(1)

2. Надежность технических систем: примеры и задачи : учеб. пособие для вузов/ С. И. Малафеев, А. И. Копейкин. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2012. - 313 с.: табл.. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 307-310 (50 назв.). - ISBN 978-5-8114-1268-6: 464.97, 464.97, р. Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N3(1)

3. Машиностроение: энцикл. в 40 т./ гл. ред. К. В. Фролов. - М.: Машиностроение, 2000 - . - ISBN 5-217-01949-2 Разд. 4: Расчет и конструирование машин.т. 4-3: Надежность машин/ ред.-сост.: В. В. Ключев, А. П. Гусенков ; отв. ред. К. С. Колесников. - 2003. - 592 с.: ил., табл. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 586-592. - ISBN 5-217-02884-X: 2400.00, 2400.00, р. Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N10(1)

4. Надежность в машиностроении / А. И. Кубарев . - Б.м., 1989. - Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N10(1)

5. Практикум по надежности технических систем: учеб. пособие для вузов/ Е. И. Лисунов. - 2-е изд., испр. и доп.. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015. - 238, [1] с.: ил., табл.. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 237-238 (35 назв.). - ISBN 978-5-8114-1756-8: 630.08, 630.08, р. Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N10(1)

6. Основы теории надежности и диагностика: учеб. для вузов/ Н. Я. Яхьяев, А. В. Кораблин. - М.: Академия, 2009. - 250, [1] с. - (Высшее профессиональное образование. Транспорт). - Библиогр.: с. 247-248 (32 назв.). - ISBN 978-5-7695-5734-7: 288.34, 288.34, р. Имеются экземпляры в отделах: ч.з.N10(1)

7. Новый подход к обеспечению надежности сложных систем/ В. М. Труханов. - М.: Спектр, 2010. - 246 с.: ил., табл.. - Библиогр.: с. 226 (12 нзв.) . - ISBN 978-5-904270-09-4: 137.00, 137.00, р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1)

8. Хлуднев, А. М. Задачи теории упругости в негладких областях/ А. М. Хлуднев. - М.: Физматлит, 2010. - 251 с.: ил., граф.. - Библиогр.: с. 248-251 [62 назв.]. - ISBN 978-5-9221-1230-7: 155.00, 155.00, р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1): Свободны: НА(1).

9. Метод конечных элементов в решении задач механики несущих систем: учеб. пособие для вузов/ И. Н. Серпик. - Москва: АСВ, 2015. - 200 с. - Библиогр.: с. 197- 200 (50 назв.). - ISBN 978-5-93093-0054-6: 450.00, 450.00, р. Имеются экземпляры в отделах: всего 23: УБ(22), ч.з.N9(1)

10. Ландау, Л. Д. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учеб. пособие для вузов/ Е. М. Лифшиц, Л. Д. Ландау. - М.: Наука, 1973 - Т. 7: Теория упругости. - 4-е изд., испр. и доп.. - 1987. - 246 с.: ил.. - 0.80 р. Имеются экземпляры в отделах: НА(2)

11. Физика прочности и пластичности/ А. Н. Коган; Мордов. гос. ун-т им. Н. П. Огарева. - Саранск: МГУ , 1977. - 105 с.: ил.. - Библиогр.: с. 103. - 0.46, р. Имеются

экземпляры в отделах: НА(1)

12. Устойчивость и пластичность: [в 2 т.]/ В. Г. Зубчанинов. - М.: Физматлит, 2007 - [Т.] 2: Пластичность. - 2008. - 336 с. - Библиогр. в конце разд.. - ISBN 978-5-9221- 0886-7: 135.00, 135.00, р. Имеются экземпляры в отделах: НА(1)

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Основные российские ресурсы

1. **«Национальная электронная библиотека»** (Договор с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1080 от 17 ноября 2015 г.). Срок действия: 1 год с автоматической пролонгацией.
2. **ЭБС Кантиана** (<http://lib.kantiana.ru/irbis/standart/ELIB>) Срок действия: бессрочно.
3. Научная электронная библиотека **eLIBRARY.RU** (Договоры с ООО «РУНЭБ» № SU-12-09/2014-1 от 12 сентября 2014 г. и № SU-23-12/2016/2/2113 от 29 декабря 2016 г.). Срок действия: 1 год, доступ сохраняется на сервере <http://elibrary.ru> в течение 9 лет после окончания срока обслуживания по гарантии.
4. **ЭБС «Лань»** (Договор с ООО «Издательство Лань» № 3014 от 28 декабря 2015 г. Срок действия: 1 год).
5. **ЭБС «Юрайт»** (Договор с ООО "Электронное Издательство ЮРАЙТ" № 2100 от 27.12.2016 г. Срок действия: 1 год).

Дополнительные российские электронные ресурсы и точечная подписка

1. **ЭБС «Айбукс.ру/ibooks.ru»** (Договоры с ООО «Айбукс» № 10-12/15к/3114 от 28 декабря 2015 г., № 14-10/15К/3115 от 25 декабря 2015 г. и № 14-12/16К/2098 от 28 декабря 2016 г. Сроки действия: 1 год).
2. **ЭБС «IPRbooks»** (Договоры с ООО «Ай Пи Ар Медиа» №1540/15/3113 от 01 декабря 2015 г. и № 2578/16 от 23 декабря 2016 г. Срок действия: 1 год).
3. **ЭБС «Университетская библиотека онлайн»** (Договор № 291-12/2016/2099 от 30 декабря 2016 г. Срок действия: 1 год).
4. **Электронная библиотека ИД «Гребенников»** (Договор ООО «ИД «Гребенников» № 05/ИА/17 от 19.01.2017 г. Срок действия: 1 год).
5. **ЭБС «Консультант студента»** (Договор с ООО «Политехресурс» № 36СЛ/05-2017/284 от 14 марта 2017 г. Срок действия: 1 год).
6. Учебные пособия **"Образовательно-издательского центра "Академия"** (Договор с ООО «Образовательно-издательский центр "Академия"» № 2851 от 15 декабря 2015 г. Срок действия: 5 лет).
7. База данных **ВИНИТИ РАН** (Договор с ВИНТИ РАН № 8Д/2017 от 21.02.2017 г. Срок действия: 1 год).