

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Липецкий государственный технический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по научной работе
и инновациям**



С.Е. Кузенков

марта 2022 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В АСПИРАНТУРУ**

Научная специальность:

1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Форма обучения: очная 4 года

г. Липецк – 2022 г.

Программа вступительных испытаний по специальной дисциплине, соответствующей направленности (профилю) программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – специальная дисциплина), разработанная на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования ступеней специалист и магистр, так как на обучение в аспирантуре имеют право только лица с высшим образованием указанных уровней.

Перечень направлений подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре определен приказом Министерством науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 г. № 118.

Цель вступительных испытаний – определить уровень знаний кандидата в аспирантуру по выбранному им профилю подготовки, оценить его способность использовать полученную за время обучения в ВУЗе информацию и знания для решения нестандартных проблем, а также проверить способность кандидата прослеживать и понимать структурные междисциплинарные связи его специальности/направления подготовки.

1. Требования к поступающим

При сдаче вступительных испытаний в аспирантуру кандидат должен продемонстрировать высокий уровень знаний по специальности/направлению подготовки, полученной им за время обучения в ВУЗе. Кандидат должен показать свободное владение основными понятиями по всем изученным специальным/профильным дисциплинам, а также умение выстраивать взаимосвязи между ними.

2. Содержание вступительных испытаний

Вступительные испытания проводятся в письменной форме по билетам. Каждый билет содержит 1 (один) вопрос по научной специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела» и 2 (два) вопроса по соответствующему профилю подготовки. Кандидат в течение 1,5 часов готовится к ответу. Затем члены приемной комиссии проверяют и обсуждают ответы кандидата на вопросы. На заключительном этапе проводится собеседование с кандидатом по содержанию его ответов. При необходимости кандидату могут быть заданы дополнительные вопросы.

3. Рекомендации по подготовке к вступительным испытаниям

При подготовке к вступительным испытаниям кандидату в аспирантуру следует проработать все приведённые в настоящей программе вопросы, стараясь использовать при этом как можно более современные источники информации (в том числе и публикации в научных периодических изданиях). Особое внимание необходимо обратить на установление взаимосвязей между отдельными вопросами, т. к. это будет способствовать лучшему усвоению информации при подготовке к вступительным испытаниям, а также позволит кандидату в аспирантуру показать свою компетентность в выбранной им области науки и

свое умение грамотно собирать, анализировать и интерпретировать информацию. В случае возникновения каких-либо трудностей кандидату в аспирантуру следует обратиться за консультацией либо к предполагаемому научному руководителю, либо на кафедру, которая принимает его в аспирантуру.

4. Перечень вопросов по вступительным испытаниям в аспирантуру

1. Предмет и метод механики деформируемого твердого тела. Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Физически и геометрически малый элемент. Однородные и неоднородные тела. Изотропные и анизотропные тела.
2. Два способа описания деформации сплошного тела. Переменные Эйлера и Лагранжа.
3. Тензор деформации Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Вычисление компонент тензора деформации Грина.
4. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Вычисление компонент тензора деформации Альманси.
5. Условия совместности конечных деформаций.
6. Обратимая и необратимая деформация. Разложение конечной деформации на обратимую и необратимую составляющие.
7. Малые удлинения и сдвиги. Линеаризация тензоров деформации и ее обоснование.
8. Условия совместности малых деформаций.
9. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.
10. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные (контактные) силы.
11. Теорема о существовании тензора напряжений.
12. Тензор напряжений Коши. Нормальное и касательное напряжение. Главные напряжения, главные оси напряжений, инварианты напряжений.
13. Постановка задач механики деформируемого твердого тела. Геометрически и физически нелинейные задачи. Принцип Сен-Венана.
14. Линейно упругое тело Гука. Тензор упругих модулей.
15. Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема единственности.
16. Вариационные принципы линейной теории упругости. Вариационный принцип Хеллинджера - Вашидзу. Вариационный принцип Рейсснера. Вариационный принцип Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно.
17. Действие сосредоточенной силы в неограниченной изотропной упругой среде. Тензор Грина.
18. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова—Мусхелишвили. Комплексное представление напряжений и пе-

- ремещений. Основные методы решения плоской задачи теории упругости. Задача Гриффитса.
19. Контактная задача Герца.
 20. Динамическая задача теории упругости. Волны в неограниченной изотропной упругой среде. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Отражение и преломление упругих волн различной поляризации. Коэффициенты отражения, трансформации и прохождения.
 21. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Частное Релея.
 22. Понятие об атермической пластичности. Кривая зависимости напряжение—деформация для металлов. Предел текучести и предел прочности. Влияние скорости нагружения. Динамический предел текучести.
 23. Критерий текучести начально изотропного тела. Поверхность и кривая текучести. Поверхность нагружения. Критерии Мизеса и Треска. Механические интерпретации критериев Мизеса и Треска.
 24. Ассоциированный закон течения. Свойство градиентальности приращения пластических деформаций.
 25. Граничная задача теории течения. Теорема единственности. Понятие о полном и неполном решении.
 26. Вариационные принципы теории течения для приращений напряжений и перемещений.
 27. Механизм пластического разрушения. Предельное равновесие. Коэффициент запаса. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия.
 28. Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей. Характеристики уравнений пластического плоского деформированного состояния. Интегралы Генки вдоль характеристик. Геометрические свойства поля скольжения. Теоремы Генки. Кинематические соотношения Гейрингер.
 29. Методы точной линеаризации уравнений пластического плоского деформированного состояния. Растяжение полосы с симметричными угловыми вырезами. Задача Прандтля.
 30. Пластическое плоское напряженное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей при условии пластичности Мизеса. Классификация и характеристики уравнений пластического плоского напряженного состояния. Растяжение пластины с симметричными угловыми вырезами (решение Соколовского—Хилла).
 31. Упругопластические волны в стержне. Плато остаточной деформации. Критическая скорость удара.
 32. Вязкость как фундаментальное реологическое свойство твердых тел. Сдвиговая и объемная вязкость.
 33. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Фойгта, модель Максвелла, модель Пойнтинга - Томсона. Модель Зинера. Кривые ползучести и релаксации. Время релаксации. Время запаздывания.

34. Закон наследственной упругости Вольтерра. Условие замкнутого цикла Вольтерра. Ядра ползучести и релаксации. Функции ползучести и релаксации. Спектры ползучести и релаксации. Сингулярные ядра наследственности.
35. Формулировка краевой задачи теории наследственной упругости. Принцип соответствия Вольтерра. Применение трансформации Лапласа к задачам теории наследственной упругости. Теорема единственности.
36. Вариационные принципы линейной наследственной упругости.
37. Построение определяющих уравнений для нелинейно вязкоупругих тел. Разложение Вольтерра—Фреше. Проблема неустойчивости. Упрощенные одномерные модели.
38. Понятие о ползучести. Типичные кривые ползучести. Установившаяся ползучесть. Ускоренная ползучесть. Эмпирические законы ползучести. Влияние температуры на ползучесть.
39. Основные классы определяющих уравнений ползучести: теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Потенциал ползучести. Различные упрощенные варианты определяющих уравнений.
40. Постановка краевых задач установившейся ползучести.
41. Вариационные принципы установившейся ползучести. Принцип минимума полной мощности. Принцип минимума дополнительного рассеяния. Примеры вариационной техники.
42. Расчет элементов конструкций в условиях ползучести: кручение, изгиб, антиплоский сдвиг.
43. Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности.
44. Поле напряжений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений. Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Силовой критерий разрушения упругого тела с трещиной.
45. Уравнение энергии упругого тела с распространяющейся трещиной. Скорость освобождения упругой энергии при распространении трещины.
46. Энергетический и силовой подходы в механике разрушения. Эквивалентность обоих подходов.
47. Инвариантный J-интеграл Эшелби—Черепанова—Раиса.
48. Узкая зона локализации пластических деформаций у вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного состояния. Модель трещины Леонова—Панасюка—Дагдейла.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

1. Вильке, В. Г. Теоретическая механика: учебник и практикум для вузов / В. Г. Вильке. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 311 с. — (Высшее образование). — Текст: электронный. — ЭБС Юрайт: <http://www.biblio-online.ru/bcode/450860>.

2. Учайкин, В. В. Механика. Основы механики сплошных сред. Задачи с указаниями и ответами: учебное пособие / В. В. Учайкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 320 с. — Текст: электронный // ЭБС Лань: <https://e.lanbook.com/book/101845>.

3. Полонский В. Л. Вычислительная механика: учеб. пособие / В.Л. Полонский. — Санкт-Петербург : Изд-во ФГФОУ ВО Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017. — 133 с. — Текст : непосредственный. — НЭБ Elibrary: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28139057>.

4. Магомедов, К. М. Сеточно-характеристические численные методы : учебное пособие для вузов / К. М. Магомедов, А. С. Холодов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 313 с. — (Высшее образование). — Текст: электронный. — ЭБС Юрайт: <http://www.biblio-online.ru/bcode/452202>.

5. Иванычев, Д.А. Плоские задачи теории упругости: учеб. пособие / Д.А. Иванычев. — Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2019. — 85с. — ЭБС Руконт: <https://lib.rucont.ru/efd/695255>.

6. Малинин, Н. Н. Расчеты на ползучесть элементов машиностроительных конструкций: учебное пособие для вузов / Н. Н. Малинин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 221 с. — (Высшее образование). — Текст : электронный. — ЭБС Юрайт: <http://www.biblio-online.ru/bcode/454132>.

7. Гусев, А. А. Механика жидкости и газа : учебник для вузов / А. А. Гусев. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 232 с. — (Высшее образование). — Текст: электронный. — ЭБС Юрайт: <http://www.biblio-online.ru/bcode/449821>.

8. Алексеев, Г.В. Механика жидкости и газа. Виртуальный лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / Г. В. Алексеев, М. В. Бондарева, И. И. Бриденко, А. И. Шашкин. — 2-е изд. — Москва: Издательство Юрайт, 2020. — 134 с. — (Высшее образование). — Текст: электронный. — ЭБС Юрайт: <http://www.biblio-online.ru/bcode/455926>.

9. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести : учебник для вузов / Н. Н. Малинин. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 402 с. — (Высшее образование). — Текст : электронный // ЭБС Юрайт: <https://urait.ru/bcode/454134>.

10. Стружанов В.В. Теория упругости: основные положения / В.В. Стружанов В.В., Н.В. Бурмашева. — Екатеринбург : Издательство УФУ им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина. — 2019. — 204 с. — НЭБ Elibrary: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37324048>.

6. Программное и коммуникационное обеспечение

Программа вступительных испытаний обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание представлено в сети Интернет или локальной сети вуза (факультета/института). Для поступающих в аспирантуру обеспечена возможность оперативного обмена информацией с отечественными и зарубежными вузами, предприятиями и организациями, обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

Автор(ы) д. ф.-м. н., проф. Пеньков В.Б.



Программа одобрена на заседании кафедры общей механики

«09» 03 2022 г., протокол № 6

Председатель ОПС



В.Б. Пеньков

«14» 03 2022 г., протокол № 4