МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной и инновационной
деятельности
_____ А.А. Артемьев
«___» _____ 2020 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

по специальной дисциплине

для поступающих на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика

профиль (направленность подготовки) 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела

Тверь, 2020

Программа вступительных испытаний по направлению подготовки аспирантов: 01.06.01 – Математика и механика (профиль (направленность подготовки), 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

разработана в соответствие с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) программам магистратуры.

Составители:

д.т.н., профессор В.Г. Зубчанинов

к.т.н., доцент А.П. Воронцов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности от «3» ноября 2020 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой сопротивления материалов, теории упругости и пластичности, ответственный за реализацию основной образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (направленность подготовки) 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

к.т.н., доцент А.П. Воронцов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник отдела аспирантуры и докторантуры О.И. Туманова

Начальник отдела комплектования зональной научной библиотеки О.Ф. Жмыхова

Требования к лицам, поступающим в аспирантуру

Лица, желающие освоить образовательную программу высшего образования – программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 01.06.01 – Математика и механика (профиль (направленность подготовки), 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

Лица, имеющие высшее образование, по направлениям специальностей строительного, механического и машиностроительного профиля принимаются в аспирантуру по результатам сдачи вступительных испытаний на конкурсной основе.

Содержание вступительного испытания

I Сопротивление материалов.

Основы курса. Предмет «Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности». Механическая модель материалов. Внешние силы, опоры и опорные реакции. Метод сечений. Внутренние силы и моменты. Напряжения и деформации. Тензоры напряжений и деформаций. Закон Гука и Пуассона. Обобщенный закон Гука. Фундаментальные гипотезы сопротивления материалов для брусьев и оболочек. Классификация их сопротивления деформированию и нагружению в общем случае. Дифференциальные зависимости Журавского и построение эпюр внутренних силовых факторов. Основные механические свойства материалов. Диаграммы деформирования при растяжении, сжатии, кручении. Анализ НДС (напряженно-деформированное состояние) при растяжении и чистом сдвиге. Два основных типа разрушения. Предельные и допускаемые напряжения.

1. Растяжение и сжатие стержней и стержневых систем.

Напряжения и деформации при растяжении и сжатии в статически определимых и неопределимых задачах. Потенциальная энергия. Температурные и начальные напряжения в статически неопределимых задачах. Определение перемещений узлов стержневых систем. Расчет на прочность стержневых систем по предельным упругим и пластическим состояниям.

2. Кручение стержней.

Кручение стержней сплошного и кольцевого круглых поперечных сечений. Кручение стержней сплошного некруглого поперечного сечения. Потенциальная энергия деформации. Кручение тонкостенных стержней открытого и закрытого профилей. Расчет на прочность и деформируемость винтовых пружин.

3. Геометрические характеристики плоских поперечных сечений стержней.

Понятие о геометрических характеристиках. Центральные координатные оси и центр тяжести сечения. Вычисление моментов инерции при параллельном переносе и повороте координатных осей. Главные оси и главные моменты инерции.

4. Прямой плоский изгиб балок.

Внутренние силы и моменты при изгибе. Классификация видов изгиба. Дифференциальные зависимости Журавского и построение эпюр внутренних силовых факторов. Напряжения и деформации в балках при чистом и поперечном изгибах. Потенциальная энергия деформации. Касательные напряжения в поперечном и продольном сечениях в балках. Касательные напряжения в балках прямоугольного и двутаврового сечениях. Сравнительная оценка максимальных нормальных и касательных напряжений. Касательные напряжения и силы в составных балках и условные расчеты крепежных элементов. Рациональная форма поперечных сечений балок. Анализ НДС в балках при изгибе.

5. Сложный изгиб балок.

Напряжения и деформации в балках при косом изгибе. Напряжения и деформации в балках при продольно-поперечном изгибе. Внецентренное растяжение и сжатие. Ядро сечения и расчеты на прочность. Изгиб тонкостенных балок с несимметричным поперечным сечением. Понятие центра изгиба. Случай швеллерного сечения. Изгиб кривого бруса. Расчет балок по предельному упругому и пластическому состояниям. Пластический шарнир.

6. Перемещения при изгибе балок.

Дифференциальное уравнение изогнутой упругой оси балки при прямом плоском изгибе. Прямой метод интегрирования. Метод начальных параметров интегрирования дифференциального уравнения изгиба балки. Метод сравнения для раскрытия статической неопределимости балок. Расчет статически-неопределимых балок по предельным упругому и пластическому состояниям. Изгиб балок переменного поперечного сечения.

7. Общие принципы и методы сопротивления материалов.

Обобщенные силы и перемещения в стержнях и стержневых системах. Потенциальная энергия деформации стержней в общем случае их нагружения. Вариационные принципы Лагранжа и Кастилиано для определения перемещений. Теоремы Лагранжа и Кастилиано. Формула Мора для определения перемещений в стержневых системах (фермах и рамах). Графоаналитический способ вычисления интегралов в формуле Мора. Теорема о взаимности работ и перемещений.

8. Применение общих методов сопротивления материалов к расчету стержней и стержневых систем.

Стержневые системы и их классификация в строительной механике и сопротивлении материалов. Кинематический анализ стержневых систем. Статически-неопределимые системы. Их расчет методом сил. Канонические уравнения. Использование геометрической симметрии при раскрытии статической неопределимости.

9. Устойчивость упругих систем.

Понятия об устойчивости равновесия упругих систем и методы их исследования на устойчивость и неустойчивость. Задача Эйлера об устойчивости сжатых стержней. Примеры расчета. Пределы применимости формулы Эйлера для определения критических сил. Устойчивость сжатых стержней на устойчивость за пределом упругости. Формулы Ясинского, Джонсона, Энгессера, Кармана для вычисления критических напряжений. Концепция Шенли и Ильюшина-Зубчанинова. Диаграммы критических и допускаемых напряжений. Практический метод расчета на устойчивость сжатых стержней. Продольно-поперечный изгиб сжатых стержней. Устойчивость сжатых стержней в условиях ограниченной ползучести. Длительная критическая нагрузка. Устойчивость плоской формы изгиба балок.

10. Динамика упругих систем.

Виды динамических нагрузок. Собственные и вынужденные колебания упругих систем с одной степенью свободы. Резонанс и колебательная неустойчивость. Ударное действие нагрузки. Метод Релея для систем с бесконечным числом степеней свободы. Поперечные колебания балки с бесконечным числом степеней свободы.

11. Прочность материалов при переменных напряжениях.

Основные характеристики цикла переменных напряжений. Явление усталости материалов и его механизм. Диаграмма усталостной прочности и понятие о пределе выносливости. Диаграмма предельных амплитуд. Коэффициент запаса прочности.

12. Сложное напряженно-деформированное состояние (НДС) в элементах конструкций и машин.

Частица тела и ее НДС. Тензоры напряжений и деформаций. Главные нормальные напряжения. Плоское НДС. Обобщенный закон Гука и различные формы общего положения. Формулы Коши. Нормальные и касательные напряжения на площадке общего положения. Эллипсоид напряжений Ламе. Главные напряжения и деформации в плоских задачах. Круги напряжений Мора. Главные касательные напряжения и параметр вида НДС Лоде. Напряжения на октаэдрических площадях. Простое (пропорциональное) и сложное нагружение.

13. Критерии прочности материалов при сложном НДС.

Постановка вопроса о прочности при сложном НДС. Эквивалентное напряжение. Закон упрочнения Роша и Эйхингера при простом нагружении. Критерии пластичности и прочности Сен-Венана и Мизеса. Законы теории малых упруго-пластических деформаций А.А. Ильюшина. Теория прочности Мора для хрупких материалов.

14. Простейшие задачи расчета на прочность при сложном НДС.

Изгиб с кручением стержней. Изгиб удлиненной прямоугольной пластины по цилиндрической поверхности. Расчет тонкостенной трубы при совместном растяжении,

кручении и внутреннем давлении. Расчет сферического купола на прочность при осесимметричном нагружении.

II Основы теории упругости и пластичности

1. Теория переменного НДС.

Тензоры и девиаторы напряжений и деформаций. Дифференциальные уравнения равновесия в поле переменных напряжений. Статические граничные условия. Дифференциальные соотношения Коши между малыми деформациями и перемещениями. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Обобщенный закон Гука и разные формы. Основные уравнения теории упругости.

2. Постановка решения задач теории упругости.

Общая постановка и постановка задач в напряжениях и перемещениях. Дифференциальные уравнения равновесия в форме Ламе. Уравнения Бельтрами. Принцип смягчения граничных условий Сен-Венана. Потенциальная энергия деформации. Полуобратный метод решения задач теории упругости. Кручение призматических стержней. Функция кручения Сен-Венана и функция напряжений Прандтля. Гармоническое уравнение. Кручение стержня эллиптического сечения.

3. Плоская задача теории упругости.

Плоское напряжение и деформированное состояние. Основные уравнения задачи в декартовых и полярных координатах. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение для функции напряжений и граничные условия. Обратный метод решения задач. Расчеты подпорной стенки и балки-стенки. Задача о растяжении полосы с малым отверстием. Концентрация напряжений. Другие частные задачи: расчет толстостенной трубы под внутренним давлением; расчет полуплоскости под действием сосредоточенной силы.

4. Теория изгиба и устойчивости упругих пластин.

Гипотезы Кирхгоффа для упругих пластин. Техническая теория изгиба прямоугольных пластин. Основные уравнения и граничные условия. Примеры расчета. Устойчивость прямоугольных пластин с шарнирным опиранием по контуру при сжатии в одном и двух направлениях.

5. Вариационные принципы и методы теории упругости.

Возможные перемещения и напряжения. Принципы Лагранжа, полной и дополнительной энергии Кастилиано. Метод Ритца и Бубнова-Галеркина. Применение этих методов к решению задач изгиба стержней и пластин.

6. Основы теории пластичности.

Основные уравнения теории малых упруго-пластических деформаций А.А. Ильюшина и теорий пластического течения Генки, Сен-Венана-Мизеса и Прандтля-Реисса.

Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Александров, А.В.
   Сопротивление материалов : учебник и практикум для академического бакалавриата : в 2 ч. Ч. 2 / Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. - 9-е изд. - Москва : Юрайт, 2019. - (Высшее образование). - ЭБС Юрайт. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-534-02162-2. Ссылка на ресурс:https://www.biblio-online.ru/book/soprotivlenie-materialov-v-2-ch-chast-2-444953 – (131431-1)
2. Александров, А.В.
   Сопротивление материалов : учебник и практикум для академического бакалавриата : в 2 ч. Ч. 1 / Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. - 9-е изд. - Москва : Юрайт, 2019. - (Высшее образование). - ЭБС Юрайт. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-534-01726-7. Ссылка на ресурс:https://www.biblio-online.ru/book/soprotivlenie-materialov-v-2-ch-chast-1-444948 – (131430-1)
3. Зубчанинов, В.Г. Основы теории пластичности : учеб. пособие / Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2018. - 115 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-0985-9 : 195 р. 50 к. – (132519-72)
4. Зубчанинов, В.Г. Основы теории пластичности : учеб. пособие / Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2018. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-7995-0985-9 : 0-00. Электронный документ(тип: zip, размер: 2316 Кб) – (132465-1)
5. Зубчанинов, В.Г. Сопротивление материалов : учеб. пособие. Кн. 2. - 2-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2005. - Сервер. - Текст : электронный. - ISBN 5-7995-0310-4 : [б. ц.]. Электронный документ(тип: zip, размер: 8193 Кб) – (58738-1)
6. Зубчанинов, В.Г. Сопротивление материалов : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Кн. 2. - 2-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2005. - 350 с. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 348 - 350. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0310-4 : 151 р. 20 к. – (57282-106)
7. Зубчанинов, В.Г. Сопротивление материалов : учеб. пособие : в составе учебно-методического комплекса. Кн. 1 / Тверской гос. техн. ун-т. - 2-е изд. - Тверь : ТвГТУ, 2003. - 224 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр. : с. 221 - 224. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0254-X : 103 р. 60 к. – (16589-104)

Дополнительная литература

1. Зубчанинов, В.Г. Механика процессов пластических сред : в составе учебно-методического комплекса. - М. : Физматлит, 2010. - 352 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-9221-1235-2 : 450 р. – (87616-12)
2. Зубчанинов, В.Г. Механика сплошных деформируемых сред : в составе учебно-методического комплекса. - Тверь : ТвГТУ : ЧуДо, 2000. - 703 с. : ил. - (УМК-У). - Библиогр.: с. 696 - 697. - CD. - Сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 200-00. – (8821-4)
3. Зубчанинов, В.Г. Основы теории упругости и пластичности : учебник для машиностроит. спец. вузов. - Москва : Высшая школа, 1990. - 368 с. : ил. - Библиогр. : с. 365 . - Текст : непосредственный. - ISBN 5-06-000706-5 : 11 р. 12 к. – (14451-249)

4. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальная пластичность. Кн. 1 : Процессы сложного деформирования / Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2003. - 170 с. : ил. - Библиогр. : с. 161 - 170. - ISBN 5-7995-0236-1 : 82 р. 20 к. – (14975-29)

5. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальная пластичность. Кн. 2 : Процессы сложного нагружения / Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2004. - 184 с. : ил. - Библиогр. : с. 179 - 183. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-7995-0267-1 : 88 р. 60 к. – (22264-4)
6. Александров, А.В. Сопротивление материалов : учебник для вузов / Александров А.В., Потапов В.Д., Державин Б.П. - 8-е изд. ; испр. - Москва : Студент, 2012. - 560 с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-4363-0030-6 : 1056 р. – (131890-2)
7. Александров, А.В. Сопротивление материалов : учебник для вузов / под ред. А.В. Александрова. - 3-е изд. ; испр. - Москва : Высшая школа, 2003. - 560 с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-06-003732-0 : 280 р. – (21392-2)
8. Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности : учебник для вузов. - Москва : Высшая школа, 1990. - 400 с. : ил. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-06-000053-2 : 1 р. 10 к. – (85209-152)
9. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учебник для вузов по напр. "Прикладная миханика" : в составе учебно-методического комплекса. - 15-е изд. ; испр. - М. : Московский гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, 2010. - (Механика в техническом университете. Т. 2). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7038-3418-3 : 309 р. – (87425-1)
10. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов : учебник для втузов. - 9-е изд. ; перераб. - Москва : Наука, 1986. - 512 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 1 р. 10 к. – (60525-637)

Программное и коммуникационное обеспечение

ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размешены:

http://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res

1. ЭБС "Лань": https://e.lanbook.com/
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": http://www.biblioclub.ru/
3. ЭБС «IPRBooks»: http://www.iprbookshop.ru/
4. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): http://urait.ru/
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY: http://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp?
6. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление) : [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНиПы и др.]. Диск 1, 2, 3, 4. - М. :Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст : электронный. - 119600 р. – (105501-1)
7. УМК размещен: http://cdokp.tstu.tver.ru/site.center/eniclookup.aspx?1ist=2

Периодические издания

1. Известия РАН. Механика твердого тела : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. Ссылка на ресурс:http://mtt.ipmnet.ru/ru/– (77137-1)

Международный научный журнал "Прикладная механика" на русском языке : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. – Ссылка на ресурс:http://pressa.rosp.ru/tvr.asp?tvr_code=18433 - (77679-1)

Форма проведения вступительного испытания и критерии оценки

Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в письменной или устной форме, с сочетанием указанных форм, или в иных формах, определяемых ТвГТУ (по билетам, в форме собеседования по вопросам, перечень которых доводится до сведения поступающих путем публикации на официальном сайте).

Уровень знаний оценивается экзаменационной комиссией утверждённой по соответствующему направленности (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по 5-балльной шкале (2 балла – «неудовлетворительно», 3 балла – «удовлетворительно», 4 балла – «хорошо», 5 баллов – «отлично»). Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему.

Оценка на вступительном испытании экзаменационной комиссией:

- 5 баллов - «отлично», если поступающий в аспирантуру показал глубокие знания по всем поставленным вопросам, грамотно и логично их излагает;

- 4 балла - «хорошо», если поступающий в аспирантуру твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответах на поставленные вопросы, представил ответы не в полном объеме (не менее 75%), либо в полном объеме, но с несущественными погрешностями и ошибками;

- 3 балла - «удовлетворительно», если поступающий в аспирантуру показывает знания только основных положений по поставленным вопросам, требует в отдельных случаях наводящих вопросов членов экзаменационной комиссии для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности; представил ответы не в полном объеме (не менее 50%) либо в полном объеме, но с существенными погрешностями и ошибками;

- 2 балла - «неудовлетворительно», если поступающий в аспирантуру допускает грубые ошибки в ответах на поставленные вопросы; представил ответы не в полном объеме (менее 50%).

Образец экзаменационного билета

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

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

вступительного испытания для поступающих на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (профиль (направленность подготовки), 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

1. Механическая модель деформируемой среды в сопротивлении материалов и теории упругости. Гипотеза сплошной среды. Принцип отвердевания и уравнений статики. Принцип малости деформаций.
2. Определить критическое напряжение для упругого сжатого стержня по формуле Мизеса
3 Главные оси и главные нормальные напряжения тензора напряжений. Характеристическое кубическое уравнения и его инварианты.