

ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского»
(ФАУ «ЦАГИ»)**



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ФАУ «ЦАГИ»

К.И. Сышало

« 03 » 04 2023 года

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по группе научных специальностей 2.5. «Машиностроение»

по научной специальности 2.5.14. «Прочность и тепловые режимы
летательных аппаратов»

Уровень образования: высшее образование – подготовка научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения – очная

Жуковский, 2023 г.

Программа сформирована на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.21 № 951 и номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.21 № 118.

Разработчики программы:

М.Ф. Гарифуллин, д.т.н., проф.


подпись

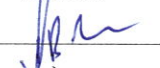
В.И. Гришин, д.т.н., проф.


подпись

Ф.З. Ишмуратов, д.т.н.


подпись

А.В. Панков



подпись

Согласовано:

Председатель научно-методического совета по аспирантуре
А.М. Гайфуллин, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН


подпись

Первый заместитель генерального директора
А.Л. Медведский, д.ф.-м.н., доц.


подпись

Область применения и нормативные ссылки:

Программа вступительного испытания сформирована на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.21 № 951 и номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.21 № 118.

Форма проведения испытания:

Вступительное испытание по группе научных специальностей 2.5. «Машиностроение» проводится в виде собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы из содержания испытания в письменном виде.

Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объема научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

Структура испытания:

Испытание состоит из ответов на вопросы в рамках программы вступительного испытания.

Критерии оценки результатов испытания:

Оценки	Критерии
Отлично	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы.
Хорошо	1. Даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы. 2. Ответы на вопросы даются полно, но логическая последовательность не всегда соблюдается.
Удовлетворительно	1. Даны в основном правильные ответы на вопросы. 2. Ответы на вопросы даются в основном полно, но при слабом логическом оформлении высказываний.
Неудовлетворительно	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками.

СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

1. ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

1.1. Элементы линейной алгебры

1. Векторы и операции над ними. Векторное пространство. Линейная зависимость и независимость векторов. Размерность, базис векторного пространства.
2. Матрицы и операции над ними. Ранг матрицы. Определитель квадратной матрицы, его свойства. Формулы Крамера для решения систем линейных алгебраических уравнений.
3. Системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), матричная запись СЛАУ. Решение системы линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса.
4. Линейное преобразование, матрица линейного преобразования. Преобразование координат. Изменение матрицы линейного преобразования при переходе к новому базису. Собственные векторы, собственные значения.

1.2. Математический анализ

1. Предел и непрерывность функций одной и нескольких переменных. Свойства функций непрерывных на отрезке.
2. Производная и дифференциал функций одной и нескольких переменных. Производные и дифференциалы высших порядков. Формула Тейлора для функции одной и нескольких переменных.
3. Экстремумы функции одной и нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия экстремума.
4. Неопределенный интеграл и его свойства. Основные методы интегрирования. Определенный интеграл и его свойства. Теорема о среднем. Интегрирование по частям. Основная формула интегрального исчисления. Несобственные интегралы.
5. Кратные интегралы и методы их вычисления. Теорема о замене переменных в кратном интеграле.
6. Вычисление массово-инерционных характеристик двумерных и трехмерных областей.
7. Криволинейные интегралы и методы их вычисления. Длина кривой.
8. Элементы теории векторного поля: операторы дивергенции, градиента, ротора, поток векторного поля через поверхность. Теорема Остроградского-Гаусса, формулы Грина, Стокса.

9. Числовые ряды. Свойства сходящихся рядов. Ряды с неотрицательными членами. Признаки сходимости (Даламбера, Коши, Гаусса). Абсолютная и условная сходимость числовых рядов.
10. Степенные ряды, радиус сходимости, теоремы Абеля. Действия над числовыми рядами. Ряды Тейлора для функции одной и многих переменных.
11. Функциональные ряды. Равномерная сходимость функционального ряда. Тригонометрические ряды Фурье.

1.3. Обыкновенные дифференциальные уравнения

1. Дифференциальные уравнения первого порядка. Уравнения с разделяющимися переменными. Линейное уравнение. Уравнения Бернулли, Клеро, Лагранжа. Общий, частный и особый интегралы уравнения.
2. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка. Свойства линейного однородного дифференциального уравнения. Линейная зависимость функций. Определитель Вронского. Фундаментальная система решений линейного однородного уравнения.
3. Линейное неоднородное дифференциальное уравнение. Принцип суперпозиции. Метод вариации постоянных.
4. Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и методы их решения.
5. Задача Коши и краевая задача для линейного дифференциального уравнения. Функция Грина краевой задачи.

1.4. Уравнения математической физики

1. Физические задачи, приводящие к уравнениям в частных производных первого и второго порядка. Постановка краевых задач.
2. Классификация уравнений в частных производных второго порядка. Приведение уравнений второго порядка с постоянными коэффициентами к каноническому виду.
3. Задача Коши. Формула Даламбера. Метод Фурье.
4. Задача Штурма-Лиувилля. Свойства собственных функций и собственных значений. Функция Грина.
5. Уравнение теплопроводности. Смешанная краевая задача. Принцип максимума.
6. Основные краевые задачи для уравнения Лапласа.
7. Функция Грина задачи Дирихле для уравнения Лапласа.

1.5. Теория функции комплексного переменного

1. Комплексные числа, комплексная плоскость, модуль и аргумент комплексного числа.

2. Элементарные функции комплексного переменного (линейная и дробно-линейная функции, экспонента и логарифм, степень с произвольным показателем, функция Жуковского, тригонометрические и гиперболические функции).
3. Предел и непрерывность функции комплексного переменного. Дифференцируемость, производная, условия Коши-Римана. Понятие аналитичности функции.

1.6. Вычислительная математика

1. Постановка задачи интерполирования. Интерполяционный многочлен Лагранжа.
2. Численное дифференцирование. Примеры построения формул численного дифференцирования.
3. Простейшие квадратурные формулы. Формулы трапеций и Симпсона. Квадратуры Гаусса и оценка их погрешности.
4. Приближенные методы решения систем линейных уравнений: метод простой итерации, метод градиентного спуска.
5. Метод Ньютона решения нелинейных задач.
6. Методы вычисления собственных значений и собственных векторов.
7. Методы прямого интегрирования по времени. Методы Эйлера и Рунге-Кутты решения задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка.
8. Методы прямого интегрирования уравнений второго порядка.
9. Приближенное решение краевой задачи: метод стрельбы, метод прогонки.
10. Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, устойчивость, сходимость. Простейшие разностные схемы для уравнений с частными производными.
11. Основы метода конечных элементов.
12. Основы метода граничных элементов.

2. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

2.1. Кинематика и динамика точки

1. Кинематика относительных движений.
2. Сложение ускорений.
3. Основные теоремы динамики точки.

2.2. Динамика твердого тела

1. Общие уравнения движения системы материальных точек.
2. Теоремы о движении центра масс твердого тела.
3. Внутренние и внешние силы.

4. Теорема количества движения.
5. Теорема моментов количества движения.
6. Теорема моментов в относительном движении по отношению к центру масс твердого тела.
7. Работа внешних сил.
8. Потенциальная энергия.
9. Кинетическая энергия.
10. Закон сохранения энергии.

2.3. Некоторые специальные вопросы

1. Реактивное движение.
2. Малые колебания системы с одной степенью свободы – период, частота, фаза и амплитуда.
3. Вынужденные колебания и резонанс.
4. Основные теоремы об ударе тел.
5. Понятие об устойчивости равновесия и движения.

2.4. Основы аналитической динамики

1. Связи и их классификация.
2. Обобщенные координаты.
3. Принцип Даламбера.
4. Принцип возможных перемещений и его применение.
5. Уравнения Лагранжа второго рода.

3. ПРОЧНОСТЬ. УСТОЙЧИВОСТЬ. КОЛЕБАНИЯ.

3.1. Основы теории упругости

1. Теории упругости, её задачи и методы. Механические свойства твердых деформируемых тел. Поверхностные и объемные силы. Граничные условия на поверхности. Типы граничных условий. Напряжения. Нормальные и касательные напряжения. Дифференциальные уравнения равновесия. Напряжения на наклонных площадках. Преобразование компонентов напряжений при переходе от одних координатных осей к другим. Главные напряжения. Инварианты напряженного состояния. Интенсивность напряжений. Интенсивность касательных напряжений. Максимальные касательные напряжения. Круги Мора.
2. Деформации. Способы кинематического описания деформируемого тела. Перемещения и компоненты деформаций. Геометрические соотношения Коши. Уравнения неразрывности деформаций Сен-Венана. Главные деформации. Интенсивность деформаций.
3. Изотропное, ортотропное и анизотропное тело. Композиционные материалы. Обобщенный закон Гука для изотропного и анизотропного тела.

Закон Гука в форме Ламе. Потенциальная энергия деформации. Работа упругих сил. Формула Клапейрона. Формулы Кастильяно. Формулы Грина.

4. Основные принципы теории упругости. Теорема Бетти о взаимности работ. Начало возможных перемещений Лагранжа. Принцип Кастильяно о возможных изменениях напряженного состояния. Принцип наименьшей работы. Принцип Сен-Венана.
5. Решение задачи теории упругости в перемещениях. Уравнения Ламе. Метод перемещений при постоянстве объемных сил. Уравнение Лапласа для объемной деформации. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Мичела. Теорема единственности Кирхгофа.
6. Упругое кручение стержней. Кручение круглого стержня постоянного сечения. Кручение прямолинейных стержней произвольной формы сечения. Функция депланации. Уравнения Лапласа и условия на поверхности. Уравнение Пуассона для функции напряжений. Граничные условия. Кручение стержня с эллиптическим поперечным сечением.

3.1. Основы теории пластичности, теории ползучести. Накопление усталостных повреждений.

1. Основы теории пластичности.
2. Основы теории ползучести.
3. Релаксация напряжений.
4. Обеспечение ресурса конструкций. Накопление усталостных повреждений. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Кривая Вёлера.

3.2. Строительная механика ферменных и рамных конструкций

1. Расчёт прямолинейных стержней. Поперечный изгиб балок. Сжато-изогнутые балки. Дифференциальные уравнения упругой линии сжато-изогнутого стержня. Их интегрирование. Применение тригонометрических рядов к исследованию сжато изогнутых балок.
2. Расчёт плоских и пространственных ферм и рам. Методы расчёта статически определимых систем. Определение усилий в стержнях и перемещений узлов фермы. Методы расчёта статически неопределимых плоских ферм и рам. Методы расчёта пространственных статически определимых и неопределимых ферм.

3.3. Пластины и оболочки

1. Основные уравнения теории тонких пластин. Гипотезы Кирхгофа. Цепные напряжения. Деформации, кривизны и усилия в гибких пластинах. Система уравнений для гибких пластин. Уравнение для жестких пластин. Уравнение для гибких пластин небольшого прогиба.

2. Потенциальная энергия деформации изогнутой пластины. Цилиндрический изгиб.
3. Расчет сферической и цилиндрической оболочек постоянной толщины.

3.4. Расчет тонкостенных конструкций

1. Изгиб тонкостенных открытых и замкнутых профилей.
2. Центр изгиба.
3. Метод редуцированных коэффициентов В.Н. Беляева.
4. Чистое кручение открытого тонкостенного профиля.
5. Мембранная аналогия Прандтля.
6. Кручение стержня узкого прямоугольного сечения.
7. Кручение тонкостенного стержня замкнутого профиля.
8. Теорема Стокса о циркуляции касательных напряжений.
9. Формулы Бредта. Кручение тонкостенных труб.
10. Стесненное кручение открытых и замкнутых профилей.
11. Дифференциальное уравнение для депланации поперечного сечения.

3.5. Устойчивость упругих систем

1. Устойчивость призматических стержней. Дифференциальное уравнение упругой линии. Определение критической нагрузки. Применение энергетического метода. Устойчивость плоской формы изгиба.
2. Устойчивость тонких пластин. Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности пластины. Энергетический критерий устойчивости. Устойчивость прямоугольной пластинки под действием сжимающих и сдвигающих сил.
3. Устойчивость составных стержневых конструкций. Общая и локальная формы потери устойчивости.

3.6. Колебания упругих систем

1. Малые колебания системы с одной степенью свободы, дифференциальное уравнение и его решение. Частота и период собственных колебаний. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Резонанс. Собственные вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при наличии линейного демпфирования. Логарифмический декремент колебаний и сдвиг фаз.
2. Колебания систем с n - степенями свободы, частоты и формы собственных колебаний. Вынужденные колебания.

3. Продольные, крутильные и изгибные колебания стержней постоянного сечения. Дифференциальные уравнения колебаний и методы их решений. Формы и частоты собственных колебаний стержней постоянного сечения.
4. Шимми.

3.7. Аэроупругость

1. Дивергенция крыла.
2. Изгибно-крутильный флаттер.
3. Реверс элеронов.
4. Рулевые формы флаттера.

3.8. Численные методы решения задач прочности, устойчивости и колебаний

1. Вариационные принципы в теории упругости и строительной механике. Метод Релея, Ритца. Методы Бубнова, Галёркина. Метод Канторовича-Власова. Конечно-разностный метод.
2. Метод конечных элементов. Полиномиальная интерполяция перемещений. Формирование конечно-элементных уравнений в локальной системе координат элемента. Преобразование координат. Сборка глобальной системы линейных уравнений. Методы решения системы линейных уравнений.
3. Методы последовательных приближений для определения частот и форм собственных колебаний стержней.
4. Решение нестационарных нелинейных задач. Методы прямого интегрирования дифференциальных уравнений (Эйлера, Рунге-Кутты, Ньюмарка и др.).

3.9. Экспериментальные методы исследований деформированного и напряженного состояния

1. Испытание материалов на растяжение, сжатие, сдвиг.
2. Методы тензометрии.
3. Метод лаковых покрытий.
4. Оптические методы измерений.
5. Определение форм и частот собственных колебаний конструкции.
6. Ресурсные испытания.
7. Испытания при повышенных температурах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдонин А.С. Расчет на прочность космических аппаратов. -М: Машиностроение, 1979. 198с.
2. Авдучевский В.С., Данилов Ю.И., Кошкин В.К. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетной технике. М.: Машиностроение, под общей редакцией проф. В.К. Кошкина, 1975. 624с.
3. Астахов М.Ф. Справочная книга по расчету самолета на прочность. М.: Оборонгиз, 1954. 702с.
4. Балабух Л.И., Алфутов Н.А., Усюкин В.И. Строительная механика ракет. М.: Высш. шк. 1984. 391с.
5. Бате К., Вилсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов: Пер. с англ. М.: Стройиздат, 1982. 448 с.
6. Бахвалов Н.С. Численные методы. М.: Наука, 1973. 632с.
7. Беклемишев, Д. В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры : Учеб. для вузов. / М. Лань, 2022. 448с.
8. Беляев Н.М. Соппротивление материалов М.: Наука, 1965. 856с.
9. Беляев Н.М. Методы теории теплопроводности. М.: Высшая школа, 1982.
10. Бойцов Б.В. Надежность шасси самолета. М.:Машиностроение,1976. 216с.
11. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. М.: Физматгиз, 1961. 340с.
12. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.:Машиностроение, 1984. 312с.
13. Бухгольц, Н.Н. Основной курс теоретической механики : учебное пособие : в 2 частях / Н. Н. Бухгольц. – 10-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. – Часть 1 : Кинематика, статика, динамика материальной точки – 2009. – 480 с.
14. Бухгольц, Н.Н. Основной курс теоретической механики : учебное пособие : в 2 частях / Н. Н. Бухгольц. – 10-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. – Часть 2 : Динамика системы материальных точек – 2016. – 336 с.
15. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности: Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 542с.
16. Васильев В.В. Механика конструкций из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1988. 272с.
17. Власов В.З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике. М.,Л.: Гостехиздат, 1949.784с.
18. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) / Т.1. Колебания линейных систем / Под ред. В.В. Болотина. М.: Машиностроение, 1978. 352с.

19. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) / Т.2. Колебания нелинейных механических систем / Под ред. И.И. Блехмана. М.: Машиностроение, 1979. 351с.
20. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) / Т.3. Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. Ф.М. Диментберга и К.С. Колесникова. М.: Машиностроение, 1980. 544с.
21. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) / Т.4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э.Э. Лавендела. М.: Машиностроение, 1981. 509с.
22. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) / Т.5. Измерения и испытания / Под ред. М.Д. Генкина. М.: Машиностроение, 1981. 496с.
23. Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.) / Т.6. Защита от вибрации и ударов / Под ред. К.В. Фролова, М.: Машиностроение, 1981. 456с.
24. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебнев В.И., Родченко Т.С. Сопротивление усталости элементов конструкций. М.: Машиностроение, 1990, 239с.
25. Горшков А. Г., Старовойтов Э. И., Тарлаковский Д. В. Теория упругости и пластичности. М.: Физматлит, 2002. 416с.
26. Демидович Б.П., Марон И.А. Основы вычислительной математики. М.: Наука, 1970. 664с.
27. Демидович Б.П. Сборник задач и упражнений по математическому анализу: Учеб. пособие. 13-е изд., испр. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 624с.
28. Замула Г.Н., Кретов А.С. Прочность высокотемпературных конструкций летательных аппаратов. Казань: Изд-во КГТУ, 2004. 468с.
29. Залетаев В.М., Капинос Ю.В. Расчет теплообмена космического аппарата. М.: Машиностроение, 1979.
30. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. 536с.
31. Илюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термоупругости. М.: Наука, 1970. 280с.
32. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978. 512с.
33. Кан С.Н., Свердлов И.А. Расчет самолета на прочность. М.: Машиностроение, 1966. 519с.
34. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969, 420с.
35. Лампер Р.Е. Введение в теорию нелинейных колебаний авиаконструкций. М.: Машиностроение, 1985. 88с.
36. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: «Высшая школа», 1967.
37. Макаревский А.И., Чижов В.М. Основы прочности и аэроупругости летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1982. 238с.
38. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. Учебник для студентов вузов. М., Машиностроение, 1975. 400с.

39. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1989. 608с.
40. Мяченков В.И., Григорьев И.В. Расчет составных оболочечных конструкций на ЭВМ: Справочник. М.: Машиностроение, 1981. 216с.
41. Образцов И.Ф., Савельев Л.М., Хазанов Х.С. Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1985. 392с.
42. Одинокоев Ю.Г. Расчет самолета на прочность. М.: Машиностроение, 1973. 392с.
43. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. Л.: Машиностроение, 1976. 320с.
44. Партон В. 3. Механика разрушения: От теории к практике. М.: Наука, 1990. 240с.
45. Пикулин В.П., Похожаев С.И. Практический курс по уравнениям математической физики. – 2-е изд., стереотип. – М.: МЦНМО, 2004. 208с.
46. Победря Б.Е. Численные методы в теории упругости и пластичности: Учеб. пособие. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ, 1995. 366 с.
47. Прочность летательных аппаратов и их агрегатов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов/ Е.П.Оболенский, Б.И.Сахаров, В.А.Сибиряков; Под ред. И.Ф.Образцова. М.:Машиностроение,1995. 504с.
48. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник: В 3 т. / Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. М.: Машиностроение, 1968. Т.1. 831с., Т.2. 463с.; Т.3. 568с.
49. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. М.: Наука, 1987. 80с.
50. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела : Учеб. пособие для вузов. М.: Наука, 1988. 712с.
51. Самарский А.А. Введение в численные методы. М.: Наука, 1982. 272с.
52. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие. – Изд. 23-е, стереотип. – М. : Наука, 1974. – Том 1. – 479 с. : ил.
53. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие. – Изд. 21-е, стереотип. – М. : Наука, 1974. – Том 2. – 656 с. : ил.
54. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие. – Изд. 10-е, стереотип. – М. : Наука, 1974. – Том 3. – Часть 1. – 324 с. : ил.
55. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие. – Изд. 9-е, стереотип. – М. : Наука, 1974. – Том 3. – Часть 2. – 671 с. : ил.
56. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М. : Наука, 1974. – Том 4. – Часть 1. – 336 с.
57. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие :. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М. : Наука, 1981. – Том 4. – Часть 2. – 551 с.
58. Смирнов, В. И. Курс высшей математики : учебное пособие. – М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. – Том 5. – 656 с.
59. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний : Учеб. для вузов. – 3-е изд. – Спб.: Изд-во «Лань», 2021 – 440 с.

- 60.Теребушко О.И. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. для студентов вузов. М.: Наука, 1984. 320с.
- 61.Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / Пер. с англ. М.: Наука, 1967. 444с.
- 62.Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ. / Под ред. Г.С. Шапиро. – 2-е изд. – М.: Наука, 1979. 560с.
- 63.Феодосьев В.И. Соппротивление материалов. М.: Наука. 1986. 512с.
- 64.Феодосьев В.И. Прочность теплонапряженных узлов жидкостных ракетных двигателей. М. ОБОРОНГИЗ, 1963. 212с.
- 65.Фершинг Г. Основы аэроупругости / Пер. с нем. под ред. Г.М.Фомина. М.: Машиностроение, 1984. 600с.
66. Фигуровский В.И. Расчет на прочность беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973. 356с.
- 67.Филиппов А.П. Колебания деформируемых систем. М.: Машиностроение, 1970. 736с.
- 68.Хемминг Р.В. Численные методы. М.: Наука, 1968. 398с.
- 69.Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена / Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 544с.
- 70.Шклярчук Ф.Н. Колебания и аэроупругость летательных аппаратов: Учебн. пособие. М.: МАИ, 1981. 89с.
- 71.Шклярчук Ф.Н. Аэроупругость самолета. М.: МАИ, 1985. 76с.
- 72.Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Часть II. Динамика. М.: Высшая школа, 1966. 411с.