

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Иркутский государственный университет путей сообщения»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО ИРГУПС



А.В. Димов

« _____ » 2024г.

**ПРОГРАММА
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВСТУПИТЕЛЬНОМУ ИСПЫТАНИЮ
В АСПИРАНТУРУ**

подготовки научных и научно-педагогических кадров
в аспирантуре на 2025-2026 учебный год

1. Естественные науки

1.1 Математика и механика

1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

составлена в соответствии с требованиями Федерального закона Российской Федерации от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 20.10.2021г. № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)», Положением утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122 «О подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)», Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) от 24.02.2021г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом министерства образования и науки Российской федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093» и Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.08.2021 г. № 721 «Об утверждении порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре».

Предлагаемая программа вступительного испытания позволяет обеспечить подготовку поступающих на обучение по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин.

Программу составил:

д.т.н., профессор



А.А. Пыхалов

Программа обсуждена, согласована и одобрена на заседании кафедры «Физика, механика и приборостроение»

Протокол от «18» декабря 2024 г. № 6

И.о. зав. кафедрой ФМиП



С.В. Пахомов

Введение

На основе вступительного испытания по специальной дисциплине определяется, насколько свободно и глубоко поступающие владеют теоретическими и практическими знаниями, соответствующими программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре. Программа составлена в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) программам магистратуры.

Настоящая программа основана на положениях следующих дисциплин: математика, физика, аналитическая механика и теория колебаний, динамика и устойчивость механических систем, теория упругости, статистические методы и теория надежности, экспериментальные методы в механике.

1. Цели и задачи вступительного испытания

Целями проведения вступительных испытаний являются:

- определение уровня теоретической и практической подготовленности в области теоретической механики и динамики машин лиц, поступающих в университет;
- объективная оценка их способностей к прохождению обучения по выбранной программе высшего образования;
- создание условий для проведения конкурса поступающих при приеме на обучение в Университет.

Задачами проведения вступительного испытания по научной специальности

1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин является:

- проверить уровень знаний, умений и навыков поступающего в области теоретической механики, динамика машин;
- определить склонность к научно-исследовательской работе;
- выявить мотивы поступления в аспирантуру;
- определить круг научных интересов;
- определить уровень научно-практической эрудиции поступающего.

2. Форма проведения и продолжительность вступительного испытания

Вступительные испытания по специальной дисциплине осуществляется в форме устного экзамена (очно и/или с использованием дистанционных технологий) с использованием билетов, содержащих контрольные задания из разных ключевых областей.

Ориентировочная продолжительность экзамена – 60 мин.

3. Вопросы к вступительному испытанию Теоретическая механика, динамика машин

Раздел 1. Теоретическая механика

- Теоретическая механика в инженерных науках, основные разделы.
- Законы Ньютона.
- Основные понятия статики, плоская система сходящихся сил.
- Условие равновесия системы пространственных сил.
- Центр тяжести, понятие об устойчивости механической системы.
- Принцип освобожденности от связей.

- Задачи статически определимые и статически не определимые.
- Основные понятия кинематики, естественный закон движения точки.
- Декартова система координат, кинематические графики.
- Простейшие движения твердого тела.
- Сложное движение точки.
- Элементы кинематики простейших механизмов.
- Понятие о мгновенном центре скоростей.
- Основные понятия динамики движения, связи.
- Дифференциальное уравнение движения материальной точки.
- Работа и мощность, коэффициент полезного действия.

Раздел 2. Теория колебаний и устойчивости движения

- Уравнения Лагранжа второго рода для голономных и неголономных систем.
- Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы.
- Диссипативная функция Рэлея.
- Функция Гамильтона.
- Принцип Гамильтона-Остроградского.
- Колебания линейных систем с конечным числом степеней свободы.
- Малые собственные колебания консервативных систем.
- Формула Рэлея.
- Свойства собственных частот и форм колебаний.
- Вынужденные колебания линейных систем.
- Теория нелинейных колебаний.
- Автоколебательные системы.
- Предельные циклы и их устойчивость.
- Вынужденные и параметрические колебания нелинейных систем.
- Предельные состояния при колебаниях. Отстройка от резонансов. напряжений.

Раздел 3. Динамика упругих систем

- Принцип Гамильтона-Остроградского для упругих систем.
- Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний упругих стержней.
- Уравнения колебаний упругих пластин и оболочек.
- Свойства собственных частот и форм упругих систем.
- Вариационные принципы в теории свободных колебаний.
- Методы определения собственных частот и форм упругих систем (вариационные, численные, конечных элементов).
- Вынужденные и затухающие колебания упругих систем.
- Упругие волны в неограниченной упругой среде.
- Волны расширения и волны сдвига. Дисперсионные уравнения.
- Фазовая и групповая скорости.
- Поверхностные волны Рэлея.

Раздел 4. Динамика машин

- Усилия, действующие в машинах, и их передача на фундамент.
- Колебания вращающихся валов с дисками.
- Влияние конструктивных факторов (податливость опор, форма сечения вала) на критические частоты вращения тел (роторных систем).
- Влияние силовых факторов (гироскопические эффекты, сила тяжести, различные виды трения) на критические частоты вращения тел (роторных систем).
- Методы статической и динамической балансировки.

- Динамические процессы в гидравлических и пневмогидравлических машинах.
- Методы расчета аэрогидродинамических колебательных процессов.
- Активная и пассивная виброзащиты.
- Каскадная виброизоляция.
- Виброакустика машин.
- Источники и траектории виброакустических волн.
- Методы виброакустической защиты машин.
- Ударные нагрузки. Определение коэффициентов динамичности при ударе.
- Защита от ударных воздействий.
- Методы и средства динамических испытаний машин.

Раздел 5. Статистическая динамика и теория надежности машин.

- Задачи статистической динамики.
- Линейные системы и методы анализа статистической динамики.
- Понятие о нелинейных задачах статистической динамики.
- Случайные колебания в линейных и нелинейных системах.
- Основные понятия теории надежности.
- Функции распределения теории надежности.
- Связь между надежностью и долговечностью.
- Надежность составных систем.
- Резервирование в теории надежности.
- Оценки вероятности редких выбросов и для функции надежности.
- Правило суммирования повреждений и его применение для оценки надежности машин.
- Применение теории случайных функций к расчету надежности машин.

Раздел 6. Численные методы расчетов динамики машин.

- Роль компьютерных технологий в расчетах и исследованиях динамики.
- Понятие о проблемах автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования.
- Метод конечных разностей в решении уравнений динамики машин.
- Вариационно-энергетический подход метода перемещений теории упругости.
- Метод конечных элементов и его реализация для задач динамики машин.
- Метод граничных элементов.
- Алгоритмы и программы, языки, операционные системы и вычислительная техника для численного решения задач.

Раздел 7. Экспериментальные методы исследования динамики машин.

- Определение механических свойств материалов.
- Назначение и основные типы механических испытаний материалов.
- Испытательные машины, установки и стенды.
- Метод тензометрии напряженно-деформированных состояний.
- Поляризационно-оптический метод. Применение фотоупругих и лаковых тензочувствительных покрытий. Оптическая и голографическая интерферометрия.
- Виброметрические измерения.
- Типы приборов и датчики для измерения динамических процессов.
- Обработка результатов вибрационных и динамических испытаний.
- Спектральный анализ виброграмм.
- Термометрия. Электрические, оптические и тепловизионные измерения тепловых полей.
- Диагностика и дефектоскопия материалов и деталей.

– Оптические, ультразвуковые, рентгеновские и тепловые методы технической диагностики и дефектоскопии.

4. Примерные темы рефератов

1. Методы расчета ферм и других конструкций при подвижной нагрузке.
2. Применение методов графостатики в расчетах плоских конструкций машин.
3. Матричные методы расчета равновесия конструкций под действием пространственной системы сил.
4. Проблемы устойчивости движения манипуляционных роботов.
5. Применения принципа Даламбера в инженерных расчетах сложных многомассовых систем.
6. Исследования динамики центробежных регуляторов в автоматических системах управления.
7. Исследование гироскопического эффекта в механических системах с инерционными движителями.
8. Динамическое моделирование колебательных систем силового агрегата.
9. Исследование крутильных колебаний многомассовых систем.
10. Моделирование вынужденных крутильных колебаний судовых валопроводов с двигателем.
11. Определение параметров упруго-амортизационной системы.
12. Роль инерции в теории и практике машиностроения и транспорта.
13. Исследования движения тел переменной массы, моделирующих машины различного назначения.
14. Исследование динамики реактивного судна.
15. Устойчивость движения твердого тела и системы с точки зрения классической механики и синергетики.
16. Ударные явления в динамике транспортных средств.
17. Исследование колебаний механических систем со многими степенями свободы.
18. Исследование динамики механических систем, на которую воздействуют кратковременные нагрузки.
19. Вопросы механики управляемого тела – программные законы движения транспортных средств без управления человеком.
20. Избранные вопросы теории автоколебаний и параметрического резонанса.
21. Определение резонансных зон транспортных систем в различных режимах его движения.
22. Выявление колебаний в плоских рычажных механизмах.
23. Динамические уравнения объектов в криволинейных координатах.
24. Применение принципов динамики при исследовании движения механических систем со многими степенями свободы.
25. Исследование движения тел в жидкой и газообразной среде.
26. Понятие устойчивости равновесного состояния дискретных динамических систем. Метод функций Ляпунова в определении устойчивости.
27. Устойчивость линейных динамических систем. Критерий Рауса-Гурвица.
28. Устойчивость по первому приближению нелинейных динамических систем. Графо-аналитический метод D-разбиения анализа устойчивости динамических систем.

29. Виды колебательных движений. Свободные, вынужденные, параметрические и автоколебательные движения. Примеры.

30. Нелинейный гармонический осциллятор. Уравнение Дуффинга. Метод Крылова-Боголюбова.

31. Классификация дифференциальных уравнений с частными производными 2-го порядка.

32. Начальные и граничные условия для дифференциальных уравнений в частных производных. Типы краевых задач. Внешние и внутренние задачи.

33. Каноническая форма уравнений в частных производных 2-го порядка. Уравнение Лапласа, Пуассона, Гельмгольца. Типы краевых задач для них.

34. Оператор Лапласа в прямоугольных, цилиндрических и сферических координатах.

35. Формулы Грина для уравнения Лапласа. Гармонические функции. Интегральное представление решения внутренней задачи.

36. Уравнение малых поперечных колебаний струны. Задачи и решение Даламбера.

37. Уравнение малых поперечных колебаний струны. Задачи и решение Фурье.

41. Уравнение малых продольных колебаний стержня. Задачи и решение Фурье.

38. Сферические функции. Производящая функция и рекуррентное соотношение для полиномов Лежандра.

39. Задачи и законы небесной механики.

40. Численные методы решения задач математической физики. Точность, устойчивость, сходимость. Примеры.

41. Метод Рунге-Кутты для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

42. Конечно-разностный метод решения задач математической физики. Явные и неявные схемы, их преимущества и недостатки.

43. Метод конечных элементов для решения задач математической физики. Основные идеи и схемы реализации.

44. Метод конечных элементов для решения задач математической физики. Использование МКЭ в задачах расчета динамики машин.

45. Метод граничных интегральных уравнений для решения задач математической физики. Основные идеи и схемы реализации.

46. Принципы имитационного моделирования.

5. Оценивание результатов вступительного испытания

Критерии и шкала оценивания выполнения заданий экзаменационного билета

Номер задания	Критерии оценивания	Баллы по заданиям
1-3	Поступающий правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Отличный (от 27-33.3)
	Поступающий с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания.	Базовый (от 20-26)

	Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	
	Поступающий с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный (от 13-19)
	Поступающий при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Низкий (менее 13)

Шкала оценивания уровня подготовленности к обучению по результатам вступительного испытания

Общий балл за вступительное ис- пытание	Уровень подготовленности к обучению	Характеристика уровня подготовленности
80 – 100	Отличный	Поступающий отлично подготовлен для дальнейшего обучения в аспирантуре по научной специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин.
60 – 79	Базовый	Поступающий показал хороший уровень подготовки для поступления в аспирантуру в аспирантуре по научной 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин.
40 – 59	Минимальный	Поступающий обладает минимальным уровнем компетентностей, необходимых для обучения в аспирантуре по научной специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин.
0 – 39	Низкий	Поступающее лицо не готово к обучению в аспирантуре по научной специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин.

6. Порядок проведения вступительных испытаний

Вступительное испытание по специальной дисциплине научной специальности 1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин проводится в соответствии с графиком проведения вступительных испытаний в период работы приемной комиссии.

Подготовка и проведение вступительного испытания осуществляется предметной комиссией по научной специальности, назначаемой приказом ректора университета.

Варианты экзаменационных билетов для проведения вступительных испытаний по специальной дисциплине разрабатываются председателем предметной комиссии по научной специальности и подписываются ректором университета не позже чем за месяц до начала вступительных испытаний. Варианты экзаменационных билетов для конкретной группы (потока) кандидатов должны выдаваться председателю предметной комиссии в день проведения испытания.

На вступительные испытания кандидат должен прибыть с паспортом (либо документом, заменяющим паспорт). Перед началом вступительного испытания поступающий выбирает экзаменационный билет, ему выдается экзаменационный лист, который поступающий должен подписать, и листы устного опроса. На листах устного опроса в верхнем правом углу поступающий должен записать номер группы (потока), с которой он прибыл на вступительные испытания, номер варианта экзаменационного билета и свою фамилию с инициалами (либо номер СНИЛС). Все отмеченные документы необходимо сдать после прохождения вступительного испытания.

На подготовку к ответу традиционно выделяется 40 минут. После чего поступающий вызывается экзаменационной комиссией для ответа.

Во время проведения вступительного испытания абитуриент может покинуть аудиторию только один раз не более чем на 5 минут по разрешению экзаменатора.

Во время проведения вступительного испытания абитуриентам запрещается:

- общаться с другими абитуриентами;
- самовольно пересаживаться на другие места в экзаменационной аудитории;
- использовать какие-либо вспомогательные и справочные материалы, не разрешенные предметными экзаменационными комиссиями (учебники, методические пособия, справочники и др.);

- иметь при себе мобильные телефоны и иные средства связи, электронно-вычислительную технику (планшеты, ноутбуки и т. п.);

- выносить за пределы аудитории экзаменационный лист и листы устного опроса.

По окончании ответа поступающего экзаменационная комиссия составляет Протокол, в который заносится краткая характеристика и оценка ответов кандидата на каждый вопрос, и выставляется общая оценка за вступительное испытание. Результаты вступительного испытания заносятся в экзаменационную ведомость и выставляются на сайт университета.

В случае если поступающий не набирает минимального порогового количества баллов, считается, что экзамен он не сдал и не может принимать дальнейшее участие в конкурсе. Поступающие, не прошедшие вступительные испытания по уважительной причине (болезнь или иные обстоятельства, подтвержденные документально), допускаются к проведению вступительного испытания в другой группе или в резервный день в соответствии с расписанием проведения вступительных испытаний.

Спорные вопросы, возникшие при проведении вступительного испытания, разрешаются апелляционной комиссией. Заявление (апелляция) о нарушении порядка проведения вступительного испытания и/или несогласие с результатами вступительного испытания, подается поступающим лично на следующий день после объявления итоговой оценки вступительного испытания.

Порядок проведения дистанционного компьютерного тестирования

Платформами для проведения дистанционных вступительных испытаний являются корпоративная платформа Microsoft Teams и системы электронного обучения Moodle.

Перед выполнением компьютерного теста проводится процедура аутентификации личности поступающего, то есть осуществляется проверка подлинности пользователя путём сравнения введённого им пароля с паролем в базе данных пользователей.

Затем осуществляется визуальная (экспертная) идентификация личности поступающего посредством установления визуального соответствия личности обучающегося документам, удостоверяющим его личность.

Выполнение компьютерного теста осуществляется при экспертном видео-прокторинге, то есть при помощи визуального контроля за ходом дистанционного испытания посредством видеосвязи.

При отсутствии у обучающегося в комплектации компьютера веб-камеры и микрофона, экспертные идентификация личности и видео-прокторинг могут проводиться с помощью мобильного телефона с использованием мобильных версий указанных выше платформ.

7. Список литературы для подготовки к экзамену

Основная литература

1. Яблонский А.А., Никифорова М.В. Курс теоретической механики. -Ч.1. М. - 1971 и последующие издания.
2. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. -Ч.2. М. -1971 и последующие издания.
3. Тарг С.М. Курс теоретической механики. М. -1963 и последующие издания.
4. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. М.: Высш. шк., 1972.
5. Артоболовский И. И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988.
6. Теория механизмов и механика машин / К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.; Под ред. К.В. Фролова. М.: Высш. шк., 1998.
7. Крайнев А. Ф. Механика машин: Фундаментальный словарь. М.: Машиностроение, 2000. (2-е изд. 2001).
8. Степанов А.Г., Корняков М.В. Динамика машин. -2014. Екатеринбург:УрО РАН, -2014.
9. Коловский М.З. Динамика машин. –Л.: Машиностроение. 1989.
10. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975.
11. Бахвалов Н.С. Численные методы. –М.: Наука, 1973.
12. Данилина Н.И. и др. Численные методы. –М.: Высш. Шк., 1976.

Дополнительная литература

1. Конструирование машин. Т. 1, 2. М.: Машиностроение, 1994.
2. Испытательная техника. Т. 1, 2. М.: Машиностроение, 1982.
3. Когаев В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Основы проектирования машин. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. М.: Машиностроение, 1985.
4. Кинематика, динамика и точность механизмов/Под ред. Г.В. Крейнина. М.: Машиностроение, 1984.
5. Решетов Л.Н. Самоустанавливающиеся механизмы. Справочник. М.: Машиностроение, 1985.
6. Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении. М.: Машиностроение, 1972.
7. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1990.
8. Щепетильников В.А. Уравновешивание механизмов. М.: Машиностроение, 1982.
9. Вибрации в технике: Справочник. М.: Машиностроение, 1998.

10. Справочник по триботехнике. В 3 т. / Под общей ред. М. Хебды и А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение; Варшава: ВКЛ, 1989 - 1992.
11. Дроздов Ю.Н., Павлов В.Г., Пучков В.Н. Трение и износ в экстремальных условиях. М.: Машиностроение, 1986.
12. Механика машин: Учебн. пособие для втузов / Под ред. Г.А. Смирнова. М.: Высш. шк., 1996.
13. Пейсах Э.Е., Нестеров В.А. Система проектирования плоских рычажных механизмов. М.: Машиностроение, 1988.
14. Машиностроение: Энциклопедия. Т. 1 – 3, кн. 1, 2. М.: Машиностроение, 1994–1995.