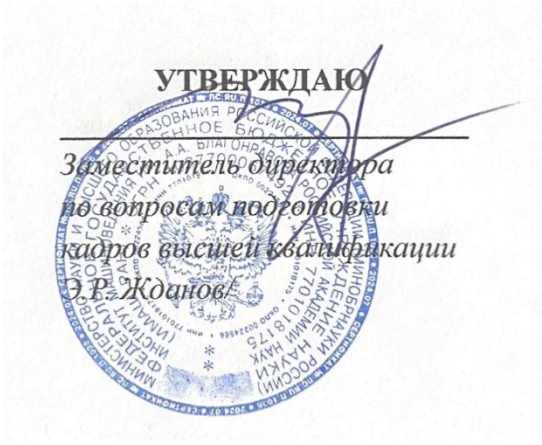
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук



ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
по специальности
1.1.7 Теоретическая механика, динамика машин

Москва
2026

1. Общие положения

Настоящая программа вступительного экзамена по научной специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин» (далее — Программа) разработана в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования — программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет содержание, структуру и требования к уровню знаний поступающих.

Программа предназначена для лиц, поступающих в аспирантуру по научной специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин», а также для лиц, прикрепленных для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук в порядке экстерната, и распространяется на все формы обучения.

Целью вступительного экзамена является определение уровня теоретической подготовки и готовности поступающего к проведению самостоятельной научно-исследовательской работы в области теоретической механики и динамики машин. Экзамен направлен на выявление:

- глубины знаний фундаментальных разделов теоретической, аналитической и прикладной механики;
- понимания современных методов математического моделирования механических систем;
- владения методами анализа прочности, устойчивости, колебаний и надёжности машин и механизмов;
- знакомства с современными численными и экспериментальными методами исследования динамических процессов;
- способности применять теоретические знания для решения актуальных научных и научно-технических задач.

Программа разработана в соответствии со следующими нормативными правовыми актами и локальными документами:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2014 № 975 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени кандидата наук и доктора наук в Российской Федерации» (в части научной специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин»);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 11.10.2021 № 924 «Об утверждении паспорта научной специальности 1.1.7 "Теоретическая механика, динамика машин"»;
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 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)»;

- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.01.2017 № 13 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;
- Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.03.2014 № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня»;
- Положение о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре ИМАШ РАН;
- Положение о кандидатском экзамене ИМАШ РАН.

Содержание Программы соответствует Паспорту научной специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин» и охватывает следующие основные направления научных исследований:

- общие вопросы теоретической механики и аналитической механики;
- динамика, колебания и устойчивость механических систем;
- динамика машин, механизмов, приборов и аппаратуры;
- механика управляемых движений;
- численные и экспериментальные методы исследования в механике.

Знания и умения, формируемые в результате освоения настоящей Программы, являются базовыми для дальнейшего прохождения вступительных испытаний, зачисления в аспирантуру и успешной реализации индивидуального плана подготовки диссертационного исследования.

2. Форма и порядок проведения вступительного экзамена

Проведение вступительного экзамена осуществляется в форме открытого заседания экзаменационной комиссии. Вступительный экзамен проводится в устной форме по билетам. Каждый экзаменационный билет включает два вопроса.

Для подготовки к ответу аспиранту отводится 60 минут. Время на ответ не должно превышать 30 минут. При ответе на вопросы экзаменационного билета члены экзаменационной комиссии могут задавать дополнительные вопросы. Во время заседания экзаменационной комиссии ведётся протокол в соответствии с установленным образцом (Приложение 1). Решение экзаменационной комиссии принимается на закрытом заседании простым большинством голосов членов комиссии.

Уровень знаний оценивается по балльной шкале: отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно.

Оценка «отлично» присваивается аспиранту/соискателю в том случае, если его ответы на вопросы экзаменационного билета изложены последовательно, логично и без необходимости дополнительных пояснений со стороны экзаменаторов, при этом соблюдены все нормы научного стиля изложения как в устной, так и в письменной форме. Экзаменуемый должен продемонстрировать глубокое и системное знание теоретического и практического материала по дисциплине, способность к творческому применению полученных знаний для решения исследовательских задач, а также владение основным понятийным аппаратом своей научной специальности. Важным аспектом является умение аргументированно анализировать различные подходы к решению поставленной проблемы и подкреплять теоретические положения конкретными примерами из собственной научной практики, особенно при сдаче экзамена по специальной дисциплине.

Оценка «хорошо» выставляется, когда соискатель уверенно и последовательно излагает материал, демонстрирует хорошее понимание взаимосвязей между ключевыми процессами и явлениями в своей области, однако допускает отдельные неточности в формулировках или испытывает затруднения при быстром структурировании ответа на дополнительные вопросы комиссии. При этом экзаменуемый показывает способность применять теоретические знания на практике, но его ответ может содержать незначительные погрешности, не искажающие общего смысла изложения и не свидетельствующие о пробелах в базовых знаниях.

Оценка «удовлетворительно» присваивается в ситуациях, когда ответы соискателя характеризуются неуверенностью, сбивчивостью или непоследовательностью изложения, а также при наличии нарушений норм научного стиля речи. Экзаменуемый демонстрирует знание программы экзамена в объёме, достаточном для продолжения работы по профессии, и способен справиться с выполнением основных практических заданий, однако его ответы содержат заметные погрешности, требующие корректировки под руководством преподавателя. При этом соискатель знаком с основной рекомендуемой литературой, но не всегда может свободно оперировать полученными знаниями в нестандартных ситуациях.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при наличии существенных пробелов в знаниях основных положений дисциплины, когда экзаменуемый не способен даже с помощью наводящих вопросов сформулировать корректные ответы на вопросы билета. Такая оценка также присваивается в случаях непонимания базовых концепций и терминологии, отсутствия целостного представления об исследуемом объекте или явлении, а также при невозможности применить теоретические знания к решению даже простейших практических задач.

Результаты экзамена оформляются протоколом и объявляются всем аспирантам группы в тот же день после завершения сдачи вступительного экзамена.

3. Содержание вступительного экзамена

Кинематика Способы анализа кинематики точки и тела в различных системах координат. Вращение твердого тела вокруг неподвижной точки. Углы Эйлера-Крылова. Кинематические уравнения Эйлера. Векторы угловой скорости и углового ускорения. Скорости и ускорения точек тела, формулы Эйлера и Пуассона. Общий случай движения свободного твердого тела. Уравнения движения, разложение движения на поступательное и вращательное.

Статика Положения статического анализа. Аксиомы связей, виды типовых связей и их реакции. Главный вектор и главный момент системы сил, формулы для их вычисления. Условия равновесия произвольной системы сил. Частные случаи: системы параллельных, сходящихся и плоских сил. Теорема Вариньона, распределенные силы. Инварианты системы сил. Равновесие системы тел. Внешние и внутренние силы. Задачи статически определенные и статически неопределенные. Трение скольжения и качения, законы Кулона, угол и конус трения. Геометрия масс: центр параллельных сил, центр тяжести тела (объема, площади, линии) и методы его нахождения.

Динамика и основы аналитической механики Способы исследования динамики точки и системы в инерциальной или в неинерциальной системе отсчета. Геометрия масс механической системы: центр масс, импульс, кинетический момент, кинетическая энергия, тензор инерции, главные оси и моменты инерции, формулы Кенига. Внешние и внутренние силы, общие теоремы динамики свободных систем в неподвижной системе отсчета и в осях Кенига. Динамика систем переменной массы: реактивное движение и уравнение Мещерского. Основные теоремы динамики для относительного движения.

Классические задачи динамики: движение свободной точки, задача Кеплера, задача двух тел и ее сведение к задаче Кеплера. Движение точки по поверхности и по кривой, математический и сферический маятники. Движение точки вблизи поверхности Земли, маятник Фуко. Классические задачи динамики твердого тела.

Динамика несвободных систем: голономные и неголономные связи, виртуальные и действительные перемещения, идеальные связи. Принципы Даламбера, Лагранжа, Даламбера-Лагранжа. Уравнения Лагранжа первого рода (уравнения движения в переменных Лагранжа с неопределенными множителями связей). Переменные Лагранжа, обобщенные координаты, скорости и силы. Кинетическая энергия в переменных Лагранжа. Уравнения

Лагранжа второго рода для голономных и неголономных систем под действием потенциальных, гироскопических и диссипативных сил. Интеграл энергии. Плоская круговая ограниченная задача трех тел. Циклические координаты и интегралы, метод Рауса игнорирования циклических переменных. Принцип Гаусса, уравнения Аппеля.

Вариационные основы механики и интегральные принципы: вариационные принципы механики, принцип Гамильтона-Остроградского, принцип Мопертюи-Лагранжа-Якоби. Преобразование Лежандра, канонические переменные, функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона и их свойства. Интегральные инварианты Пуанкаре и Пуанкаре-Картана. Канонические преобразования: определение, критерий, свойства и сохранение структуры уравнений Гамильтона. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема. Свободное каноническое преобразование и производящая функция. Теория Гамильтона-Якоби. Теорема Лиувилля об интегрируемости гамильтоновых систем. Переменные действие-угол.

Колебания линейных систем и теория устойчивости Малые собственные колебания консервативных систем с конечным числом степеней свободы. Свойства собственных частот и форм колебаний. Кинетическая и потенциальная энергии системы, формула Релея. Устойчивость положения равновесия консервативной системы, критерии Сильвестра. Дифференциальные уравнения малых колебаний, матричная форма записи. Парциальные системы и парциальные частоты. Интегрирование уравнений свободных колебаний, уравнение частот и исследование его корней. Коэффициенты распределения амплитуд, главные колебания и формы главных колебаний. Главные (нормальные) координаты. Вынужденные колебания линейных систем. Спектральные свойства и динамика линейных стационарных систем, амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики, эффект динамического гашения колебаний.

Устойчивость движения: устойчивость по Ляпунову (основные понятия и определения). Устойчивость линейных стационарных систем. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица. Частотные критерии устойчивости линейных систем: критерии Михайлова и Найквиста.

Теория нелинейных и автоколебательных систем Введение в теорию нелинейных колебаний. Качественная теория Пуанкаре, особые точки и их классификация, типы фазовых траекторий. Методы малого параметра, Крылова-Боголюбова, Ван-дер-Поля, гармонической линеаризации.

Вынужденные и параметрические колебания нелинейных систем, особенности построения и анализа амплитудно-частотных характеристик (АЧХ).

Автоколебательные системы: механизмы самовозбуждения, автоколебания как устойчивые предельные циклы на фазовой плоскости. Релаксационные автоколебания. Примеры нелинейных систем. Параметрические колебания и динамическая устойчивость.

Динамика машин, роторов и упругих систем Динамика упругих систем: уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний упругих стержней. Стержневая аналогия и моделирование поведения конструкций. Свободные колебания однородных стержней, постановка начальных и граничных условий, метод Фурье. Характеристическое уравнение, собственные частоты и формы колебаний, свойства собственных форм. Свободные колебания неоднородных стержней, ортогональность собственных форм. Приближенные методы определения собственных частот и форм: методы Рэлея, Ритца, Бубнова-Галеркина. Метод начальных параметров для ступенчатых стержней. Вынужденные колебания однородных и неоднородных стержней при гармоническом возбуждении, метод разложения по формам собственных колебаний. Влияние продольной силы на поперечные колебания стержней.

Динамика роторных машин: уравновешивание роторных машин, методы и алгоритмы статической и динамической балансировки. Динамические усилия, действующие в машинах, и их передача на фундамент, вопросы виброизоляции. Колебания вращающихся валов с дисками, критические скорости валов.

Численные и экспериментальные методы исследования Компьютерное моделирование: численные методы решения задач теории колебаний и исследования динамики систем. Основные способы дискретизации для решения задач динамики и прочности: метод конечных разностей, алгоритмизация вариационных методов, метод начального параметра, метод конечного элемента в расчете колебаний. Особенности программ с реализацией данных методов. Постановка задач оптимизации динамических характеристик механических систем, решение обратных спектральных задач.

Экспериментальная динамика: экспериментальные методы исследования динамики машин. Виброметрические измерения: типы измерительных приборов и датчики для регистрации динамических процессов. Обработка результатов вибрационных и динамических испытаний, цифровой спектральный анализ виброграмм.

4. Примерный перечень вопросов вступительного экзамена

1. Кинематика: Движение точки и твердого тела. Кинематические уравнения Эйлера.
2. Балансировка машин: Статическое и динамическое уравновешивание роторов.
3. Устойчивость движения: Понятие об устойчивости по Ляпунову.
4. Вариационные основы: Вариационные принципы механики.
5. Теоремы динамики: Геометрия масс, законы динамики систем и уравнение Мещерского.
6. Уравнения Лагранжа 2-го рода: Голономные и неголономные системы. Виды сил (потенциальные, гироскопические, диссипативные).
7. Задачи динамики: Задача двух тел. Классические задачи динамики точки и твердого тела.
8. Линейная устойчивость: Анализ стационарных систем. Критерий Рауса-Гурвица.
9. Частотная устойчивость: Критерии Михайлова и Найквиста.
10. Связи в аналитической механике: Уравнения Лагранжа с множителями связей.
11. Интегральные принципы: Принцип Гамильтона-Остроградского.
12. Динамика упругих систем: Колебания стержней (продольные, крутильные, изгибные).
13. Линейные колебания: Спектральные свойства и динамика линейных стационарных систем.
14. Динамика роторов и фундаментов: Взаимодействие машин с основанием. Колебания валов с дисками.
15. Нелинейные колебания: Амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) нелинейных систем.
16. Компьютерное моделирование: Численные методы исследования динамики систем.
17. Автоколебания: Предельные циклы на фазовой плоскости.
18. Экспериментальная динамика: Виброметрические измерения, типы датчиков и спектральный анализ виброграмм.

5. Список литературы, рекомендуемый для подготовки к вступительному экзамену

1. Бутенин, Н. В. Курс теоретической механики: в 2 томах / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц, Д. Р. Меркин. — Санкт-Петербург: Лань, 2005. — Текст: непосредственный.

2. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики: в 2 частях / А. А. Яблонский, В. В. Никифоров. — Москва: КноРус, 2021. — Текст: непосредственный.
3. Маркеев, А. П. Теоретическая механика / А. П. Маркеев. — Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. — 420 с. — Текст: непосредственный.
4. Мещерский, И. В. Сборник задач по теоретической механике / И. В. Мещерский; под редакцией В. А. Кедрова. — 45-е изд., перераб. и доп. — Москва: Лань, 2021. — 460 с. — Текст: непосредственный.
5. Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике / Ф. Р. Гантмахер. — Москва: Физматлит, 2010. — 288 с. — Текст: непосредственный.
6. Арнольд, В. И. Математические методы классической механики / В. И. Арнольд. — 5-е изд., стереотип. — Москва: ЛКИ, 2008. — 368 с. — Текст: непосредственный.
7. Суслов, Г. К. Теоретическая механика / Г. К. Суслов. — 3-е изд., доп. — Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2006. — 640 с. — Текст: непосредственный.
8. Четаев, Н. Г. Теоретическая механика: лекции по аналитической механике / Н. Г. Четаев. — Москва: Наука, 1987. — 240 с. — Текст: непосредственный.
9. Бабаков, И. М. Теория колебаний / И. М. Бабаков. — 6-е изд., стер. — Москва: Дрофа, 2008. — 591 с. — Текст: непосредственный.
10. Бутенин, Н. В. Элементы теории нелинейных колебаний / Н. В. Бутенин, Я. Л. Лунц. — Москва: Машиностроение, 1967. — 208 с. — Текст: непосредственный.
11. Попов, А. П. Теория колебаний / А. П. Попов. — Москва: МАИ, 2011. — 468 с. — Текст: непосредственный.
12. Четаев, Н. Г. Устойчивость движения / Н. Г. Четаев. — Москва: Гостехиздат, 1946. — 184 с. — Текст: непосредственный.
13. Малкин, И. Г. Теория устойчивости движения / И. Г. Малкин. — Москва: Наука, 1966. — 475 с. — Текст: непосредственный.
14. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник для вузов: в 5 томах / под редакцией Н. Д. Егупова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. — Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем управления. — 656 с. — Текст: непосредственный.
15. Тимошенко, С. П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко, Д. Х. Янг, В. Уивер; перевод с английского. — 2-е изд. — Москва: Мир, 1985. — 496 с. — Текст: непосредственный.
16. Курс теории колебаний: учебник для вузов / К. С. Колесников, С. А. Попов, В. В. Мухин [и др.]. — Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. — 407 с. — Текст: непосредственный.

17. Прикладные задачи теории колебаний и защиты машин от вибраций / К. В. Фролов, С. А. Попов, В. В. Мухин [и др.]. — Москва: Машиностроение, 1969. — 304 с. — Текст: непосредственный.
18. Пановко, Я. Г. Введение в теорию устойчивости и колебаний упругих систем / Я. Г. Пановко. — Москва: Наука, 1964. — 279 с. — Текст: непосредственный.
19. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич; перевод с английского. — Москва: Мир, 1975. — 541 с. — Текст: непосредственный. Баженов, В. Г. Нелинейная вычислительная механика / В. Г. Баженов, О. С. Наркевич. — Москва: Физматлит, 2014. — 480 с. — Текст: непосредственный.
20. Техническая диагностика машин: учебник для вузов / А. С. Кондратьев, В. А. Козляков, Н. Ф. Стручков [и др.]. — Москва: Машиностроение, 2010. — 432 с. — Текст: непосредственный.
21. Научная электронная библиотека eLibrary: [сайт]. — Москва, 1999–. — URL: https://www.elibrary.ru/ (дата обращения: 18.06.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.
22. Национальная электронная библиотека (НЭБ): [сайт]. — Москва, 2003–. — URL: https://rusneb.ru/ (дата обращения: 18.06.2026). — Режим доступа: свободный. — Текст: электронный.
23. КиберЛенинка: научная электронная библиотека открытого доступа: [сайт]. — Москва, 2010–. — URL: https://cyberleninka.ru/ (дата обращения: 18.06.2026). — Режим доступа: свободный. — Текст: электронный.

Приложение 1

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук

Форма обучения: очная

Аспирантура

ПРОТОКОЛ

приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине
«1.1.7.- Теоретическая механика, динамика машин»
«__»_____202_г.

Шифр и наименование направления подготовки_____
_____

Ф.И.О._____

Состав экзаменационной комиссии:
Председатель: д.т.н.
Члены экзаменационной комиссии:
1.
2.
3.

Секретарь экзаменационной комиссии –

СЛУШАЛИ:_____

ЗАДАННЫЕ ВОПРОСЫ:_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
Краткая характеристика ответа _____
_____
_____

ПОСТАНОВИЛИ:
Считать, что_____
(ФИО)
сдал(а) кандидатский экзамен по специальной дисциплине «1.1.7.- Теоретическая механика, динамика машин»
с итоговой оценкой_____
(отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно)
Председатель комиссии: _____ _____
(ФИО)

Члены комиссии:

_____ _____
(подпись) (ФИО)

_____ _____
(подпись) (ФИО)

_____ _____
(подпись) (ФИО)

_____ _____
(подпись) (ФИО)

Примерные билеты по специальности 1.1.7-Теоретическая механика, динамика машин.

Билет №1
Вопрос 1: Кинематика точки и абсолютно твердого тела. Кинематические уравнения Эйлера.
Вопрос 2: Вариационные принципы механики: дифференциальные и интегральные подходы.
Билет №2
Вопрос 1: Геометрия масс и основные теоремы динамики механической системы.
Вопрос 2: Уравнения Лагранжа второго рода для голономных систем. Потенциальные, гироскопические и диссипативные силы.
Билет №3
Вопрос 1: Динамика систем переменной массы: реактивное движение и уравнение Мещерского.
Вопрос 2: Уравнения Лагранжа первого рода (уравнения с неопределенными множителями связей).
Билет №4
Вопрос 1: Устойчивость движения по Ляпунову: основные определения и теоремы прямого метода.
Вопрос 2: Принцип Гамильтона-Остроградского как основа построения моделей динамики.
Билет №5
Вопрос 1: Устойчивость линейных стационарных систем. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица.
Вопрос 2: Специальные задачи динамики точки и твердого тела. Задача двух тел и ее решение.
Билет №6
Вопрос 1: Частотные критерии устойчивости линейных систем (критерии Михайлова и Найквиста).
Вопрос 2: Неголономные механические системы: уравнения Лагранжа с множителями для неголономных связей.
Билет №7
Вопрос 1: Свободные и вынужденные колебания линейных стационарных систем. Спектральные свойства систем.
Вопрос 2: Канонические уравнения Гамильтона: вывод, свойства и функция Гамильтона.
Билет №8
Вопрос 1: Уравнения продольных, крутильных и изгибных колебаний упругих стержней при различных граничных условиях.
Вопрос 2: Переменные Лагранжа и функция Лагранжа. Интеграл энергии и циклические координаты.
Билет №9
Вопрос 1: Колебания нелинейных систем. Особенности построения и анализа амплитудно-частотных характеристик (АЧХ).
Вопрос 2: Канонические преобразования в механике, критерии каноничности и теорема Лиувилля.
Билет №10
Вопрос 1: Автоколебания как устойчивые предельные циклы на фазовой плоскости. Примеры систем.
Вопрос 2: Теория Гамильтона-Якоби и интегрируемость гамильтоновых систем.
Билет №11
Вопрос 1: Уравновешивание роторных машин. Методы и технологические особенности статической балансировки. Вопрос 2: Движение точки в центральном поле сил. Задача Кеплера и законы движения планет.

Билет №12
Вопрос 1: Динамика роторов: динамическая балансировка в двух плоскостях коррекции.
Вопрос 2: Преобразование Лежандра и переход от лагранжева к гамильтонову описанию системы.
Билет №13
Вопрос 1: Динамические усилия, действующие в машинах, и их передача на фундамент. Колебания вращающихся валов с дисками.
Вопрос 2: Динамика несвободных систем: классификация связей, виртуальные и действительные перемещения.
Билет №14
Вопрос 1: Численные методы исследования динамики и прочности машин (метод конечных элементов и метод конечных разностей).
Вопрос 2: Метод Рауса для систем с циклическими координатами (функция Рауса и игнорирование переменных).
Билет №15
Вопрос 1: Экспериментальные методы исследования динамики машин. Виброметрические измерения, типы датчиков и спектральный анализ виброграмм.
Вопрос 2: Геометрия масс твердого тела: тензор инерции, главные оси и главные моменты инерции.

Разработчик программы кандидатского экзамена: Яфизова Р.А., заведующий аспирантурой, к.п.н., Пановко Г.Я., д.т.н.