

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



УТВЕРЖДАЮ

**Проректор по научно-организационной
деятельности**

Ю.С. Ключков

«14» апрель 2022 г.

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**научная специальность
2.5.2. Машиноведение**

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

к.т.н., доцент

О.В. Кочнева

Составители:

д.т.н., профессор

В.И. Каразин

д.т.н., профессор

М.А. Скотникова

к.т.н., доцент

Ю.А. Семенов

к.т.н., доцент

М.В. Жавнер

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 5 от «21» марта 2022 г.).

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **2.5.2. – Машиноведение**.

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);
- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио.

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

- a. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.
- b. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.
- c. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.
- d. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе):	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	в журналах перечня ВАК;		10
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;		25
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.		15
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
4.	<p>Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему.</p> <p>Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:</p> <p>за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).</p> <p>за прочие конференции.</p>	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
			5
			3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

1. Теории механизмов и машин

Задача науки о механизмах. Основные этапы ее исторического развития.

Место теории механизмов среди других наук о механике. Основные области ее приложения. Современные направления и тенденции развития теории механизмов и машин.

Понятие машины. Характеристики двигателей и рабочих машин. Комбинированные механизмы с гидравлическими, пневматическими и электромагнитными устройствами.

2. Анализ и синтез механизмов

Структура механизмов. Классификация кинематических пар. Структурные группы.

Структурная классификация механизмов. Методы анализа структуры. Структурные формулы. Понятие об избыточных связях и основных методах их выявления. Подходы к обеспечению рациональной структуры механизмов. Структурный синтез.

Основные задачи кинематического анализа механизмов. Решение задачи о положениях и методы определения скоростей и ускорений в плоских механизмах с низшими парами (аналитические и графоаналитические методы). Понятие о сборках механизма.

Мертвые, вырожденные и особые положения механизмов. Подходы к кинематическому исследованию пространственных механизмов. Понятие о передаточных функциях. Основные приемы решения задач кинематики для механизмов высоких классов. Специализированные пакеты программ и вычислительные комплексы общего назначения для решения задач кинематики. Способы оценки точности воспроизводимых функций.

Задачи и основные этапы синтеза механизмов с низшими кинематическими парами.

Передаточные, манипулирующие и нагрузочные механизмы. Методы решения задач синтеза. Задача приближенного синтеза, как задача оптимального проектирования. Целевые функции и основные ограничения.

Анализ механизмов с высшими кинематическими парами. Основная теорема зацепления. Основные методы синтеза сопряженных профилей звеньев механизмов в высшей паре. Плоские и пространственные зубчатые зацепления. Зубчатые и зубчато-рычажные механизмы. Кулачковые механизмы, их основные виды. Методы оптимального проектирования кулачковых механизмов.

3. Силовой анализ механизмов

Трение в кинематических парах. Влияние геометрических и физических характеристик элементов пары и смазочных материалов на величину трения и износа в паре.

Определение сил реакций в кинематических парах с учетом и без учета трения. Кинетостатика отдельных кинематических групп и всего механизма в целом. Явление самоторможения. Оценка качества механизма с помощью анализа углов давления.

Работа сил трения. КПД машин циклического действия. Определение КПД механизмов и их соединений. Понятие циркулирующего энергетического потока в замкнутых испытательных стендах и замкнутых механических передачах.

Виды неуравновешенности механизмов. Полное и частичное статические уравновешивания рычажных механизмов. Неуравновешенность роторов и методы их балансировки.

4. Динамика машин

Понятие динамической модели машинного агрегата. Приведение сил и масс. Уравнение движения машины. Исследование движения машины на установившихся и

переходных режимах. Способы получения заданных инерционно-массовых характеристик машины.

Методы динамического анализа механизмов с несколькими степенями свободы.

Учет упругих свойств звеньев и демпфирующих свойств кинематических пар. Анализ механических систем с переменными массами звеньев. Особенности учета трения при анализе динамики машин.

5. Механические системы управления движением машин

Последовательность работы отдельных элементов сложных машин. Циклограммы и тактограммы. Механические системы регулирования и управления. Понятие о мехатронных системах. Общие принципы составления алгоритмов управления движением машин.

6. Передаточные механизмы

Шарнирно-рычажные передаточные механизмы. Наиболее распространенные схемы и передаточные функции. Сопоставление характеристик и качественных показателей различных схем механизмов.

Простые зубчатые механизмы для передачи движения между параллельными валами. Эвольвентные передачи. Вопросы формирования профилей зубьев и качественные характеристики передачи. Особенности цевочных, циклоидальных передач и передачи Новикова.

Зубчатые передачи с пересекающимися и перекрещивающимися осями валов. Конические, гипоидные и червячные передачи.

Зубчатые передачи с подвижными осями колес. Планетарные (в том числе дифференциальные) механизмы. Особенности проектирования планетарных зубчатых механизмов. Методы структурного синтеза и кинематического анализа сложных зубчатых механизмов (последовательного и параллельного соединения).

Вариаторы скорости. Структура и кинематика замкнутых гидромеханических, электромеханических и фрикционных (соединенных параллельно с зубчатыми механизмами) передач.

Соосные и несоосные (планетарные) винтовые передачи. Основы структуры и кинематики. Взаимосвязь геометрических параметров и качественных показателей.

7. Манипулирующие механизмы

Манипулирующие механизмы на основе незамкнутых кинематических цепей. Многопоточные манипулирующие механизмы на основе параллельных кинематических соединений. Качественные характеристики манипулирующих механизмов (рабочее пространство, угол сервиса и т.п.). Маневренность и вопросы планирования движений.

Решения прямой и обратной задач кинематики. Кинематическая развязка. Сравнительные характеристики основных видов манипулирующих механизмов.

8. Вибровозбудители и механизмы виброзащиты

Основные источники виброактивности в механизмах. Воздействие вибрации на технические объекты и на человека-оператора. Наиболее распространенные методы, механизмы виброзащиты и их характеристики.

Использование вибрации в технике. Вибрационные машины. Ударно-вибрационные машины. Основные схемы и характеристики.

9. Выбор материалов. Стандартизация. Взаимозаменяемость.

Характеристики прочности материалов и классификация условий работы деталей машин. Критерии выбора материалов.

Основные методы поверхностных упрочнений деталей машин: термические, химикотермические, механические, термомеханические. Новые материалы и перспективы их применения в машиностроении.

Стандартизация деталей машин и ее значение. Система стандартов. Использование стандартов при проектировании машин. Проектирование машин с учетом требований стандартизации. Расчет номинального давления и площади контакта с учетом параметров шероховатости, волнистости и макроотклонений.

10. Соединения деталей и узлов машин

Классификация соединений. Соединения неразъемные и разъемные. Соединения фрикционные и нефрикционные (зацеплением). Соединения стержней, листов и корпусных деталей; соединения вал - ступица, соединения валов, соединения труб.

Резьбовые (винтовые) соединения. Классификация резьбы. Основные типы крепежных соединений. Способы стопорения резьбовых соединений от самоотвинчивания. Материалы, применяемые для изготовления деталей резьбовых соединений. Классы прочности болтов и гаек.

Теория винтовой пары. Зависимость между моментом, приложенным к гайке, и осевой силой винта. Коэффициент полезного действия винтовой пары. Самоторможение.

Напряженные (затянутые) резьбовые соединения. Коэффициент внешней нагрузки, определение податливостей систем «болт» и «фланец». Прочность при переменных нагрузках. Расчеты напряженных резьбовых соединений: присоединений крышек цилиндров, фланцевых соединений труб. Расчет соединений, включающих группу болтов.

Сварные соединения. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения и деформации. Расчеты на прочность сварных соединений при постоянных и при переменных напряжениях.

Заклепочные соединения. Паяные соединения. Клеевые соединения. Область применения. Расчет на прочность.

Соединения деталей с натягом и области их применения в машиностроении. Расчетные и технологические натяги. Прочность сопрягаемых деталей. Технология сборки. Силы запрессовки и распрессовки. Соединения нагревом или охлаждением соединяемых деталей. Соединения с помощью стяжных колец и планок.

Шпоночные, зубчатые (шлицевые) и профильные (бесшпоночные) соединения. Основные типы и области применения. Способы центрирования. Концентрация нагрузки. Расчеты несущей способности.

11. Передаточные механизмы

Назначение и классификация механических передач. Основные параметры передач: кинематические, энергетические, геометрические. Передачи трением и передачи зацеплением. Передачи с постоянным и переменным передаточным отношением. Передачи ступенчатого и бесступенчатого регулирования.

Основные сведения о *зубчатых передачах*. Классификация. Области применения. Стандартные параметры зубчатых передач. Геометрия и кинематика. Точность изготовления зубчатых колес.

Виды повреждений зубьев зубчатых колес. Критерии работоспособности зубчатых передач. Материалы колес. Методы объемного и поверхностного упрочнения.

Контактные напряжения и контактная прочность. Расчет зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических передач по контактными напряжениям. Определение расчетных нагрузок. Учет перегрузок, концентрации нагрузки по длине

зубьев, режима работы и срока службы, динамичности нагрузки, связанной с качеством изготовления. Силы в зацеплении. Расчетные зависимости для проектного и проверочного расчетов. Допускаемые напряжения.

Конические и планетарные зубчатые передачи. Особенности расчета на прочность.

Основные понятия и определения *червячных передач*. Общая характеристика. Область применения. Кинематика и геометрия червячных передач. Применяемые материалы.

Виды повреждений червячных передач. Критерии работоспособности.

Основы расчётов червячных передач по контактным напряжениям.

Расчет зубьев червячного колеса на изгиб. Коэффициент формы зуба. Условный угол обхвата. Длина контактных линий. Допускаемые напряжения.

Тепловой расчет. Искусственное охлаждение. Смазка червячных передач.

Общие сведения и основные характеристики *ременных передач*. Область применения. Разновидности ременных передач. Основные типы и материалы плоских и клиновых ремней. Новые типы ремней и ремни из новых материалов. Геометрия и кинематика ременных передач. Способы натяжения ремней. Усилия и напряжения в ремне. Коэффициент тяги, кривые скольжения. Коэффициенты трения между ремнем и шкивом. Расчет ременных передач по тяговой способности. Долговечность ременной передачи.

Классификация и конструкции *цепных передач*. Область применения цепных передач в машиностроении. Основные характеристики. Выбор основных параметров цепных передач. Кинематика и динамика цепных передач. Смазка и эксплуатация цепных передач.

Виды повреждений, критерии работоспособности цепных передач и исходные положения для расчета. Натяжение в цепных передачах. Несущая способность и подбор цепей.

Принцип работы *фрикционных передач*. Основные типы и область применения. Общие эксплуатационные характеристики. Точность передаточного отношения. Силы прижатия тел качения. Потери на трение; коэффициент полезного действия. Элементы конструкций. Материалы. Проверочный расчёт передач по контактным напряжениям. Учет переменного режима нагружения. Допускаемые контактные напряжения. Определение размеров тел качения.

12. Поддерживающие и несущие детали конструкций

Классификация *валов и осей*. Конструкции. Критерии расчета: прочность, жесткость, колебания. Материалы. Выбор расчетных нагрузок. Выбор расчетных схем.

Проектный расчет валов. Проверочный расчет валов на выносливость. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Влияние на прочность размерного фактора. Выбор запасов прочности и допускаемых напряжений. Расчет по заданной вероятности безотказной работы. Упрочнения валов поверхностной термической и химико-термической обработкой, поверхностным наклепом. Расчет валов на жесткость. Допускаемые углы наклона и прогибы.

Общие сведения о *подшипниках скольжения*. Основные типы и параметры подшипников скольжения. Условия работы и виды разрушения подшипников скольжения. Подшипниковые материалы. Режимы трения и критерии расчета. Основы теории жидкостного трения. Распределение давления в смазочном слое. Расчет подшипников при условии жидкостного трения. Тепловой расчет подшипников. Подвод смазки в подшипниках. Системы смазки. Практический расчет подшипников, работающих в

условиях смешанного трения.

Классификация *подшипников качения*. Выбор типов подшипников в зависимости от условий работы. Материалы тел качения и сепараторов. Потери на трение в подшипниках.

Выбор подшипников по динамической грузоподъемности. Эквивалентная динамическая нагрузка. Особенности расчета нагрузки радиально-упорных подшипников. Проверка и подбор подшипников по статической грузоподъемности.

Назначение и классификация *муфт* для соединения валов.

Глухие муфты: втулочные и фланцевые. Конструкции и схемы расчета.

Жесткие компенсирующие и подвижные муфты.

Упругие муфты. Работа упругих муфт при действии переменных и ударных моментов. Упругие муфты с резиновыми и пластмассовыми упругими элементами. Демпфирующая способность упругих муфт. Конструкции и расчет.

Назначение *пружин*. Классификация пружин. Материалы и допускаемые напряжения. Общие понятия о винтовых пружинах кручения, тарельчатых пружинах, рессорах.

13. Расчеты на прочность деталей машин; работоспособность и надежность машин

Основные этапы проектирования машин. Оптимизация конструкции. Учет технологических требований.

Автоматизированное проектирование. Программные комплексы рабочего места конструктора для твердотельного моделирования, генерации чертежей с использованием библиотек стандартных деталей, расчетов конструкций по различным критериям работоспособности. CAD системы, PDM системы. Метод конечных элементов, основные понятия. Возможности метода для анализа работоспособности деталей по критериям прочности, жесткости, вибростойкости, теплостойкости.

Надежность машин. Основные положения и показатели надежности. Надежность в период нормальной эксплуатации машин. Надежность восстанавливаемых изделий. Статистический контроль надежности и долговечности. Требования к деталям машин и критерии надежности. Общая характеристика расчетных методов оценки надёжности деталей машин. Вероятностные методы расчета деталей машин.

Расчеты на выносливость. Расчетно-экспериментальное определение пределов длительной и ограниченной выносливости деталей. Учет сложного напряженного состояния материала деталей.

Трение, изнашивание и смазка деталей. Виды трения и изнашивания. Трение в условиях гидродинамической и гидростатической смазки. Износ. Способы повышения износостойкости.

14. Экспериментальные методы и средства исследований надежности машин, их деталей, узлов и систем приводов.

Испытание деталей машин по основным критериям. Основные средства испытаний. Статистический анализ результатов испытаний.

Классификация *систем приводов*. Электрические, гидравлические, пневматические и смешанные приводы. Основные характеристики и области применения.

Объемные *гидравлические* машины. Принципиальные схемы объемных гидроприводов, гидродинамических передач. Сравнительная оценка. Область применения систем гидроприводов.

Области применения. Индикаторные диаграммы гидромашин.

Основные элементы электрогидравлических систем. Электрогидравлические следящие приводы.

Гидромуфты. Синтез гидромуфт с учетом неустановившихся режимов их работы в приводах различных машин и механизмов.

Системы *пневмоприводов*. Классификация и области применения

Основные характеристики процесса сжатия воздуха. Понятие давления, влажности, состава газообразного рабочего тела. Типы пневматических исполнительных устройств поступательного и вращательного движения. Поршневые, мембранные, шланговые, сильфонные, роторные приводы, пневматический «мускул».

Пневмогидравлические приводы. Области применения. Преимущества и недостатки по сравнению с гидравлическими и пневматическими приводами. Пневматические распределительные устройства. Распределители клапанного и золотникового типа. Цилиндрические и плоские золотники. Расчёт золотников и выбор основных размеров.

Устройства регулирования скорости исполнительных механизмов. Основные конструктивные схемы дросселей. Обратные клапаны и дроссели с обратным клапаном. Основные схемы подключения устройств регулирования скорости исполнительных механизмов. Их сравнительные характеристики.

Аппаратура подготовки воздуха. Основные схемы фильтров, регуляторов давления, маслораспределителей. Классы чистоты воздуха. Технические решения обеспечения требуемой степени очистки воздуха. Принципы действия осушителей воздуха.

Расчёт упругих элементов регуляторов давления. Регуляторы со сбросом воздуха из системы и без сброса. Клапаны сброса. Усилители давления. Расчёт параметров усилителей давления.

Контрольная пневматическая аппаратура. Классификация, основные конструкции.

Назначение и области применения *электропривода*. Обобщенная функциональная схема электропривода. Механическая часть электропривода. Моменты и силы сопротивления. Приведение моментов, моментов инерции, инерционных масс, упругих моментов и моментов диссипативных сил к одной оси. Двухмассовая электромеханическая система с упругостью первого и второго рода. Учет потерь в передачах.

Механические характеристики и регулировочные свойства электродвигателей постоянного тока, питаемых от сети или от регулируемых преобразователей: генератора, управляемого выпрямителя, широтно-импульсного преобразователя. Способы регулирования скорости и момента. Высокомоментные электродвигатели.

Механические характеристики и регулировочные свойства электродвигателей переменного тока. Математические модели асинхронных двигателей. Регулирование скорости асинхронных двигателей, частотное регулирование.

Следящие электроприводы. Ошибки при отработке управляющих воздействий. Повышение точности отработки за счет выбора структуры и параметров регуляторов. Системы с комбинированным управлением. Двухканальные следящие системы. Методы компенсации влияния сухого трения и люфтов в передачах. Синтез следящих систем.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

Структура и кинематика механизмов.

1. Структура машины и ее функциональные части. Основные модели ТММ (звено, кинематическая пара, кинематическая цепь) и их свойства.

2. Основные модели ТММ (механизм, нормальный механизм, структурная группа, группа Ассура) и их свойства. Число степеней свободы и число степеней подвижности. Формула Малышева.
3. Классификация кинематических пар
4. Образование нормальных механизмов. Структурная формула. Плоские и пространственные механизмы. Примеры.
5. Механизмы с избыточными связями и лишними степенями подвижности. Избыточные связи: освобождающие и неосвобождающие.
6. Плоские механизмы и плоские группы Ассура. Формула Чебышёва. Класс и порядок группы.
7. Структурное преобразование. Структурная инверсия.
8. Геометрический анализ замкнутых механизмов. Пример.
9. Решение групповых уравнений. Сборки механизма. Особые положения. Примеры.
10. Решение уравнений геометрического анализа для одноподвижных и многоподвижных механизмов методом Ньютона.
11. Кинематический анализ механизмов (плоских одноподвижных). Аналоги скоростей и ускорений. Примеры механизмов с внешним и внутренним входом.
12. Кинематический анализ многоподвижных механизмов. Пример для двухподвижного механизма.
13. Геометрический анализ исполнительных механизмов промышленных роботов.
14. Матрица преобразования координат (матрица перехода) для вращательной КП. Пример.
15. Матрица преобразования координат (матрица перехода) для поступательной КП. Пример.
16. Кинематический анализ исполнительных механизмов промышленных роботов.
17. Механизмы с линейной функцией положения. Фрикционные передачи. Ременные передачи. Цепные передачи.
18. Зубчатые передачи. Зубчатые ряды.
19. Коробка передач. Коробка скоростей. Коробка подач. Пример: четырёхскоростная коробка передач.
20. Вариаторы цепные и ременные. Вариаторы торовые.
21. Кинематика планетарных механизмов. Примеры.
22. Кинематика планетарной коробки передач.
23. Кинематика волновой передачи.
24. Конические передачи. Автомобильный дифференциал.
25. Гиперболоидные передачи (винтовая, гипоидная, червячная).
26. Геометро-кинематические условия существования передачи.
27. Свойства эвольвенты окружности и эвольвентного зацепления.
28. Исходные контуры эвольвентных колёс.
29. Геометро-кинематические условия существования эвольвентного зацепления.
30. Методы нарезания зубчатых колёс.

31. Расчёт геометрических параметров и размеров прямозубой эвольвентной передачи по условиям станочного зацепления.
32. Расчёт геометрических параметров и размеров прямозубой эвольвентной передачи по условиям зацепления зубчатых колес передачи.
33. Качественные характеристики зубчатой передачи. Приведённый радиус кривизны. Зацепление Новикова
34. Качественные характеристики зубчатой передачи: коэффициент, учитывающий форму зуба; удельное скольжение; коэффициент перекрытия.
35. Выбор коэффициентов смещения. Блокирующий контур

Динамика механизмов и машин

36. Постановка задачи силового расчёта. Силы, действующие в механизме. Уравнения движения системы. Кинематические пары, накладывающие идеальные связи.
37. Уравнения кинестатики. Кинестатическая модель.
38. Определение главного вектора и главного момента сил инерции (общий случай; поступательное движение).
39. Определение главного вектора и главного момента сил инерции (вращение вокруг неподвижной оси; плоское движение).
40. Решение уравнений кинестатики. Особенности расчёта плоского механизма. Пример с одноподвижным механизмом.
41. Особенности расчёта плоского механизма. Пример с многоподвижным механизмом.
42. Применение общего уравнения динамики для силового расчёта механизмов (одноподвижных и многоподвижных). Пример с рычажным механизмом.
43. Применение общего уравнения динамики для определения реакции в кинематической паре.
44. Силовой расчёт механизмов, содержащих высшие кинематические пары. Расчёт кулачкового механизма методом кинестатики и с помощью общего уравнения динамики.
45. Трение в кинематических парах. Трение скольжения, качения и верчения. Модель высшей КП с точечным контактом.
46. Трение в кинематических парах. Динамические модели поступательной пары в плоском механизме с учетом трения.
47. Трение в кинематических парах. Динамические модели вращательной пары в плоском механизме с учетом трения.
48. Трение в кинематических парах. Червячная пара.
49. Трение в кинематических парах. Винтовая пара.
50. Силовой расчёт механизмов с учетом трения в кинематических парах методом последовательных приближений. Пример: кривошипно-ползунный механизм.
51. Силовой расчёт механизмов с учетом трения в КП. Решение нелинейных уравнений силового анализа. Пример: кривошипно-ползунный механизм. Режимы: тяговый, инверсный тяговый, оттормаживания, самоторможения.
52. Силовой расчёт червячной передачи с учетом трения в ВКП. Режимы: тяговый, инверсный тяговый, оттормаживания, самоторможения.

53. Уравнения движения механизма в форме уравнения Лагранжа 2-го рода. Определение приведенного момента инерции и приведенного момента сил сопротивления (для рычажного и зубчатого механизма).
54. Уравнения Лагранжа 2-го рода для многоподвижного механизма.
55. Внутренняя виброактивность механической системы цикловой машины.
56. Способы уменьшения возмущающего момента. Разгрузатели возмущающего момента и инерционной нагрузки, динамические гасители колебаний.
57. Внешняя виброактивность механизма и машины. Уравновешивание механизмов и машины.
58. Внешняя виброактивность вращающегося ротора и роторной машины. Уравновешивание роторов.
59. Виброактивность плоского механизма. Уравновешивание плоского механизма конструктивным методом и установкой противовесов на звенья.
60. Виброактивность плоского механизма. Уравновешивание первых гармоник сил инерции.
61. Потери энергии на трение в цикловых механизмах. КПД механизма.
62. Механические характеристики двигателей (пример с электрическим двигателем постоянного тока независимого возбуждения).
63. Уравнения движения машины. Режимы движения.
64. Определение средней угловой скорости установившегося режима движения цикловой машины. Устойчивость и чувствительность установившегося режима движения к изменению нагрузки.
65. Определение динамической ошибки цикловой машины в установившемся режиме при учете статической характеристики двигателя. Коэффициент неравномерности вращения.
66. Движущий момент в установившемся режиме при учёте статической характеристики двигателя. Влияние неравномерности вращения машины на потери энергии двигателя.
67. Динамические нагрузки в передаче в установившемся режиме при учёте статической характеристики двигателя. Способы уменьшения динамических ошибок и динамических нагрузок.
68. Влияние динамической характеристики двигателя на установившееся движение машины. Двигательный резонанс.
69. Разбег машины с учетом статической характеристики двигателя. Определение закона движения и динамического момента в передаточном механизме.
70. Разбег машины с учетом динамической характеристики двигателя. Торможение машины.

Системы приводов и детали машин

71. Метод конечных элементов, основные понятия.
72. Стандартизация деталей машин и ее значение.
73. Классификация соединений деталей и узлов машин.
74. Соединения неразъемные и разъемные. Соединения фрикционные и нефрикционные (зацеплением).
75. Резьбовые (винтовые) соединения. Классификация резьбы. Основные типы крепежных соединений.

76. Сварные соединения. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения и деформации. Расчеты на прочность сварных соединений при постоянных и при переменных напряжениях.
77. Соединения деталей с натягом и области их применения в машиностроении.
78. Назначение и классификация механических передач. Основные параметры передач: кинематические, энергетические, геометрические.
79. Основные сведения о зубчатых передачах. Классификация. Области применения. Стандартные параметры зубчатых передач.
80. Общие сведения о подшипниках скольжения. Основные типы и параметры подшипников скольжения.
81. Классификация подшипников качения. Выбор типов подшипников в зависимости от условий работы. Материалы тел качения и сепараторов. Потери на трение в подшипниках.
82. Назначение и классификация муфт для соединения валов.
83. Назначение пружин. Классификация пружин. Материалы и допускаемые напряжения. Общие понятия о винтовых пружинах кручения, тарельчатых пружинах, рессорах.
84. Классификация систем приводов. Электрические, гидравлические, пневматические и смешанные приводы. Основные характеристики и области применения.

Машиноведение

85. Основные способы повышения эксплуатационных свойств поверхности деталей машин: термические, химикотермические, механические, термомеханические.
86. Надежность машин. Основные положения и показатели надежности.
87. Принцип работы фрикционных передач. Основные типы и область применения.
88. Характеристики прочности материалов и классификация условий работы деталей машин. Критерии выбора материалов.
89. Экспериментальные методы и средства исследований надежности машин, их деталей, узлов и систем приводов.
90. Новые материалы и перспективы их применения в машиностроении.
91. Режимы трения и критерии расчета. Основы теории жидкостного трения. Распределение давления в смазочном слое.
92. Подвод смазки в подшипниках. Системы смазки. Практический расчет подшипников, работающих в условиях смешанного трения.
93. Трение, изнашивание и смазка деталей. Виды трения и изнашивания.
94. Разновидности смазочных материалов. Виды присадок. Положительные и отрицательные моменты при применении смазочных материалов.
95. Способы подачи смазочного материала к поверхности трения. Адгезия и когезия.
96. Трение в условиях гидродинамической и гидростатической смазки.
97. Изнашивание. Износ. Способы повышения износостойкости.
98. Условия работы и виды разрушения подшипников скольжения. Подшипниковые материалы. Режимы трения и критерии расчета.

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6. Список рекомендуемой литературы

1. **Теория механизмов и машин:** учебник для студ. учреждений высш. проф. образования/М.З. Коловский, А.Н. Евграфов, Ю.А. Семенов, А.В. Слоущ. 4-е изд., испр. М.: Изд. центр «Академия», 2013.-560 с.
2. **Евграфов А.Н.** Теория механизмов и машин: учебник / А.Н. Евграфов, М.З. Коловский, Г.Н. Петров. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 248 с.
3. **Семенов Ю.А., Семенова Н.С.** Теория механизмов и машин в примерах и задачах, Ч1,Ч2. Изд-во Политехн.ун-та, 2015-2016, 286 с.
4. **Теория механизмов и механика машин:** учебник для вузов / [Г.А.Тимофеев и др.]; под ред. Г.А.Тимофеева. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2017. – 566.
5. **Иванов М.Н., Финогенов В.А.** Детали машин. Учебник для машиностроительных специальностей вузов. М.: Высш.шк., 2005. — 408 с.
6. **Гулиа Н.В., Клоков В.Г., Юрков С.А.** Детали машин: Учебник / Под общ. ред. д.т.н., проф. Н.В. Гулиа. – 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 416 с.
7. **Егоров И.М., Жавнер М.В., Жуков В.А., Полонский В.Л., Тарасенко Е.А.** Детали машин и основы конструирования. Проектирование электромеханического привода. Учебное пособие. СПб.: Издательство «ПОЛИТЕХ-ПРЕСС», 2020. – 416 с.
8. **Ефремов Л. В., Скотникова М.А.** Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования в рамках ДПО/CDIO – подхода. уч. пособие. СПб.: Изд-во Политехи, ун-та, 2016. 124 с. ISBN 978-5-7422-5235-1.
9. **Трение, износ и смазка.** (трибология и триботехника). Под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2008.- 576 с.

Приложение

Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ

(Ф.И.О. кандидата для поступления в аспирантуру)			
(научная специальность)			
№ п/п	Индивидуальное достижение	Количество баллов за каждое достижение	Рейтинговая оценка показателя, общий балл
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): в журналах перечня ВАК;	10	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;	25	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.	15	
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:		
	руководителем,	10	
	исполнителем.	5	
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:		
	– патент на изобретение;	10	
	– патент на полезную модель;	7	
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.	5	
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных);	5	
	за прочие конференции.	3	
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру	3	
Суммарный рейтинговый балл			

Кандидат в аспирантуру

(подпись)

(Ф.И.О.)

Предполагаемый научный руководитель

(подпись)

(Ф.И.О.)

Руководитель образовательных программ
по аспирантуре института

(подпись)

(Ф.И.О.)