



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор университета

 О.Н. Федонин

от « 3 » 28 201 6 г.



ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру

**по направлению подготовки кадров высшей квалификации – программы
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

15.06.01 «Машиностроение»,

профиль подготовки «Трение и износ в машинах»

Технические науки

Брянск 2016

Программа вступительного испытания в аспирантуру по профилю подготовки «Трение и износ в машинах» - Брянск, БГТУ, 2016. – 12 с.

Программу разработали:

д т.н, проф., зав. каф. «Детали машин»



/В.П. Тихомиров/

к.т.н., доцент



/М.А. Измеров/

Программа утверждена на заседании кафедры «Детали машин» ФГБОУ ВПО БГТУ (протокол № 3 от «25» марта 2016 г.).

Заведующий кафедрой «ДМ»

д.т.н., проф



/В.П. Тихомиров/

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по научной работе,

к.т.н., доцент



/В.М. Сканцев/

© Тихомиров В.П., Измеров М.А.

© ФГБОУ ВПО «Брянский государственный
технический университет»

Программа вступительного испытания по профилю подготовки «Трение и износ в машинах» составлена согласно паспорту научной специальности 05.02.04 «Трение и износ в машинах». В программе учитываются указанные в паспорте области исследования.

Цель программы вступительного испытания:

Установить объем и уровень знаний экзаменуемого, поступающего в аспирантуру по профилю подготовки «Трение и износ в машинах» для отбора наиболее перспективных, целеустремлённых и грамотных специалистов для научно-исследовательской работы, способных к самостоятельному исследованию в области трибологии (трения и износа в машинах).

Задачи программы вступительного испытания:

- сформулировать требования к знаниям, умениям и навыкам экзаменуемого в области трибологии (трения и износа в машинах);
- определить состав тем, охват которых обеспечивает требуемую компетенцию соискателя;
- определить содержание каждой темы;
- привести список литературы, достаточный для освоения тем в нужном объеме.

Требования к уровню знаний экзаменуемого:

Экзаменуемый должен знать:

- основные показатели качества поверхностей деталей машин;
- основные положения теории внешнего и внутреннего трения;
- виды изнашивания и их описание;
- физические процессы, происходящие при трении твердых тел;
- основные типы смазочных материалов, их характеристики;
- виды смазочного действия и их математическое описание;
- основы триботехнического материаловедения.

Уметь:

- применять на практике знания о принципах расчёта узлов трения;
- правильно выбирать смазочные материалы, соответствующие конкретным условиям работы;
- пользоваться математическими моделями при расчёте узлов трения;
- определять и классифицировать основные виды повреждений узлов и деталей машин;

Владеть:

- терминологией в области трения, изнашивания и триботехнического материаловедения;

- компьютерными технологиями, методиками и моделями, используемыми при расчете и конструировании узлов трения;
- методологией проведения испытаний на трение и изнашивание.

Форма проведения

Вступительное испытание осуществляется в форме экзамена - письменного изложения ответов на содержащиеся в настоящей программе вопросы (2 вопроса) и устного собеседования после письменного ответа.

Продолжительность экзамена - 2 час.

При подготовке ответа экзаменуемому разрешается пользоваться справочниками, ГОСТами и другой нормативно-технической литературой.

Содержание вступительного испытания

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины:

- «Инженерия поверхности деталей машин»;
- «Основы теории трения»;
- «Смазка и смазочные материалы»;
- «Основы теории изнашивания»;
- «Моделирование процессов трения, изнашивания и смазки»;
- «Триботехническое материаловедение»;
- «Методы и средства испытаний на трение и износ».

Раздел 1 «Основные понятия и определения»

Изделие и его элементы (изделие, машина, заготовка, деталь, сборочная единица, агрегат). Трибосистема и ее элементы.

Показатели качества изделий машиностроения. Эксплуатационные свойства деталей и узлов (износостойкость, усталостная прочность, контактная жесткость и др.).

Параметры качества поверхностного слоя деталей машин (микрорельеф, глубина и степень упрочнения, эпюра остаточных напряжений). Методы и оборудование для оценки параметров качества поверхностного слоя.

Раздел 2 «Качество поверхности деталей машин»

Параметры качества поверхностного слоя, их взаимосвязь с эксплуатационными свойствами деталей машин и условиями их обработки.

Формирование микрорельефа поверхностного слоя. Влияние параметров технологической системы и условий обработки на макроотклонения и характеристики микрорельефа поверхностного слоя. Зависимости для оценки макроотклонений и характеристик микрорельефа поверхностного слоя. Возможности технологических методов в обеспечении геометрических

параметров качества поверхностного слоя.

Взаимосвязь между параметрами процесса обработки и физико-химическими характеристиками качества поверхностного слоя. Возможности технологических методов в обеспечении физико-химических параметров качества поверхностного слоя. Технологические методы, используемые для эффективного управления физико-химическими свойствами обрабатываемых поверхностей.

Раздел 3 «Трение твердых тел»

Внешнее трение. Основные положения и развитие теории внешнего трения. Виды фрикционного взаимодействия. Трение скольжения, качения и верчения. Трение покоя. Предварительное смещение твердых тел при внешнем трении. Предварительное смещение при упругих и пластических деформациях в зонах контакта микронеровностей. Механизмы диссипации энергии при фрикционном взаимодействии.

Силы и коэффициенты внешнего трения. Определение сил и коэффициентов внешнего трения при упругих и пластических деформациях в зоне контакта микронеровностей. Зависимости коэффициента внешнего трения от вида контакта, нагрузки, температуры, скорости скольжения, свойств материалов пары трения.

Динамические процессы при трении. Динамические процессы при скольжении твердых тел без смазочного материала. Влияние внешних вибраций на процесс трения. Фрикционные автоколебания. Устойчивость скольжения при трении твердых тел.

Трение качения и трение верчения. Природа трения качения. Качение упругих тел. Сцепление и проскальзывание при качении. Зависимость между тангенциальной силой и относительным проскальзыванием. Распределение нормальных и тангенциальных напряжений. Влияние тангенциального усилия в контакте на границы упругого и пластического поведения материала (диаграмма приспособляемости материала).

Качение тел, обладающих свойствами релаксации и последействия. Особенности свободного качения, с тормозным и тяговым моментом.

Опоры качения. Контактная прочность. Долговечность опор качения.

Внутреннее трение. Закон Ньютона. Вязкость кинематическая и динамическая, способы ее определения. Течение жидкостей по капиллярам. Уравнение Гагена-Пуазейля.

Раздел 4 «Смазка»

Виды смазки. Классификация видов смазки (смазочного действия). Основные признаки, характеризующие виды смазки.

Жидкостная смазка. Виды жидкостной смазки: гидродинамическая, гидростатическая, гидростатодинамическая, эластогидродинамическая.

Гидродинамическая смазка. Основные уравнения теории гидродинамической смазки. Уравнение Рейнольдса и граничные условия. Уравнения переноса теплоты. Изотермическая и неизотермическая задачи теории гидродинамической смазки.

Расчет стационарно-нагруженных подшипников скольжения. Несущая способность, потери на трение в смазочном слое. Тепловой баланс. Нестационарно-нагруженные подшипники скольжения. Критерии оценки работоспособности подшипников скольжения. Эластогидродинамическая смазка. Уравнения течения смазки и упругости. Зависимость вязкости смазочного материала от температуры и давления. Толщина смазочного слоя. Граничная смазка. Природа и строение граничных слоев. Закономерности процессов при граничной смазке. Влияние смазочного материала, температуры, скорости скольжения, шероховатости поверхностей трения на процессы при граничной смазке. Подход к подбору смазочных материалов по критерию предельной температуры. Специфические методы организации граничной смазки: избирательный перенос (эффект безызносности), эффект трибополимеризации.

Раздел 5 «Смазочные материалы»

Классификации смазочных материалов: по агрегатному состоянию, происхождению, способу получения, назначению. Жидкие смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент масел. Базовые масла. Функциональные присадки, антифрикционные добавки к маслам.

Пластичные смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент пластичных смазок. Твердые смазочные материалы.

Раздел 6 «Изнашивание твердых тел»

Классификация видов изнашивания. Количественные характеристики изнашивания. Износостойкость и классы износостойкости. Основные закономерности изнашивания. Влияние различных факторов на износостойкость. Изменение вида разрушения поверхностей при трении в зависимости от режимов работы (приработка, установившийся и форсированный режимы).

Характеристика основных видов изнашивания: абразивное, гидроабразивное, кавитационное, усталостное, окислительное, при схватывании (за-

едании), при фреттинге, электроэрозионное, водородное, при избирательном переносе.

Основы расчета узлов трения на износ. Расчет формоизменения сопряженных тел при изнашивании. Методы повышения износостойкости узлов трения. Изнашивание при граничной смазке.

Раздел 7 «Тепловые процессы при трении, изнашивании и смазке»

Тепловые задачи при трении и изнашивании твердых тел. Общая постановка задачи теплопроводности при трении. Три основных режима трения: стационарный, нестационарный, квазистационарный. Влияние температуры на трибологические характеристики пар трения.

Расчет температур при стационарном режиме трения. Определение поля температур, средней температуры поверхности трения и температурной вспышки при нестационарном режиме трения. Коэффициент распределения тепловых потоков. Определение интенсивности изнашивания при трении с учетом тепловых процессов.

Раздел 8 «Моделирование процессов трения, изнашивания и смазки»

Физическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазки. Трибологические системы. Виды подобия в трибосистемах. Метод анализа размерностей и его использование при моделировании процессов трения и изнашивания. Методология и математическое моделирование сложных трибосистем.

Раздел 9 «Триботехнические материалы и триботехнологии»

Триботехнические конструкционные материалы. Совместимость трибосистем. Выбор конструкционных материалов трибосистем с учетом их совместимости. Понятие о самоорганизации трибосистем. Принципы создания новых материалов на основе структурной приспособляемости и самоорганизации трибосистем.

Металлические материалы для узлов трения различного назначения. Рекомендуемые области использования антифрикционных сплавов. Порошковые, керамические композиционные материалы для антифрикционных и фрикционных узлов трения.

Триботехнологии. Виды износостойких покрытий и упрочнения поверхностных слоев. Наплавка износостойких слоев. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Лазерное упрочнение. Упрочнение ионно-плазменной обработкой. Диффузионные покрытия. Механотермическое формирование износостойких покрытий. Электрохимические покрытия.

Раздел 10 «Принципы конструирования узлов трения различного назначения»

Основы проектирования, подбора материалов и конструктивного оформления узлов трения. Принцип геометрической оптимизации трибосистем. Выбор рационального нагружения элементов пар трения. Обеспечение необходимого режима смазки узлов трения с разными видами смазочных материалов. Тепловые режимы в технических системах. Оценка вероятности безотказной работы и прогнозирование ресурса узлов трения.

Раздел 11 «Методы и средства испытаний на трение и износ»

Трибометрия и трибодиагностика. Цикл триботехнических испытаний. Испытательная техника для трибологических испытаний и исследований пар трения. Особенности триботехнических испытаний смазочных материалов. Планирование экспериментов при оценке трения и износа.

Раздел 12 «Экономические показатели»

Оценка потерь, связанных с трением и износом. Себестоимость изделий машиностроения. Пути снижения потерь, связанных с трением и износом. Трибологические источники загрязнений окружающей среды. Направление работ по улучшению экологических и экономических показателей работы машин. Методики оценки экономической эффективности и экологической чистоты технических систем.

Примерные вопросы для вступительного экзамена:

1. Виды разрушения. Механизмы зарождения трещин. Вязкое, хрупкое разрушение. Явление несовершенной упругости. Упругий гистерезис и последствие. Эффект Баушингера. Релаксация напряжений. Ползучесть, усталость.

2. Классификация видов изнашивания. Количественные характеристики изнашивания. Износостойкость и классы износостойкости. Основные закономерности изнашивания. Модели и кинетика разрушения фрикционного контакта. Влияние различных факторов на износостойкость. Изменение вида разрушения поверхностей при трении в зависимости от режимов работы (приработка, установившийся и форсированный режимы). Особенности изнашивания полимерных материалов.

3. Сорбционные процессы. Физическая адсорбция и хемосорбция. Адсорбционное облегчение деформации. Адгезия и когезия. Виды адгезионного взаимодействия. Пленки на поверхностях твердых тел и механизмы их образования. Дисперсные системы.

4. Термодинамический подход к разрушению и изнашиванию твердых тел.

5. Неметаллические материалы. Особенности структуры и свойств полимеров. Композиционные материалы.

6. Характеристика основных видов изнашивания: абразивное, гидроабразивное, кавитационное, усталостное, окислительное, при схватывании (заедании), при фреттинге, электроэрозионное, водородное, при избирательном переносе.

7. Методы описания поверхностей твердых тел. Виды неровностей поверхностей деталей машин. Характеристики микрогеометрии поверхностей. Методы измерения микрогеометрии. Контактное взаимодействие твердых тел.

8. Характеристика основных видов изнашивания: абразивное, гидроабразивное, кавитационное, усталостное, окислительное, при схватывании (заедании), при фреттинге, электроэрозионное, водородное, при избирательном переносе.

9. Триботехнические конструкционные материалы. Совместимость трибосистем. Выбор конструкционных материалов трибосистем с учетом их совместимости. Понятие о самоорганизации трибосистем. Принципы создания новых материалов на основе структурной приспособляемости и самоорганизации трибосистем.

10. Дискретность контакта. Микро- и макромасштабный уровень рассмотрения характеристик дискретного контакта. Номинальная, контурная и фактическая площади касания. Сближение поверхностей под нагрузкой. Понятие о ненасыщенном и насыщенном контакте. Механика контактного взаимодействия твердых тел с шероховатыми поверхностями

11. Качение тел, обладающих свойствами релаксации и последействия. Особенности свободного качения, с тормозным и тяговым моментом. Опоры качения. Контактная прочность. Долговечность опор качения.

12. Внешнее трение. Основные положения и развитие теории внешнего трения. Виды фрикционного взаимодействия. Трение скольжения, качения и вращения. Трение покоя. Предварительное смещение твердых тел при внешнем трении. Предварительное смещение при упругих и пластических деформациях в зонах контакта микронеровностей. Механизмы диссипации энергии при фрикционном взаимодействии.

13. Физическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазки. Трибологические системы. Виды подобия в трибосистемах. Метод анали-

за размерностей и его использование при моделировании процессов трения и изнашивания.

14. Граничная смазка. Природа и строение граничных слоев. Закономерности процессов при граничной смазке. Влияние смазочного материала, температуры, скорости скольжения, шероховатости поверхностей трения на процессы при граничной смазке.

15. Триботехнологии. Виды износостойких покрытий и упрочнения поверхностных слоев. Наплавка износостойких слоев. Напыление износостойких покрытий из порошковых материалов. Лазерное упрочнение.

16. Жидкостная смазка. Виды жидкостной смазки: гидродинамическая, гидростатическая, гидростатодинамическая, эластогидродинамическая. Гидродинамическая смазка. Основные уравнения теории гидродинамической смазки. Уравнение Рейнольдса и граничные условия. Эластогидродинамическая смазка. Газовая смазка.

17. Принципы конструирования узлов трения различного назначения. Основы проектирования, подбора материалов и конструктивного оформления узлов трения. Принцип геометрической оптимизации трибосистем.

18. Металлические материалы для узлов трения различного назначения. Рекомендуемые области использования антифрикционных сплавов. Порошковые, керамические композиционные материалы для антифрикционных и фрикционных узлов трения. Полимерные и металлополимерные композиционные материалы для подшипников, опор скольжения, тормозов и муфт сцепления.

19. Классификация смазочных материалов: по агрегатному состоянию, происхождению, способу получения, назначению. Жидкие смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент масел. Базовые масла. Функциональные присадки, антифрикционные добавки к маслам. Пластичные смазочные материалы. Состав, эксплуатационные свойства и ассортимент пластичных смазок. Твердые смазочные материалы.

20. Силы и коэффициенты внешнего трения. Определение сил и коэффициентов внешнего трения при упругих и пластических деформациях в зоне контакта микронеровностей.

21. Трибометрия и трибодиагностика. Цикл триботехнических испытаний. Испытательная техника для трибологических испытаний и исследований пар трения.

Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

Основная литература:

1. Гаркунов, Д. Н. Триботехника: [учебное пособие] / Д. Н. Гаркунов, Э. Л. Мельников, В. С. Гаврилюк — Москва: КноРус, 2011.- 408 с.: ил.
2. Пенкин, Н. С. Основы трибологии и триботехники [Электронный ресурс] / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин — Москва: Машиностроение, 2012. - 208 с.: ил.
3. Тихомиров, В.П. Трибология: Учебное пособие / В.П. Тихомиров, В.В. Порошин, О.А. Горленко, Д.Ю. Богомоллов, М.А. Измеров / 2-е изд., доп. - М: МИИР, 2014. – 360 с.

Дополнительная литература:

1. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учеб. для техн. вузов / Под ред. А.В. Чичинадзе. 2-е изд. М.: Машиностроение, 2001.
2. Трение, износ и смазка. Учебник для вузов / под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576с.
3. Мышкин, Н. К. Трение, смазка, износ: Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. – М.: Физматлит, 2007. – 368 с.
4. Методы испытаний на трение и износ: Справочник / Л. И. Куксенова [и др.]. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 152 с.
5. Инженерия поверхности деталей / Под ред. А.Г. Сулова. М.: Машиностроение. 2008. – 320 с.
6. Заславский Ю.С., Артемьева В.П. Новое в трибологии смазочных материалов. – М.: Издательство «Нефть и газ», 2001. – 480 с.
7. Машиностроение. Энциклопедия / Ксенович И.П.. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
8. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; под ред. Д.Г. Громаковского; Самара: Самарский гос. техн. ун-т., 2000. – 268 с.
9. Богданович П.Н., Прушак В.Я. Трение и износ в машинах: Учеб. для техн. вузов. Минск: Высш. шк. 1999.
10. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – 4-е изд., переработ. и доп. – М.: «Издательство МСХА», 2001.
11. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М.: Высш. шк., 1991.
12. Справочник по триботехнике / Под общ. ред. М. Хебды, А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение; Варшава. Т.1: 1989; Т.2: 1990; Т.3: 1992.

13. Фукс И.Г., Буяновский И.А. Введение в трибологию. М.: Нефть и газ, 1995.

Интернет-ресурсы:

1. <http://elibrary.ru> – научная электронная библиотека;
2. <http://www.knigafund.ru> – Фонд электронной библиотечной системы "Книга Фонд";
3. <http://tochpribor-nw.ru> – оборудование и документация для испытательных машин;
4. <http://www.e.lanbook.com> – Фонд электронно-библиотечной системы;