

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной и инновационной
деятельности



А.А. Артемьев
_____ 2022 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
по специальной дисциплине
для поступающих на обучение по образовательным программам высшего образования -
программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах

Тверь, 2022

Программа вступительных испытаний для поступающих на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах разработана в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) программам магистратуры.

Составители:

д.т.н., профессор

к.т.н., доцент



В.В. Измайлов

О.О. Новикова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры прикладной физики от «30» марта 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой прикладной физики,

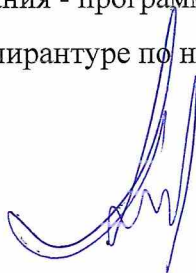
ответственный за реализацию

образовательной программы высшего образования - программы подготовки

научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.5.3.

Трение и износ в машинах

д.т.н., профессор



А.Н. Болотов

СОГЛАСОВАНО:

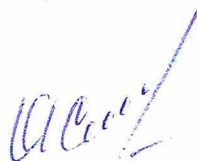
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры



О.И. Туманова

Начальник отдела комплектования

зональной научной библиотеки



О.Ф. Жмыхова

Требования к лицам, поступающим в аспирантуру

Лица, желающие освоить программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 2.5.3. Трение и износ в машинах должны иметь высшее образование (специалитет или магистратура).

Лица, имеющие высшее образование, принимаются в аспирантуру по результатам сдачи вступительных испытаний на конкурсной основе.

Содержание вступительного испытания

1. Вводный раздел

Основные понятия, термины и определения. Сведения об истории развития трибологии.

2. Общие сведения о механических и физико-химических свойствах материалов и их поверхностях

Основы теории твердого тела. Понятие о диаграммах состояния. Силы связей в твердых телах. Изменение свойств твердых тел в зависимости от температуры.

Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Дефекты в кристаллах.

Механические свойства материалов.

Виды разрушения. Механизмы зарождения трещин. Вязкое, хрупкое разрушение.

Диффузия в твердых телах.

Поверхность твердых тел. Особенности строения и состава поверхностных слоев.

Поверхностная энергия.

Сорбционные процессы. Физическая адсорбция и хемосорбция. Адгезия и когезия.

Виды адгезионного взаимодействия. Пленки на поверхностях твердых тел и механизмы их образования. Дисперсные системы.

Неметаллические материалы. Особенности структуры и свойств полимеров.

Композиционные материалы.

2. Геометрические характеристики поверхностей и контактное взаимодействие твердых тел

Геометрические характеристики поверхностей твердых тел

Общие представления о реальной топографии поверхностей трения. Методы описание поверхностей твердых тел. Виды неровностей поверхностей деталей машин.

Характеристики микрогеометрии поверхностей. Методы измерения микрогеометрии.

Контактное взаимодействие твердых тел

Механика контактного взаимодействия твердых тел.

Номинальная, контурная и фактическая площади касания. Сближение поверхностей под нагрузкой. Понятие о ненасыщенном и насыщенном контакте. Механика контактного взаимодействия твердых тел с шероховатыми поверхностями.

Методы расчета фактической площади касания. Соотношения между фактическими площадями контакта и сближением контактирующих тел в неподвижном состоянии и при скольжении. Экспериментальные способы определения фактических площадей касания и сближений.

Деформация шероховатых волн.

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.

Трение качения и трение верчения. Природа трения качения. Качение упругих тел. Сцепление и проскальзывание при качении. Распределение нормальных и тангенциальных напряжений.

Опоры качения. Контактная прочность. Долговечность опор качения.

4. Изнашивание твердых тел

Классификация видов изнашивания. Количественные характеристики изнашивания. Износостойкость и классы износостойкости. 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.

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

Методы повышения износостойкости узлов трения.

6. Смазка

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

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

Гидродинамическая смазка.

Расчет стационарно-нагруженных подшипников скольжения. Несущая способность, потери на трение в смазочном слое. Тепловой баланс. Критерии оценки работоспособности подшипников скольжения.

Эластогидродинамическая смазка. Уравнения течения смазки и упругости. Зависимость вязкости смазочного материала от температуры и давления. Толщина смазочного слоя.

Газовая смазка.

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. Переходные температуры при граничной смазке и температурно-кинетический метод их оценки. Изнашивание при граничной смазке. Подход к подбору смазочных материалов по критерию предельной температуры. Специфические методы организации граничной смазки: избирательный перенос (эффект безызносности), эффект трибополимеризации.

Трение, износ, смазка в экстремальных условиях. Трение, износ и смазка в экстремальных условиях. Влияние низких и высоких температур при трении. Воздействие радиации, вакуума, газовой среды, электромагнитных полей. Трибологические проблемы в космосе. Трение, сопровождаемое током.

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.

Тепловая динамика трения и износа твердых тел. Определение интенсивности изнашивания при трении с учетом тепловых процессов.

8. Моделирование процессов трения, изнашивания и смазки

Физическое моделирование процессов трения, изнашивания и смазки. Трибологические системы. Виды подбоя в трибосистемах. Метод анализа размерностей и его использование при моделировании процессов трения и изнашивания.

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.

Полимерные и металлополимерные композиционные материалы для подшипников, опор скольжения, тормозов в муфт сцепления.

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.

10. 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.

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.

12. 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.

13. Экологические и экономические аспекты трибологии

Трибологические источники загрязнений окружающей среды. Направление работ по улучшению экологических и экономических показателей работы машин. Методики оценки экономической эффективности и экологической чистоты технических систем.

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Ахматов, А.С. Молекулярная физика граничного трения / А.С. Ахматов. - Москва : Государственное изд-во физико-математической литературы, 1963. - 472 с. - Текст : непосредственный. - 26 р. 80 к. - (ID=125098-2)
2. Болотов, А.Н. Исследование физико-химических и смазочных свойств магнитных масел : отчет о НИР (заключ.) / А.Н. Болотов, Н.Б. Демкин; Тверской гос. техн. ун-т. - Г/б тема N 8;НГР 01930004719 ; Инв.№ 02960003482. - Тверь : ТвГТУ, 1995. - 99, [9] с. - [б. ц.]. - (ID=2181-0)
3. Волкова, В.К. Теплофизические свойства композиционных материалов с полимерной матрицей и твердых растворов / В.К. Волкова; Омский гос. техн. ун-т. - Махачкала : Наука, 2011. - 102 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-904006-03-7 : 200 р. - (ID=101392-1)
4. Горленко, О. А. Прикладная механика: триботехнические показатели качества машин : учебное пособие для вузов / О. А. Горленко, В. П. Тихомиров, Г. А. Бишутин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 264 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02382-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491962>
5. Демкин, Н.Б. Разработка методов расчета износа узлов трения на основе упругопластической модели фрикционного контакта : отчет о НИР (заключ.) / Н.Б. Демкин; Тверской гос. техн. ун-т ; отв. исполн. В.М. Алексеев. - Тема N 9-Г/Б;N ГР 01930004721. - Тверь, 1995. - 54, [6] с. - (ID=2018-1)
6. Демкин, Н.Б. Разработка ЭВМ-модели контактного взаимодействия поверхностей при трении и изнашивании : отчет о НИР (заключ.) / Н.Б. Демкин, В.М. Алексеев, О.О. Туманова; Тверской гос. техн. ун-т ; отв. исполн. В.М. Алексеев. - Тема 1. 6. 96; Инв.№ 02.9.80 001985 ; №ГР 01960010795 . - Тверь, 1997. - 29 с. - [б. ц.]. - (ID=7613-0)
7. Демкин, Н.Б. Физические основы трения и износа машин : учеб. пособие / Н.Б. Демкин; Калининский политехн. ин-т, Каф. физики. - Калинин : КПИ, 1981. - 116 с. - Библиогр. : с. 115. - Текст : непосредственный. - 38 к. - (ID=60074-76)
8. Когаев, В.П. Прочность и износостойкость деталей машин : учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / В.П. Когаев, Ю.Н. Дроздов. - М. : Высшая школа, 1991. - 319 с. : ил. - Текст : непосредственный. - 1 р. 60 к. - (ID=85959-11)
9. Основы трибологии (трение, износ, смазка) : учебник для вузов / Э.Д. Браун [и др.]; под ред. А.В. Чичинадзе. - Москва : Наука и техника, 1995. - 778 с. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-900359-10-7 : 100 р. - (ID=12334-1)

10. Основы трибологии (трение, износ, смазка) : учебник для вузов : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Чичинадзе [и др.]; под общей редакцией А.В. Чичинадзе. - 2-е изд. ; перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2001. - 663 с. : ил. - (Федерал. целевая программа "Гос. поддержка интеграции высш. образования и фундам. науки на 1997 - 2000 годы"). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-217-03053-4 : 70 p. - (ID=8780-26)
11. Петров, А. Н. Теория обработки металлов давлением: штампы, износ и смазочные материалы : учебное пособие для вузов / А. Н. Петров, П. А. Петров, М. А. Петров. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 130 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12027-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/495833>
12. Проблемы машиноведения : точность, трение и износ, надежность, перспективные технологии / Э.Д. Браун [и др.]; под общ. ред. В.П. Булатова ; РАН, Ин-т проблем машиноведения. - СПб. : Наука, 2005. - 740 с. : ил. - Библиогр. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-02-025020-1 : 185 p. - (ID=61912-1)
13. Современная трибология: Итоги и перспективы / Э.Д. Браун [и др.]; РАН, Ин-т машиностроения им. А.А. Благонравова ; отв. ред.: К.В. Фролов. - М. : Физматлит, 2008. - 476 с. - Списки лит. в конце гл. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-382-00518-8 : 300 p. - (ID=72602-2)
14. Соппротивление материалов. Твердость и трещиностойкость наноструктурных керамик : учебное пособие для вузов / О. Л. Хасанов [и др.]. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 150 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01010-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/490469>
15. Теплофизические свойства горячей плотной плазмы = Thermophysical Properties of Hot Dense Plasmas / В. Эбелинг [и др.]; пер. с англ. Ю.В. Колесниченко. - М. ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика : Ин-т компьютерных исследований, 2007. - 400 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-93972-646-7 : 170 p. - (ID=72658-1)
16. Тихомиров, В.П. Трибология: методы моделирования процессов : учебник и практикум для вузов / В.П. Тихомиров, О.А. Горленко, В.В. Порошин. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-534-04911-4. - URL: <https://urait.ru/bcode/491301>. - (ID=146119-0)
17. Горленко, А. О. Триботехнология : учебное пособие для вузов / А. О. Горленко, О. А. Горленко, А. С. Проскурин ; под редакцией О. А. Горленко. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 187 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01691-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/491300>
18. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) : в составе учебно-методического комплекса / А.В. Чичинадзе [и др.]; под общей редакцией А.В. Чичинадзе. - Москва : Машиностроение, 2003. - 575 с. : ил. - (УМК-У). - Текст : непосредственный. - ISBN 5-217-03193-X : 660 p. - (ID=16453-9)
19. Трибология. Исследования и приложения. Опыт США и стран СНГ / под ред.: В.А. Белого [и др.]. - Москва : Машиностроение, 1993. - 452 с. : ил. - ISBN 5-271-00975-6 : 800 p. - (ID=777-1)
20. Хопин, П. Н. Трибология : учебник для вузов / П. Н. Хопин, С. В. Шишкин. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 236 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14021-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496771>. - (ID=139613-0)

Дополнительная литература:

1. Андронов, В. В. Сухое трение в задачах механики / В. В. Андронов, В. Ф. Журавлёв. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2010. — 184 с. — ISBN 978-5-93972-856-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/16631.html>
2. Болотов, А.Н. Теоретические и экспериментальные исследования процессов в триботехнических системах : монография / А.Н. Болотов, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской государственный технический университет. - Тверь : ТвГТУ, 2019. - 163 с. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-7995-1024-4 : 200 р. - (ID=134491-5)
3. Болотов, А.Н. Триботехника магнитопассивных опор скольжения : монография / А.Н. Болотов; Тверской гос. техн. ун-т. - Тверь : ТвГТУ, 2008. - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - (ID=67550-1)
4. Гаркунов, Д.Н. Триботехника : учеб. пособие по направлению подготовки "Автоматизир. технологии и пр-ва", "Конструктор.-технолог. обеспечение машиностроит. пр-в" / Д.Н. Гаркунов, Э.Л. Мельников, В.С. Гаврилюк. - 2-е изд. ; стер. - М. : КноРус, 2013. - 408 с. - (Бакалавриат). - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-406-02686-1 : 805 р. - (ID=100608-2)
5. Гусев, А.Ф. Лабораторный практикум. Трибология : учебно-методическое пособие / А.Ф. Гусев, В.В. Измайлов, М.В. Новоселова; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. ПФ. - Тверь : ТвГТУ, 2021. - 52 с. - Текст : непосредственный. - 126 р. 75 к. - (ID=138763-55)
6. Инженерия поверхности деталей / А.Г. Суслов [и др.]; под ред. А.Г. Суслова. - М. : Машиностроение, 2008. - 318 с. - Библиогр. : с. 312 -318. - Текст : непосредственный. - ISBN 978-5-217-03427-7 : 750 р. - (ID=82026-3)
7. Комбалов, В.С. Методы и средства испытаний на трение и износ конструкционных и смазочных материалов: справочник / В.С. Комбалов; под ред.: К.В. Фролова, Е.А. Марченко. - Москва : Машиностроение, 2008. - ЭБС Лань. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-217-03370-6. - URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=743. - (ID=108433-0)
8. Полимерные композиционные материалы в триботехнике / Ю.К. Машков [и др.]. - Москва : Недра, 2004. - 262 с. : ил. - Библиогр. : с. 256 - 260. - Текст : непосредственный. - ISBN 5-8365-0188-2 : 60 р. - (ID=60258-1)
9. Суслов, А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин / А.Г. Суслов. - Москва : Машиностроение, 2000. - 318 с. - ISBN 5-217-02976-5 : 100 р. - (ID=7790-1)
10. Трение и изнашивание механизмов, смазочные материалы : учебно-методическое пособие / С. А. Поляков, Л. А. Андриенко, В. В. Лычагин, Е. М. Кулешова. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2020. — 52 с. — ISBN 978-5-7038-5479-2. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115667.html>

Программное и коммуникационное обеспечение

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС IPRbooks: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>

Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ" : сетевая версия (годовое обновление) : [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.]. Диск 1, 2, 3, 4. - М. :Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст : электронный. - 119600 р. – (105501-1)

8. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/138232>

Периодические издания

1. Трение и износ : журнал. - Внешний сервер. - Текст : непосредственный. - Текст : электронный. - 10659-86. - URL: <http://nasb.gov.by/rus/publications/trenie/index.php>. - URL: https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=9621. - (ID=77204-1)
2. Вестник Тверского государственного технического университета : научный рецензируемый журнал. № 4 (12), 2021 / редакционная коллегия: А.Н. Болотов (гл. ред.) [и др.] ; Тверской государственной технической университет. - Тверь : ТвГТУ, 2021. - 99 с. - (Технические науки). - Сервер. - Текст : электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/144772>. - (ID=144772-1)

Форма проведения вступительного испытания и критерии оценки

Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в письменной или устной форме, с сочетанием указанных форм, или в иных формах, определяемых ТвГТУ (по билетам, в форме собеседования по вопросам, перечень которых доводится до сведения поступающих путем публикации на официальном сайте).

Уровень знаний оценивается экзаменационной комиссией утверждённой по соответствующему направлению (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по 5-балльной шкале (2 балла – «неудовлетворительно», 3 балла – «удовлетворительно», 4 балла – «хорошо», 5 баллов – «отлично»). Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему.

Оценка на вступительном испытании экзаменационной комиссией:

- 5 баллов - «отлично», если поступающий в аспирантуру показал глубокие знания по всем поставленным вопросам, грамотно и логично их излагает;

- 4 балла - «хорошо», если поступающий в аспирантуру твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответах на поставленные вопросы, представил ответы не в полном объеме (не менее 75%), либо в полном объеме, но с несущественными погрешностями и ошибками;

- 3 балла - «удовлетворительно», если поступающий в аспирантуру показывает знания только основных положений по поставленным вопросам, требует в отдельных случаях наводящих вопросов членов экзаменационной комиссии для принятия правильного решения, допускает отдельные неточности; представил ответы не в полном объеме (не менее 50%) либо в полном объеме, но с существенными погрешностями и ошибками;

- 2 балла - «неудовлетворительно», если поступающий в аспирантуру допускает грубые ошибки в ответах на поставленные вопросы; представил ответы не в полном объеме (менее 50%).

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

вступительного испытания для поступающих на обучение по программам
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной
специальности

2.5.3 Трение и износ в машинах

1. Что такое поверхностная энергия? Какова ее природа? Как она влияет на процессы трения и изнашивания?

2. Какой механизм изнашивания, по-вашему, преобладает при изнашивании токарного резца? Железнодорожных и трамвайных рельс?

3. Оцените величину линейного износа детали (толщину изношенного слоя) на пути трения L в результате абразивного изнашивания. Номинальная площадь контакта 100 см^2 . Данные, необходимые для расчета, приведены в таблице.

Материал детали	Микро- твердость, H , МПа	Путь трения, L , км	Нагрузка на контакт N , Н
Бронза	2200	20	50