



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
Направленность: Физика конденсированного состояния вещества

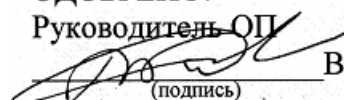
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра экспериментальной и технической физики

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

  
(подпись) В.А.Годлевский

« 13 » июня 20 18 г.

### Рабочая программа дисциплины

#### Нанотрибология

Уровень высшего образования:	академическая магистратура
Квалификация выпускника:	магистр
Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Направленность (профиль) образовательной программы:	Физика конденсированного состояния вещества
Тип образовательной программы:	программа академической магистратуры

Иваново



### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Основы триботехники» призвана познакомить студента, обучающегося по направлению «03.04.02 Физика» и направленности «Физика конденсированного состояния вещества», сформировать основы знаний и умений в области трибологической науки. Цель дисциплины – сформировать у студентов систему знаний по проблемам трения, износа и смазки трибосопряжений машин, вооружить будущих специалистов теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для исследовательской и инженерной работы с объектами техники.

Задачами дисциплины являются:

- изучение студентами достижений науки и техники в области триботехники и смазочных материалов.
- освоение основных закономерностей трения: скольжения (жидкостного, граничного, сухого) и качения;
- уяснение причин и этапов процесса ужесточения износа деталей при трении скольжении; совместимости поверхностей трения;
- расчет трибосопряжений; разработка и обеспечение качества триботехнических материалов и их показателей;
- знакомство с процессами упрочнения и восстановления поверхностей трения

### 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана. Дисциплина базируется на изученных в рамках бакалавриата дисциплинах «Анализ экспериментальных данных», «Теория вероятностей и математическая статистика» Курс связан с рядом прикладных дисциплин, для которых характерен инженерный эксперимент и прикладные аспекты физики конденсированного состояния вещества. Например, это дисциплины «Механические свойства твердых тел», «Физикохимия смазочных материалов и процессов», «Физика и химия обработки материалов», «Метрология, стандартизация и сертификация». Знания об организации и планировании эксперимента могут быть востребованы при выполнении производственных и научных практик, в ходе практики НИР, а также при выполнении ВКР.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: Основы физикохимии поверхностных явлений, основные понятия трибологии;

Уметь: Искать и анализировать специальную научную и патентную литературу;

Владеть: Базовыми навыками трибологических экспериментов.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

**3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина** (согласно матрице соответствия компетенций и составляющих ОП)

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

- общепрофессиональные (ОПК):  
способность использовать знания \ современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6);
- профессиональные (ПК):
- дополнительные (ПКВ):  
способность осуществлять профессиональную деятельность в области научного исследования структуры и физических свойств материалов и наносистем (ПКВ-1).



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
Направленность: Физика конденсированного состояния вещества

### 3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- основные положения теории внешнего трения, механики контактного взаимодействия твердых тел для повышения ресурса трибосопряжений
- основные виды и характеристики изнашивания машин; влияние механических, химических и физических воздействий на свойства поверхностей трущихся тел

**Уметь:**

- применять знания естественных наук для решения прикладных вопросов изнашивания материалов и повышения срока службы машин
- определять и оценивать силы и коэффициенты внешнего трения для трибосопряжений и рабочих органов машин; выбирать триботехнологии для исследуемых условий эксплуатации техники;

**Владеть:**

- навыками использования технических средств контроля геометрии, структуры и свойств материалов триботехнического назначения; - навыками идентификации и применения триботехнических материалов для деталей машин

### 4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы (144 академических часа).

#### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Разделы (темы) дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по очной форме обучения)  Формы промежуточной аттестации
			Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	
1.	История возникновения нанотрибологии как особого раздела науки о трении	4	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
2.	Особенности трения на микро/наномасштабном уровне.	4	2	2	Входная диагностика: тест с последующим



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
Направленность: Физика конденсированного состояния вещества

					обсуждением результатов.
3.	Физические процессы на площадках нанотрибоконтактов	4	2	4	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
4.	Экспериментальная техника для изучения нанотрибологических процессов и объектов.	4	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
5.	Теория сил трения в трибоконтактах.	4	2	2	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
6.	Явления избирательного переноса, водородного изнашивания и аномального низкого трения.	1	4	4	Входная диагностика: тест с последующим обсуждением результатов.
7.	Принципы компьютерного молекулярного моделирования наноразмерных трибосистем.	1	2	2	
8.	Ультрадисперсные компоненты смазочных материалов	1	2	2	
9.	Перспективные технологические применения результатов нанотрибологических исследований.	1	2	2	
Итого за семестр:			18	18	Зачет
Итого по дисциплине:					44

#### 4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

№ темы	Основное содержание темы
1	1.1 Общие сведения. 1.2 Сроки службы трудящихся деталей. 1.3 Убытки от трения и износа в машинах. 1.4 Общие сведения о поверхности деталей, ее геометрии и шероховатости. 1.5 Структурные и фазовые превращения и остаточные напряжения в поверхностном слое.
2	2.1 Общие сведения о трении. 2.2 Трение без смазочного материала. 2.3 Трение при граничной смазке. 2.4 Трение при полужидкостной смазке. 2.5 Механизм изнашивания металлических поверхностей. 2.6 Стадии изнашивания поверхностей трения.
3	3.1 Общие сведения. 3.2 Водородное изнашивание. 3.3 Абразивное изнашивание. 3.4 Окислительное изнашивание. 3.5 Изнашивание вследствие деформации, диспергирование и выкрашивания, коррозии. 3.6 Кавитационное изнашивание, эрозийное изна-



	шивание. 3.7 Схватывание, заедание фреттинг-коррозия.
4	4.1 Усталостные разрушения, трещинообразование. 4.2 Разрушения при контактных нагрузках.
5	5.1 Эффект безызносности. 5.2 Механизм образования серовитной пленки и ее структура. 5.3 Физические основы эффекта безызносности. 5.4 Использование эффекта безызносности в узлах трения машин.
6	6.1 Разделение материалов пар трения по назначению и их выбор при конструировании узлов трения. 6.2 Критерии работоспособности материалов в парах трения. 6.3 Правила сочетания материалов. 6.4 Порошковые материалы. 6.5 Пластмассы.
7.	7.1 Жесткость, податливость и специальная конфигурация 7.2 Принцип взаимного дополнения качеств 7.3. Облицовка поверхностей, накладки, вставки. 7.4 Плавающие детали 7.5. Замена внешнего трения внутренним 7.6 Замена рения скольжения трением качения 7.7. Уменьшение напряжений, разгрузка рабочих поверхностей 7.8 Учет температурных деформаций 7.9 Защита узлов трения от загрязнений
8.	8.1 Общие ведения 8.2 Физико-химические характеристики смазочных материалов (СМ) 8.3 Присадки к СМ 8.4 Твердые СМ, пластичные СМ, металлоплакирующие СМ 8.5 Выбор СМ, подвод и распределение СМ 8.5 Особенности разных видов смазочных материалов
9.	9.1 Общие сведения. 9.2 Качество сопрягающихся поверхностей и точность их взаимного расположения в связи с их износостойкостью. ХТО и ТО рабочих поверхностей деталей. 9.3 Химическая и эл химическая обработка поверхностей деталей, наплавка деталей. 9.4 Металлизация, электроискровая обработка, ЭМО, ла-зерная обработка, ППД, алмазное выглаживание, ФАБО.
10	

## 5. Образовательные технологии

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: Классическая лекция, мультимедиа технологии; технологии смешанного обучения презентационная графика

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

*Методические материалы пред(Описываются способы организации самостоятельной работы студентов (может быть ссылка на табл. 4.1), какие методические материалы обеспечивают самостоятельную работу студентов, где и как их найти, как обеспечен к ним доступ (сайт кафедры, личный сайт преподавателя, информационный ресурс в кабинете и т.д.*

*Полностью весь методический материал по обеспечению самостоятельной работы студентов приводится в Приложении 1 к РП. После общей характеристики способов организации самостоятельной работы в РП можно сделать эту ссылку.)*

## 7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Шкала оценивания компетенций: \_\_

Шкала оценивания компетенций: \_\_

– Зачтено обучающийся правильно, четко, аргументировано и в полном объеме изложил содержание теоретических зачетных (экзаменационных) вопросов, успешно выполнил практические задания, убедительно ответил на все дополнительные вопросы, показал высокий уровень сформированных компетенций;



– Не зачтено - обучающийся не изложил содержания основных положений теоретических зачетных вопросов, неправильно выполнил практическое задание, испытывал серьезные затруднения при ответах на дополнительные вопросы, не показал пороговый уровень сформированных компетенций:

«Типовые варианты тестовой работы представлены в фонде оценочных средств (Приложение 2)».)

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Основная литература:**

1. Беркович И.И., Громаковский Д.Г. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / Под ред. Д.Г. Громаковского. - Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2000. - 268 с. То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://window.edu.ru/resource/532/73532/files/trib2000.pdf>
2. Мышкин, Николай Константинович. Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии / Н. К. Мышкин, М. И. Петроковец. — М. : Физматлит, 2007. — 367 с. — (Механика). — ISBN 978-5-9221-0824-9.

### **Дополнительная литература:**

1. Сафонов Б.П., Бегова А.В. Инженерная трибология: оценка износостойкости и ресурса трибосопряжений: Учебное пособие для студентов специальности 170515 / РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт. - Новомосковск, 2004. - 66 с. То же [Электронный ресурс]. <http://window.edu.ru/resource/275/63275>

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет» <https://uni.ivanovo.ac.ru>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **Учебные аудитории:**

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, выполнения курсовых работ (проектов) с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами

Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации:



Основная профессиональная образовательная программа  
03.04.02 Физика  
Направленность: Физика конденсированного состояния вещества

Автор(ы) рабочей программы дисциплины: профессор, доктор технических наук,  
профессор Годлевский В.А

Программа рассмотрена на заседании кафедры экспериментальной и технической физики  
« 4 » июня 20 18 г., протокол № 4

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № 1 от « 31 » августа 20 19 г.

Согласовано:  
Руководитель ОП  В.А. Годлевский  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ В.А. Годлевский  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Согласовано:  
Руководитель ОП \_\_\_\_\_ И.О. Фамилия  
(подпись)