

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 02 » июня 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Инженерная трибология  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Машины, аппараты химических производств и  
нефтегазопереработки  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

формирование комплекса знаний, умений и навыков в области проектирования технических систем и оценки надежности, входящих в них, элементов трибосопряжений.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующую компетенцию:

– способность оценивать надежность технических систем, оптимальные способы защиты механизмов и машин от трения и износа, правильно выбирать для этого новые конструкционные материалы и современные методы неразрушающего контроля технологического оборудования (ПСК-2).

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- модели процесса износа и его скорости;
- методы исследования и критерии оценки износостойкости сталей;
- статистические модели при расчете трибосопряжений.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает современные методы неразрушающего контроля (НК), основные требования безопасной эксплуатации объектов химического и нефтегазового комплекса и основные мероприятия по снижению износа при разработке оборудования химических производств.	Знает современные методы неразрушающего контроля (НК), основные требования безопасной эксплуатации объектов химического и нефтегазового комплекса и основные мероприятия по снижению износа при разработке оборудования химических производств.	Зачет
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет проводить диагностику оборудования методами НК, анализ эксплуатационных рисков и угроз, определять степень износа и выбирать конструкционные материалы машин и аппаратов химических производств.	Умеет проводить диагностику оборудования методами НК, анализ эксплуатационных рисков и угроз, определять степень износа и выбирать конструкционные материалы машин и аппаратов химических производств.	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками работы с приборами НК, разработки мероприятий по снижению эксплуатационных рисков и угроз, вероятностной оценки безаварийной и надежной работы химического оборудования.	Владеет навыками работы с приборами НК, разработки мероприятий по снижению эксплуатационных рисков и угроз, вероятностной оценки безаварийной и надежной работы химического оборудования.	Зачет
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1.	Знает современные достижения в области разработки современных систем управления и оборудования химических производств, современные материалы, используемые при проектировании оборудования нефтегазопереработки.	Знает современные достижения в области разработки современных систем управления и оборудования химических производств, современные материалы, используемые при проектировании оборудования нефтегазопереработки.	Зачет
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1.	Умеет выполнять проектные работы основных машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки.	Умеет выполнять проектные работы основных машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки.	Зачет
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками подготовки проектных решений химического оборудования и систем управления химических производств с точки зрения надежной и безаварийной эксплуатации оборудования нефтегазопереработки.	Владеет навыками подготовки проектных решений химического оборудования и систем управления химических производств с точки зрения надежной и безаварийной эксплуатации оборудования нефтегазопереработки.	Зачет

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	12	12	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	56	56	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
4-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины				
Процессы контактного взаимодействия при трении	5	0	8	33
Характеристики изнашивания, Кинетика изнашивания, Виды изнашивания деталей трибосопряжения, Методы исследования износостойкости деталей,				
Методы оценки износостойкости деталей	2	0	8	20
Критерии оценки износостойкости сталей				
Трибомеханическая система	4	0	40	55
Трибомеханическая система как объект анализа, Статистические модели в расчетах трибосопряжений, Расчет сопряжения «вал-втулка», Расчет опоры жидкостного трения				
ИТОГО по 4-му семестру	12	0	56	108
ИТОГО по дисциплине	12	0	56	108

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение параметров кинетики изнашивания
2	Определение критериев износостойкости
3	Получение статистической зависимости вида «износостой-кость-свойство»
4	Построение рядов износостойкости сталей
5	Расчет опоры сухого и граничного трения на ресурс

### 5. Организационно-педагогические условия

#### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

#### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

### 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

#### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Доценко А. И. Основы триботехники : учебник для вузов / А. И. Доценко, И. А. Буяновский. - Москва: ИНФРА-М, 2014.	2
2	Пенкин Н.С. Основы трибологии и триботехники : учебное пособие для вузов / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин. - М.: Машиностроение, 2008.	3
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гаркунов Д. Н. Триботехника : учебник для вузов / Д. Н. Гаркунов. - Москва: Машиностроение, 1989.	15
2	Гаркунов Д.Н. Триботехника. Износ и безызносность : учебник / Д.Н.Гаркунов. - Москва: Изд-во МСХА, 2001.	6
3	Основы трибологии (трение, износ, смазка) : учебник для втузов / Э. Д. Браун [и др.]. - Москва: Наука и техника, 1995.	9
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Доценко А. И. Основы триботехники : учебник для вузов / А. И. Доценко, И. А. Буяновский. - Москва: ИНФРА-М, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks172427">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks172427</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Пенкин Н.С. Основы трибологии и триботехники : учебное пособие для вузов / Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин. - М.: Машиностроение, 2008.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks129023">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks129023</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Microsoft Office Visio Professional 2016 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Мультимедиа комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	1
Практическое занятие	Мультимедиа комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	10

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Инженерная трибология»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.02 «Технологические машины и оборудование»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	«Машины, аппараты химических производств и нефтегазопереработки»
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр: 4</b>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	дифференцированный зачёт: 4 сем



**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (4-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретённых владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала и зачёта. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Промежуточный
	УО	ТО	РТ	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>				
<b>З.1</b> знает показатели надёжности, безотказности, ремонтпригодности	УО	ТТ	РТ	РТ
<b>З.2</b> знает методы расчета показателей надёжности, эффективности функционирования элементов и систем		ТТ	РТ	РТ
<b>З.3</b> знает закономерности надёжности при отказах и восстановлении технических объектов		ТТ	РТ	РТ
<b>З.4</b> знает общие принципы экспериментальной оценки надёжности		ТТ	РТ	РТ
<b>Освоенные умения</b>				
<b>У.1</b> умеет производить выбор и расчёт показателей надёжности для различных систем и элементов			РТ	РТ
<b>У.2</b> умеет формулировать задачу оптимального резервирования и обеспечения оптимальным управлением запасами			РТ	РТ
<b>У.3</b> умеет производить статистическую обработку информации о надёжности систем по результатам эксплуатации и испытаний			РТ	РТ
<b>Приобретённые владения</b>				
<b>В.1</b> владеет навыками расчета вероятности безотказной работы изделий			РТ	РТ
<b>В.2</b> владеет навыками оценки характеристик надёжности по экспериментальным данным и результатам испытаний систем			РТ	РТ

*УО – устный опрос; ТТ – текущее тестирование; РТ – рубежное тестирование*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачёта, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учёбе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по четырёхбалльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **Типовые задания устного опроса и текущего тестирования:**

#### *1. Установите соответствие между понятиями:*

<b>А</b>	<b>Трение</b>	<b>В</b>	<b>Изнашивание</b>	<b>С</b>	<b>Износ</b>
<b>1</b>	Комплекс физико-химических явлений в зоне контакта поверхностей двух перемещающихся относительно друг друга тел, в результате чего в этой зоне возникают контактные силы	<b>2</b>	Результат изнашивания, определяемый в установленном границах	<b>3</b>	Процесс постепенного изменения размеров тела, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и (или) его остаточной деформации



### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачёта. Зачёт по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачёта приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачёта по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и контроля уровня приобретённых владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

#### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачёта по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Виды изнашивания.
2. Методы повышения износостойкости.
3. Влияние твёрдости на износостойкость.
4. Номинальная, контурная и фактическая поверхности контакта.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений:**

1. Провести расчёт коэффициента внедрения для заданного эталона по стали.
2. Расчет характеристик изнашивания.
3. Определение контурного давления.

##### **Типовые комплексные задания для контроля приобретённых владений:**

1. Определение параметров шероховатости поверхности.
2. Выбор и обоснование методов повышения ресурса трибологического сопряжения.
3. Определение структуры, полезных и нежелательных входов и выходов трибомеханической системы.

#### **2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения при проведении зачёта**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачёта для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

#### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачёте считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учётом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачёта используются типовые критерии, приведённые в общей части ФОС образовательной программы.