

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра технологических машин  
и оборудования нефтегазового  
комплекса (ТМиОНК\_ИНГ)**

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заведующий кафедрой**

**Кафедра технологических машин  
и оборудования нефтегазового  
комплекса (ТМиОНК\_ИНГ)**

наименование кафедры

**В.В. Бухтояров**

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ  
ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА**

Дисциплина Б1.В.ДВ.14.02 Технология повышения износостойкости  
объектов нефтегазового комплекса

Направление подготовки / 15.03.02 Технологические машины и  
специальность оборудование профиль 15.03.02.01

Направленность Проектирование технических и  
(профиль) \_\_\_\_\_

Форма обучения очная

Год набора 2019

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

150000 «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
профиль 15.03.02.01 Проектирование технических и технологических  
комплексов

---

Программу  
составили

к.т.н., доцент, В.В. Бухтояров; к.т.н., доцент, С.В.  
Тынченко

---

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Данная дисциплина является прикладной и имеет практическую направленность. При этом изучаемые в рамках курса явления лежат в основе создания оптимальных условий осуществления технологических процессов во всей цепочке существования нефтяных систем, включая переработку, хранение и применение нефтепродуктов. В этом смысле данная дисциплина является профессионально ориентированной.

Цели освоения дисциплины – формирование у обучающихся знаний о связи работоспособности и долговечности существующих технических объектов с условиями и режимами их эксплуатации, своевременностью и качеством технического обслуживания и ремонта, а также неразрывную связь этих факторов с эксплуатационной производительностью системы «Человек-машина-среда».

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В задачи изучения дисциплины входит развитие научно-технического мышления будущего специалиста и овладение необходимыми знаниями и практическими навыками по основам трибологии, диагностике и мониторингу износа, обеспечению износостойкости деталей технологических машин и оборудования, метода обработки деталей.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ПК-9:умением применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности, проводить анализ причин нарушений технологических процессов и разрабатывать мероприятия по их предупреждению</b>	
Уровень 1	основные принципы и способы повышения износостойкости объектов НГК; основные устройства и принципы работы узлов технологического оборудования; особенности строения, состояния, поведения и функционирования технологических процессов; особенности эксплуатации и обслуживания технологического оборудования
Уровень 1	обеспечивать жизнедеятельность технологического оборудования; определять износ и поломки технологического оборудования; применять способы повышения износостойкости технологического

	оборудования и увеличения его срока службы
Уровень 1	навыками эксплуатации, обслуживания, реконструкции и восстановлении технологического оборудования объектов НГК
<b>ПК-13: умением проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт технологических машин и оборудования</b>	
Уровень 1	устройства и принципы работы основных узлов технологического оборудования нефтегазового комплекса; основные параметры, влияющие на надежность работы оборудования, основные причины износа оборудования и выхода его из строя; основы диагностики технологического оборудования нефтегазового производства, методы, способы и требования по проведению текущего и капитального ремонта технологического оборудования
Уровень 1	осуществлять поиск информации, проводить анализ технической и нормативной документации по технологическому оборудованию; определять причины и места поломок оборудования; разрабатывать программы диагностических исследований, технологические карты ремонта оборудования; осуществлять ремонт основных узлов технологического оборудования
Уровень 1	навыками разработки предложений по оптимизации и совершенствованию в сфере обслуживания и ремонта технологического оборудования различного назначения, повышения его износостойкости; методами и средствами проведения диагностических исследований, ремонта оборудования

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как последующее:

- Механика жидкости и газа
- Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса
- Технологическая
- Основы проектирования
- Компьютерные моделирующие системы для проектирования технологических комплексов
- Детали машин и основы конструирования

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- Испытания и монтаж технологического оборудования

- Надёжность технических систем
- Диагностика машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов
- Надёжность технологического оборудования
- Основы САПР
- Трение, износ и смазка в машинах
- Эксплуатация и ремонт машин и оборудования

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3 (108)</b>	<b>3 (108)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
занятия лекционного типа	0,5 (18)	0,5 (18)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1 (36)	1 (36)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,5 (54)</b>	<b>1,5 (54)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Физика и химия поверхностей твердых тел	3	6	0	9	ПК-13 ПК-9
2	Геометрия твердых поверхностей	3	6	0	9	ПК-13 ПК-9
3	Механика контакта	3	6	0	9	ПК-13 ПК-9
4	Трение и смазочные материалы	3	6	0	9	ПК-13 ПК-9
5	Изнашивание материалов и деталей машин	3	6	0	9	ПК-13 ПК-9
6	Трибоиспытания, диагностика и мониторинг износа	3	6	0	9	ПК-13 ПК-9
Всего		18	36	0	54	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	<p>Структура поверхностных слоев твердых тел и ее изменение в процессе трения. Атомная природа поверхностей трения. Природа и типы поверхностных сил. Потенциал Леннарда-Джонса. Физико-химические свойства поверхностных слоев (смачивание, поверхностное натяжение, слой Бейлби, трибохимические процессы в зоне контакта твердых тел). Граничные и адсорбционные слои на твердых поверхностях. Окислы на металлах и механизм их образования. Диффузия в твердых телах. Механизм диффузии. Энергия активации диффузии. Влияние тонких пленок на механические свойства твердых поверхностей (эффекты Крамера, Роско, Иоффе и Ребиндера). Адгезия твердых тел. Теории адгезии. Схватывание твердых поверхностей.</p>	3	0	0
---	---	--	---	---	---

2	2	<p>Общее представление о реальной топографии поверхности деталей машин и условиях ее формирования.</p> <p>Макроотклонения, волнистость, шероховатость, субшероховатость.</p> <p>Параметры шероховатости.</p> <p>Представление о средней линии и системах ее проведения.</p> <p>Базовая длина и нормирование шероховатости с ее учетом. Относительная опорная длина профиля. Современные методы измерения топографии реальных поверхностей. Методы описания и моделирования реальных поверхностей.</p> <p>Детерминистский, вероятностный и фрактальный методы.</p> <p>Методы случайных функции и опорной кривой.</p>	3	0	0
---	---	---	---	---	---

3	3	<p>Деформация металлов и полимеров. Механизмы упругой, вязкоупругой и пластической деформаций. Упругий контакт. Задача Герца (основные предпосылки и расчетные формулы). Пластический контакт. Проба Бринелля. Условия перехода к пластическому течению. Упруго-пластический контакт. Вдавливание твердого шарового индентора в упруго-пластическую среду. Остаточные напряжения. Вязкоупругий контакт. Вязкоупругий аналог задачи Герца. Упругий контакт гладких тел с учетом адгезии. Теории Джонсона-Кендалла-Робертса и Дерягина-Муллера-Топорова. Соприкосновение и сближение шероховатых поверхностей под нагрузкой. Номинальная, контурная и фактическая площади контакта. Методы измерения фактической площади контакта. Расчет фактической площади контакта на основе вероятностных соображений и представлений об опорной кривой.</p>	3	0	0
---	---	---	---	---	---

4	4	<p>Трение скольжения при отсутствии смазки. Трение качения. Назначение смазочных материалов и требования к ним. Классификация смазочных материалов. Смазочные масла, их физико-механические свойства и смазочное действие. Вязкость и методы ее определения. Магнитные жидкости для смазки узлов трения. Пластичные смазочные материалы, их природа, структура и основные свойства. Твёрдые смазочные материалы. Классификация и свойства. Слоистые, металлические и полимерные смазочные материалы. Механизм смазочного действия и разрушения граничных слоёв. Влияние скорости скольжения, температуры, нагрузки, материала поверхностей. Влияние химически активных присадок на смазочное действие граничных слоёв.</p>	3	0	0
---	---	--	---	---	---

5	5	<p>Простая модель изнашивания. Уравнение Арчарда. Основные механизмы изнашивания. Абразивное изнашивание (изнашивание закрепленными и свободными частицами). Влияние твердости на абразивное изнашивание. Адгезионное изнашивание. Фрикционный перенос. Схватывание поверхностей трения. Сварка трением. Усталостное изнашивание. Физическая картина усталостного изнашивания. Возникновении трещин. Коррозионное изнашивание. Природа коррозии при трении. Роль окислов. Фреттинг. Эрозионное изнашивание. Кавитационное изнашивание. Абляция. Эрозионное изнашивание. Влияние угла атаки на интенсивность изнашивания при эрозии. Комбинированные механизмы изнашивания (коррозионно-механическое, молекулярно-механическое и т.д.). Кинетика изнашивания трибосистем. Приработка. Карты износа. Методы повышения износостойкости деталей машин (конструкционные, технологические, материаловедческие, эксплуатационные).</p>	3	0	0
---	---	---	---	---	---

6	6	Общая методология. Измерительные методы замера микротвердости поверхностей, износа, сил трения и температуры. Основные типы лабораторного оборудования. Машины трения. Обработка экспериментальных данных, их представление и стандартизация. PV– диаграммы. Планирование и анализ экспериментов. Методы подобия и размерностей. Трибологические базы данных. Методы диагностики износа (полярография, седиментометрия, акустические, электрофизические, оптические и др. методы. Анализ частиц износа. Мониторинг трибосистем.	3	0	0
Всего			18	0	0

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Анализ разрушения по структуре изломов деталей нефтегазового оборудования	6	0	0
2	2	Практика учёта отказов деталей нефтегазового оборудования. Карточка учёта отказов.	6	0	0
3	3	Оценка по образцам вида изнашивания и разрушения узлов трения долот, насосов, запорно-регулирующей арматуры.	6	0	0

4	4	Исследование причин отказов и видов изнашивания деталей методом оптической микроскопии.	6	0	0
5	5	Изучение физико-химических процессов и структурных превращений на поверхности трения с помощью рентгеноструктурного анализа.	6	0	0
6	6	Изучение свойств масел и пластичных смазок на нефтяной основе.	6	0	0
Всего			18	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

## 4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Владимиров В. И.	Дисклинации и ротационная деформация твердых тел: сборник научных трудов	Ленинград: Физико-технический институт [ФТИ] АН СССР, 1988

## 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература
--------------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Виноградов В. Н., Сорокин Г. М., Колокольников М. Г.	Абразивное изнашивание	Москва: Машиностроение, 1990
Л1.2	Виноградов В. Н., Сорокин Г. М.	Механическое изнашивание сталей и сплавов: учеб. пособие для студентов вузов	Москва: Недра, 1996
Л1.3	Щелканов С. И., Докшанин С. Г.	Абразивное изнашивание материалов при трении скольжения: метод. указ. по лаб. работе для студентов спец. 071200 -"Триботехника"	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000
Л1.4	Мельников В. П.	Пластическая деформация, возврат и рекристаллизация: учеб. пособие	Брянск: Изд-во БГТУ, 2000
Л1.5	Терентьев В. Ф., Редькин В. Е., Щелканов С. И., Слабко В. В.	Смазка и смазочные материалы в трибосистемах	Новосибирск: СО РАН, 2002
Л1.6	Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А., Чичинадзе А.В.	Основы трибологии (трение, износ, смазка) учебник для техн. вузов	Москва: Машиностроение, 2001
Л1.7	Андронов В. В., Журавлев В. Ф.	Сухое трение в задачах механики	Москва: Регулярная и хаотическая динамика, 2010
Л1.8	Трошин С. И., Докшанин С. Г.	Детали машин и основы конструирования. Смазка деталей машин и смазочные устройства: учеб.-метод. пособие [для студентов спец. 130602.65, 190205.65, 190603.65, 151000.62, 190600.62]	Красноярск: СФУ, 2013
Л1.9	Гилев А. В., Чесноков В. Т., Шигин А. О., Хомич Л. В., Гилева Н. Н.	Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования: учебно-методическое пособие для самостоятельных работ [для студентов напр. 151000.62 «Технологические машины и оборудование» спец. 151000.62.06 «Металлургические машины и оборудование»]	Красноярск: СФУ, 2013
Л1.10	Бочкарев С. В., Цаплин А. И., Схиртладзе А. Г.	Диагностика и надежность автоматизированных технологических систем: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Автоматизация технологических процессов и производств"	Старый Оскол: ТНТ, 2013

Л1.1 1	Хрущов М. М., Горячева И. Г., Буяновский И. А., Хрущов (мл.) М. М.	Трение, износ и микротвердость материалов: избранные работы (к 120- летию со дня рождения)	Москва: URSS, 2012
Л1.1 2	Казаков С. С., Матвеев Ю. И.	Повышение износостойкости поршневых колец из высокопрочного чугуна среднеоборотных дизелей в судоремонтном производстве с использованием лазерного термоупрочнения: автореферат дис. ...	Нижний Новгород, 2015
Л1.1 3	Щелканов С.И.	Абразивное изнашивание материалов при трении скольжения: Метод. указания по лабораторной работе для студентов специальности 071200-"Триботехника"	Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2000
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Херцберг Р. В., Бернштейн А. М., Бернштейн М. Л., Ефименко С. П.	Деформация и механика разрушения конструкционных материалов: пер. с англ.	Москва: Металлургия, 1989
Л2.2	Доценко В. А.	Изнашивание твердых тел	Москва: ЦИНТИХИМНЕ ФТЕМАШ, 1990
Л2.3	Спицын В. И., Троицкий О. А.	Электропластическая деформация металлов: научное издание	Москва: Наука, 1985
Л2.4	Гарбер М. Е.	Износостойкие белые чугуны	Москва: Машиностроени е, 2010
Л2.5	Гилев А. В., Чесноков В. Т., Шигин А. О., Коростовенко Л. П., Хомич Л. В.	Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования: учебно-методическое пособие для практических работ [для студентов напр. 151000.62 «Технологические машины и оборудование» спец. 151000.62.06 «Металлургические машины и оборудование»]	Красноярск: СФУ, 2013
Л2.6	Иванов А. П.	Основы теории систем с трением: монография	Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011
Л2.7	Целых Е. П., Суриков В. И.	Влияние режимов ионно-плазменного напыления на структуру и свойства износостойких покрытий на резиновой подложке: автореферат дис. ... канд. техн. наук	Омск, 2015

Л2.8	Чичинадзе А.В.	Основы трибологии (трение, износ, смазка): учебник для технических вузов	М.: Машиностроение, 2001
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Владимиров В. И.	Дисклинации и ротационная деформация твердых тел: сборник научных трудов	Ленинград: Физико-технический институт [ФТИ] АН СССР, 1988

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Основу теоретического обучения студентов составляют лекции. Они дают систематизированные знания студентам о наиболее сложных и актуальных проблемах изучаемой дисциплины. На лекциях особое внимание уделяется не только усвоению студентами изучаемых проблем, но и стимулированию их активной познавательной деятельности, творческого мышления, развитию научного мировоззрения, профессионально-значимых свойств и качеств.

Осуществляя учебные действия на лекционных занятиях, студенты должны внимательно воспринимать действия преподавателя, запоминать складывающиеся образы, мыслить, добиваться понимания изучаемого предмета, применения знаний на практике, при решении учебно-профессиональных задач. Студенты должны аккуратно вести конспект. В случае недопонимания какой-либо части предмета следует задать вопрос в установленном порядке преподавателю. В процессе работы на лекции необходимо так же выполнять в конспектах модели изучаемого предмета (рисунки, схемы, чертежи и т.д.), которые использует преподаватель.

Работу над конспектом следует начинать с его доработки. С целью доработки необходимо прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по литературе, необходимой для освоения дисциплины, разрешая в ходе чтения, возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект.

Подготовленный конспект, литература и ресурсы сети «Интернет», необходимым для освоения дисциплины (если таковые имеются), используются при подготовке к выполнению практических

заданий. Подготовка сводится к внимательному прочтению учебного материала, к выводу утверждений и формул, к решению примеров, задач, к ответам на вопросы. Примеры, задачи, вопросы по теме при этом являются средством самоконтроля. Непременным условием глубокого усвоения учебного материала является знание основ, на которых строится изложение материала, для чего студенту также следует обратиться к литературе и ресурсам сети «Интернет» (при наличии), которые необходимы для освоения дисциплины. Обращение к ранее изученному и дополнительному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их.

Методические указания по выполнению практических заданий приводятся в соответствующих элементах учебно-методического комплекса по дисциплине. Все учебно-методические материалы предоставляются как в печатном, так и в электронном видах.

При наличии обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья, в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида учебно-методические материалы предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям здоровья и восприятия информации в зависимости от нозологии.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	1. Microsoft Windows Professional 7
9.1.2	2. Microsoft Office Professional Plus 2010
9.1.3	3. MathWORKS MathLAB 2008b
9.1.4	4. Adobe Acrobat Pro Extended 9.0

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	1. Электронная библиотечная система «СФУ»;
9.2.2	2. Политематическая электронно-библиотечная система «Znanium» изд-ва «Инфра-М»;
9.2.3	3. Политематическая электронно-библиотечная система издательства «Лань»;
9.2.4	4. Политематическая БД российских диссертаций Российской государственной библиотеки;
9.2.5	5. Электронная библиотека РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина;
9.2.6	6. БД нормативно-правовой информации «Консультант плюс»;
9.2.7	7. Российские научные журналы на платформе elibrary.ru;
9.2.8	8. Российская БД нормативно-технической документации «NormaCS».

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:

- Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья; аудиторная доска.
- Технические средства обучения: проектор, экран для проектора, ноутбук с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:

Специализированная мебель:

аудиторные столы и стулья; аудиторная доска, 13 компьютеров, интерфейс с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Помещение для самостоятельной работы:

- Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья, аудиторная доска, 12 компьютеров с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:

Специализированная мебель: аудиторные столы и стулья; аудиторная доска.

Технические средства обучения: проектор, экран для проектора, ноутбук с подключением к сети Интернет (неограниченный доступ) и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.