

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

« 29 » августа 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Техническая механика в приложении к отрасли  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Оборудование нефтегазопереработки (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины:

– приобретение знаний об основах устройства и принципах действия оборудования для осуществления механических процессов; о причинах возникновения и способах снижения повышенной вибрации оборудования нефтегазопереработки.

Задачи дисциплины:

• формирование знаний по:

– устройству и принципам действия оборудования для осуществления механических процессов;

– механизма и условий образования повышенной вибрации оборудования и трубопроводов нефтегазоперерабатывающих предприятий;

– способов снижения повышенной вибрации оборудования и трубопроводов нефтегазоперерабатывающих предприятий;

• формирование умений осуществлять расчёты:

– оборудования для осуществления механических процессов;

– частот пульсаций в трубопроводах, возбуждаемых движущимся потоком и работой компрессорного оборудования;

– технических устройств для снижения вибрации трубопроводов нефтегазоперерабатывающих предприятий;

• формирование навыков:

– выполнения отстройки трубопроводов от резонансных частот колебаний;

– расчёта технических устройств снижения вибрации трубопроводов нефтегазоперерабатывающих предприятий.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– инженерно-технологические процедуры расчёта оборудования для осуществления механических процессов;

– причины возникновения и методы снижения повышенной вибрации оборудования и трубопроводов нефтегазопереработки.

### 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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает технические характеристики, конструктивные особенности, назначение, режимы работы и правила эксплуатации технологических машин и оборудования отрасли	Знает технические характеристики, конструктивные особенности, назначение, режимы работы и правила эксплуатации технологических машин и оборудования отрасли	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет выполнять расчёты параметров технологических машин и оборудования, осуществлять анализ причин отказов оборудования, разрабатывать мероприятия повышения надежности оборудования; проводить анализ нарушений правил технической эксплуатации оборудования	Умеет выполнять расчёты параметров технологических машин и оборудования, осуществлять анализ причин отказов оборудования, разрабатывать мероприятия повышения надежности оборудования; проводить анализ нарушений правил технической эксплуатации оборудования	Отчёт по практическом у занятию
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками обеспечения соблюдения правил, инструкций и технических условий при эксплуатации технологического оборудования	Владеет навыками контроля технического состояния оборудования; обеспечения соблюдения правил, инструкций и технических условий при эксплуатации технологического оборудования	Дифференцир ованный зачет
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает технологические схемы установок; основное оборудование процесса, принципы его работы и правила технической эксплуатации;	Знает технологические регламенты установок; технологические схемы установок; основное оборудование процесса, принципы его работы и правила технической эксплуатации; требования законодательных, нормативных правовых и локальных актов, инструкций, правил по промышленной и пожарной безопасности, охране труда;	Дифференцир ованный зачет
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет осуществлять надзор за безопасной эксплуатацией технологического оборудования; анализировать причины отказа работы технологического оборудования;	Умеет осуществлять надзор за безопасной эксплуатацией технологического оборудования; анализировать причины отказа работы технологического оборудования;	Дифференцир ованный зачет
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками подготовки данных для технической документации на	Владеет навыками подготовки технической документации на оборудование	Дифференцир ованный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		оборудование технологических объектов.	технологических объектов.	
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает основное оборудование, принципы его работы и правила технической эксплуатации; технологические схемы оборудования;	Знает основное оборудование, принципы его работы и правила технической эксплуатации; технологические схемы оборудования; технологические регламенты установок; законодательные и нормативно-правовые акты, регламентирующие производственную деятельность технологического объекта	Дифференцированный зачет
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет анализировать причины отказа работы технологического оборудования, разрабатывать план мероприятий по их предупреждению.	Умеет эффективно использовать оборудование технологического объекта, анализировать причины отказа работы технологического оборудования, разрабатывать план мероприятий по их предупреждению.	Дифференцированный зачет
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками обеспечения выполнения требований по эксплуатации технологического оборудования; предупреждения и устранения нарушений хода производственного процесса, связанных с эксплуатацией технологического оборудования;	Владеет навыками обеспечения выполнения требований по эксплуатации технологического оборудования в соответствии с технологическим регламентом; предупреждения и устранения нарушений хода производственного процесса, связанных с эксплуатацией технологического оборудования; обеспечение подготовки технической документации на оборудование технологических объектов	Отчёт по практическому занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	55	55	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	15	15	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	89	89	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 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
7-й семестр				
Введение	1	0	0	1
Основные понятия, термины и определения дисциплины «Техническая механика в приложении к отрасли». Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре профессиональной подготовки выпускников по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».				
Основы теории измельчения	1	0	2	4
Тема 1. Виды и способы измельчения. Параметры, характеризующие процесс измельчения, характеристики состава зернистого материала. Стадии и схемы измельчения. Тема 2. Физико-механические основы измельчения, коэффициент размолоспособности. Классификация дробильно-помольного оборудования.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Оборудование для дробления твёрдых материалов	2	0	4	10
Тема 3. Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики щековых дробилок. Тема 4. Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики конусных дробилок. Тема 5. Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики валковых дробилок. Тема 6. Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики бегунов. Тема 7. Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики дробилок ударного принципа действия.				
Оборудование для помола твёрдого материала.	3	0	4	10
Тема 8. Барабанные мельницы. Область применения, принцип действия, классификация и устройство. Тема 9. Механика дробящей среды. Режимы работы барабанных мельниц. Тема 10. Закономерности процесса измельчения в барабанных мельницах. Факторы, определяющие производительность барабанных мельниц. Тема 11. Механизм работы вибрационных, планетарных и газоструйных мельниц.				
Способы фракционирования зернистых материалов и их физико-механические закономерности. Оборудование для фракционирования зернистых материалов.	4	0	2	10
Тема 12. Механизмы разделения зернистых материалов в поле гравитационных и центробежных сил. Тема 13. Разделение материала на фракции методом грохочения и оборудование для его осуществления. Тема 14. Разделения материала на фракции методом гравитационной пневматической классификации и оборудование для его осуществления. Тема 15. Разделения материала на фракции методом центробежной пневматической классификации и оборудование для его осуществления.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Причины повышенной вибрации оборудования и способы их устранения	3	0	24	52
Тема 16. Причины возникновения повышенной вибрации в трубопроводах и аппаратах. Расчёт возбуждающих частот колебаний. Тема 17. Расчёт собственных частот колебаний трубопроводов и аппаратов. Способы изменения собственных частот колебаний. Тема 18. Методики расчёта технических устройств для снижения энергии пульсаций давления в трубопроводных системах поршневых компрессорных агрегатов.				
Заключение	1	0	0	2
Краткий обзор пройденного учебного материала				
ИТОГО по 7-му семестру	15	0	36	89
ИТОГО по дисциплине	15	0	36	89

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Виды и способы измельчения. Параметры, характеризующие процесс измельчения, характеристики состава зернистого материала. Стадии и схемы измельчения. Физико-механические основы измельчения, коэффициент размолоспособности. Классификация дробильно-помольного оборудования.
2	Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики щековых дробилок.
3	Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики конусных дробилок.
4	Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики валковых дробилок.
5	Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики бегунов.
6	Основы устройства, область применения, классификация, виды конструкций, технологические и расчётные характеристики дробилок ударного принципа действия.
7	Барабанные мельницы. Область применения, принцип действия, классификация и устройство.
8	Механика дробящей среды. Режимы работы барабанных мельниц.
9	Закономерности процесса измельчения в барабанных мельницах. Факторы, определяющие производительность барабанных мельниц.
10	Механизм работы и конструкция вибрационных, планетарных и газоструйных мельниц.
11	Механизмы разделения зернистых материалов в поле гравитационных и центробежных сил.
12	Разделение материала на фракции методом грохочения и оборудование для его осуществления.
13	Разделения материала на фракции методом гравитационной пневматической классификации и оборудование для его осуществления.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
15	Причины возникновения повышенной вибрации в трубопроводах и аппаратах. Методики расчёта частот колебаний возбуждаемых пульсацией давления и турбулентностью потока.
16	Расчёт собственных частот колебаний трубопроводов и аппаратов. Способы изменения собственных частот колебаний с помощью расстановки опор.
17	Методики расчёта технических устройств для снижения энергии пульсаций давления в трубопроводных системах поршневых компрессорных агрегатов. Расчёт дроссельных диафрагм.

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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 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	Барский М. Д. Фракционирование порошков / М. Д. Барский. - Москва: Недра, 1980.	1
2	Беляев А. В. Оборудование для физико-механической обработки материалов : учебное пособие / А. В. Беляев, С. Х. Загидуллин, В. М. Беляев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	51
3	Машины и аппараты химических производств : учебник для вузов / А. С. Тимонин [и др.]. - Калуга: Ноосфера, 2014.	15
4	Основы проектирования. Конструкции. - Москва: , КолосС, 2008. - (Поршневые компрессоры : учебное пособие : в 2 т.; Т. 2).	10
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Андреев Е.Е. Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению : учебник для вузов / Е.Е. Андреев, О.Н. Тихонов. - Санкт-Петербург: Изд-во СПГГИ(ТУ), 2007.	2
2	Мошев Е. Р. Оборудование для измельчения твердых материалов : конспект лекций / Е. Р. Мошев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.	2
3	Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / П. М. Сиденко. - Москва: Химия, 1977.	7
4	Теория и расчет. - Москва: , Колос, 2000. - (Поршневые компрессоры : учебное пособие : в 2 т.; Т. 1).	9
5	Щупляк И. А. Измельчение твердых материалов в химической промышленности / И. А. Щупляк. - Ленинград: Химия, 1972.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Химическое и нефтегазовое машиностроение : международный научно-технический и производственный журнал / Российская инженерная академия; Газпром; Московский государственный университет инженерной экологии. - Москва: Изд-во МГУИЭ, 1932 - .	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	Руководство по проектированию фундаментов машин с динамическими нагрузками / Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений им. Н. М. Герсеванова ; Под ред. В. А. Ильичева. - Москва: Стройиздат, 1982.	2
<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	Беляев А. В. Оборудование для физико-механической обработки материалов : учебное пособие / А. В. Беляев, С. Х. Загидуллин, В. М. Беляев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks153369">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks153369</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Машины и аппараты химических производств : учебник для вузов / А. С. Тимонин [и др.]. - Калуга: Ноосфера, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks171740">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks171740</a>	локальная сеть; свободный 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	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

## 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	Мультимедийная система, 11 столов, 21 стул	1
Практическое занятие	компьютеры	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  
**«Техническая механика в приложении к отрасли»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.02 Технологические машины и оборудование
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Оборудование нефтегазопереработки (СУОС)
<b>Квалификация выпускника:</b>	Бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> 4	<b>Семестр:</b> 7
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.
<b>Виды контроля:</b>	
Дифференцированный зачёт:	7 семестр

**Фонд оценочных средств (ФОС)** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины и разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов указанной аттестации и критерии выставления оценок. Настоящий ФОС 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 (7 семестр учебного плана) и включает 5 модулей. Во всех модулях предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов.

В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенции *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретённых владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчётов по практическим заданиям (ПЗ) или задачам и дифференцированному зачёту. 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
	ТК	ТКР	РТ	ПЗ	диф. зачёт
В результате освоения дисциплины обучающийся					
<b>Знает:</b>					
– основы теории измельчения	ТО		ТВ		ТВ
– оборудование для дробления твёрдых материалов;	ТО		ТВ		ТВ
– оборудование для помола твёрдых материалов;	ТО		ТВ		ТВ
– способы и оборудование для фракционирования зернистых материалов; физико-механические закономерности процессов фракционирования;	ТО		ТВ		ТВ
– причины повышенной вибрации оборудования и способы их устранения;	ТО		ТВ		ТВ
<b>Умеет:</b>					
– подбирать оборудование для осуществления механических процессов;				ПЗ	ПЗ
– определять частоту пульсаций потока в трубопроводных системах динамического оборудования (насосы, вентиляторы, компрессоры);				ПЗ	ПЗ
– определять собственные частоты колебаний оборудования и трубопроводов нефтегазопереработки;				ПЗ	ПЗ
<b>Владеет:</b>					
– методиками расчёта оборудования для осуществления механических процессов;				ПЗ	ПЗ
– методиками расчёта устройств снижения повышенной вибрации оборудования и трубопроводов нефтегазопереработки.				ПЗ	ПЗ

*ТК* – текущий контроль; *ТКР* – текущая контрольная работа; *ТО* – теоретический опрос; *РТ* – рубежное тестирование; *ПЗ* – практическое задание; *ТВ* – теоретический вопрос.

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

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

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, 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 обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчётов по практическим заданиям, 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 проводится в форме тестовых заданий, решения задач, собеседования или выборочного теоретического опроса студентов по темам модуля. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации. Вопросы для теоретического опроса при текущем контроле приведены в Приложении 1.

### **2.2 Рубежный контроль**

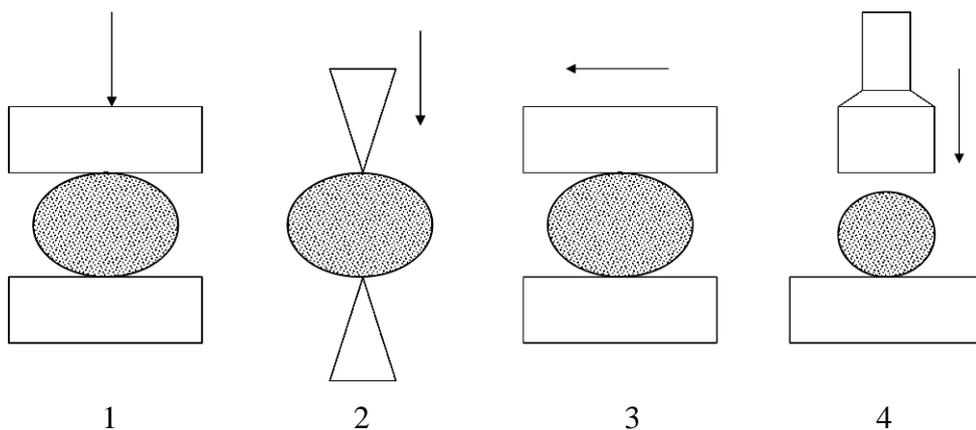
Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретённых владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты ПЗ или контрольных работ после изучения каждого модуля учебной дисциплины.

#### **2.2.1 Рубежное тестирование (контрольная работа)**

Рубежные тестирования КР и/или ПЗ запланированы после освоения студентами учебных разделов дисциплины.

## Типовые вопросы рубежного тестирования:

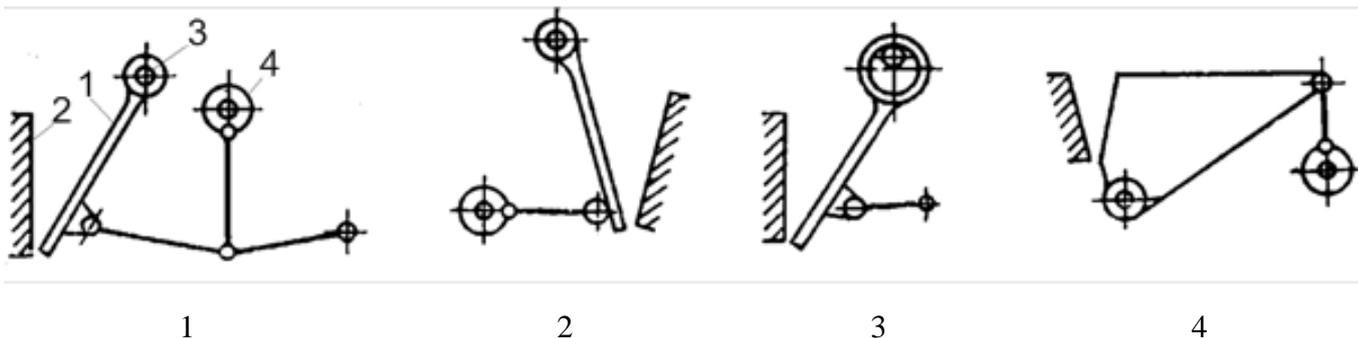
1. Укажите номер рисунка, на котором показан способ измельчения раскалыванием



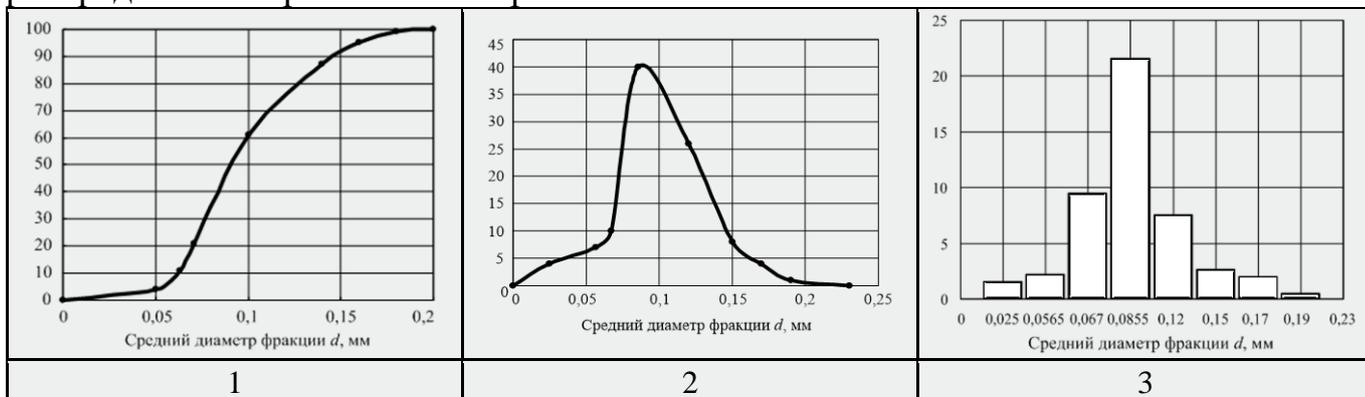
2. Укажите желательный способ измельчения при крупном дроблении (1 – раздавливание + истирание; 2 – раздавливание; 3 – раскалывание) для каждого вида материала

Твёрдый и хрупкий	Твёрдый и вязкий	Мягкий и хрупкий

3. Укажите номер рисунка, на котором показана схема щековой дробилки с верхним подвесом и сложным движением щеки



4. На каком из рисунков приведена интегральная кривая фракционного распределения зернистого материала



5. Укажите номера устройств, используемых для снижения энергии пульсаций газа в трубопроводах после поршневых компрессоров

Диафрагмы	Буферные ёмкости	Регулирующие клапаны	Обратные клапаны
1	2	3	4

## 6. Давление газа в трубопроводах распространяется со скоростью

Потока	Звука	Света	15-20 м/с
1	2	3	4

Типовые практические задания для рубежного тестирования приведены в Приложении 2.

### 2.3 Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических заданий и положительная интегральная оценка результатам текущего и рубежного контроля.

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

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного 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 дифференцированного зачёта по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы для проверки усвоенных знаний и практические задания для проверки усвоенных умений и владений.

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

#### 2.3.1 Типовые вопросы и задания для дифференцированного зачёта по дисциплине

Типовые вопросы для **контроля усвоенных знаний**:

1. Начертить принципиальную схему и описать принцип работы дробилки с нижним подвесом рабочей щеки. Указать область применения дробилки.
2. Начертить принципиальную схему и описать принцип работы. Указать область применения барабанных мельниц.
3. Написать уравнения Ребиндера, Кирпичёва-Кика, Риттингера. Обосновать область применения указанных уравнений.
4. Начертить принципиальную схему пневматического гравитационного классификатора для разделения смесей зернистых материалов.

Типовые вопросы для **контроля усвоенных умений**:

1. Рассчитать угол захвата щековой дробилки для следующих исходных данных: коэффициент трения скольжения камня по материалу щеки  $f \approx 0,3$ .
2. Рассчитать критическое число оборотов барабанной мельницы для следующих исходных данных: средний диаметр исходного куска 100 мм; диаметр барабана 2 м.

3. Начертить диаграмму и гистограмму распределения зернистого материала по размеру для следующего фракционного состава (размеры приведены в мкм): менее 5 (5%); 45÷63 (5%); 63÷71 (5%); 71÷100 (55%); 100÷150 (10%); 150÷225 (10%); 225÷315 (5%); 315÷500 (5%).

4. Определить собственную частоту колебаний трубы при следующих параметрах: длина 5 м; диаметр 219х9; материал – сталь 20; один конец трубы заземлён, второй – свободно лежит на скользящей опоре; рабочее давление 1 МПа; рабочая температура 100 °С.

5. По представленным преподавателем схемам определить: количество одновременно совершаемых выхлопов в ступень поршневого компрессора; количество выхлопов в ступень поршневого компрессора за полный оборот коленчатого вала.

#### Типовые вопросы для **контроля приобретённых владений**:

1. Сформировать схему измельчения; подобрать тип, рассчитать технологические и конструкционные параметры оборудования для измельчения твёрдого материала со следующими характеристиками: материал – известняк; средний диаметр исходного куска 300 мм; средний диаметр конечного куска 5 мм; производительность 30 т/час; коэффициент трения скольжения камня по материалу  $f \approx 0,3$ .

2. Сформировать схему измельчения; подобрать тип, рассчитать технологические и конструкционные параметры оборудования для измельчения твёрдого материала со следующими характеристиками: материал – цементный клинкер; средний диаметр исходного куска 40 мм; средний диаметр продукта измельчения 0,1 мм; производительность 20 т/час.

3. Сформировать схему установки для классификации (фракционирования) зернистого материала. Подобрать тип классификатора и выполнить его приближённый расчёт при следующих характеристиках зернистого материала: граничный диаметр 0,1 мм; фактор формы 0,6; удельная плотность 2700 кг/м<sup>3</sup>.

4. Рассчитать объём буферной ёмкости для снижения энергии пульсаций в трубопроводах обвязки при следующих условиях эксплуатации поршневого компрессора (схема и номограммы прилагаются):

Параметры рабочей среды:		Параметры компрессора:	
Коэффициент адиабаты, %(об.)	1.33	Число оборотов коленчатого вала, об/мин	500
Плотность при н.у., кг/м <sup>3</sup>	0.229	Количество цилиндров	4
Молекулярный вес, кг/кмоль	5.132	Число ступеней	1
Производительность, нм <sup>3</sup> /ч	3360	Диаметр поршня, мм	230
Давление на всасе, кгс/см <sup>2</sup>	10	Ход поршня, мм	220
Температура газа на всасе, °С	30	Длина шатуна, мм	500
Давление нагнетания, кгс/см <sup>2</sup>	36	Доля мёртвого пространства, дол. ед.	0.09
Температура газа на нагнетании, °С	85	Тип цилиндров	двойной

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 дисциплинарных компетенций**

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

Пример типовой формы билета для дифференцированного зачёта приведён в Приложении 3.

Приложение 1. Типовые вопросы для текущего контроля по темам

№ темы	Вопросы
1.	1.1. Назвать виды и способы измельчения. 1.2. Перечислить параметры, характеризующие процесс измельчения. 1.3. Назвать характеристики состава зернистого материала. 1.4. Назвать стадии и схемы измельчения.
2.	2.1. Работа измельчения. 2.2. Коэффициент размолоспособности и его физический смысл. 2.3. Классификация дробильно-помольного оборудования.
3.	3.1. Назвать виды конструкций щековых дробилок. 3.2. Перечислить технологические характеристики щековых дробилок. 3.3. Перечислить расчётные характеристики щековых дробилок.
4.	4.1. Область применения конусных дробилок. 4.2. Виды конструкций конусных дробилок. 4.3. Технологические и расчётные характеристики конусных дробилок.
5.	5.1. Область применения валковых дробилок. 5.2. Виды конструкций валковых дробилок. 5.3. Технологические и расчётные характеристики валковых дробилок.
6.	6.1. Область применения бегунов. 6.2. Виды конструкций бегунов. 6.3. Технологические и расчётные характеристики бегунов.
7.	7.1. Область применения дробилок ударного принципа действия. 7.2. Виды конструкций дробилок ударного принципа действия. 7.3. Технологические и расчётные характеристики дробилок ударного принципа действия.
8.	8.1. Область применения барабанных мельниц. 8.2. Классификация барабанных мельниц.
9.	9.1. Режимы работы барабанных мельниц.
10.	10.1 Факторы, определяющие производительность барабанных мельниц.
11.	11.1. Механизм работы мельниц вибрационного, планетарного и газоструйного типа.
12.	12.1. Способы разделения зернистого материала на фракции. 12.2. Способы отображения количественного состава зернистого материала.
13.	13.1. Конструкции грохотов для классификации зернистого материала.
14.	14.1. Конструкции гравитационных классификаторов зернистого материала.
15.	15.1. Конструкции центробежных классификаторов зернистого материала.
16.	16.1. Причины возникновения повышенной вибрации в трубопроводах и аппаратах. 16.2. Зависимость собственных частот элементов (на примере трубы) от их массы и геометрических размеров.
17.	17.1. Способы изменения собственных частот колебаний трубопроводов и аппаратов.
18.	18.1. Виды технических устройств, используемых для снижения энергии пульсаций давления в трубопроводных системах поршневых компрессорных агрегатов.

Приложение 2. Типовые практические задания для рубежного контроля

№ ПЗ	Содержание практических заданий
1	<p>1.1. Сделать обзор оборудования для осуществления помола твёрдых материалов.</p> <p>1.2. Описать принцип действия приведённого в обзоре оборудования.</p> <p>1.3. Привести примеры аппаратного оформления 2-х стадийной схемы помола с предварительной классификацией.</p> <p>1.4. Подобрать оборудование для измельчения известняка: средний диаметр кусков исходного материала 100 мм; средний диаметр продукта 0,1 мм.</p> <p>1.5. Привести методики расчёта оборудования выбранного типа. Выполнить приближённый расчёт подобранного одного их типов выбранного оборудования.</p>
2	<p>2.1. Сделать обзор аппаратов для осуществления процесса гравитационной пневматической классификации зернистых материалов.</p> <p>2.2. Описать принцип действия приведённых в обзоре аппаратов-классификаторов.</p> <p>2.3. Привести примеры аппаратного оформления 2-х стадийной схемы пневматической классификации зернистых материалов.</p> <p>2.4. Подобрать тип классификатора для отделения катализаторной пыли от катализатора для следующих характеристик разделяемого материала: средний диаметр гранул катализатора – 3,5 мм; средний диаметр катализаторной пыли – 1 мм; удельная плотность катализатора 3 700 кг/м<sup>3</sup>.</p> <p>2.5. Привести методики расчёта классификаторов выбранного типа. Выполнить приближённый расчёт выбранного типа классификатора.</p>
3	<p>3.1. Сделать обзор конструкций поршневых компрессоров.</p> <p>3.2. Описать принцип действия поршневых компрессоров.</p> <p>3.3. Привести примеры схем поршневых компрессорных агрегатов (компрессор, трубопроводы, теплообменники, буферные ёмкости, диафрагмы).</p> <p>3.4. Указать причины повышенной вибрации трубопроводов компрессорной обвязки и способы борьбы с ней.</p> <p>3.5. Рассчитать частоты, генерируемые поршневым компрессором и скоростью потока.</p> <p>3.6. Рассчитать объём буферной ёмкости, необходимый для снижения энергии пульсаций газа до нормативно-допустимого значения.</p>

Приложение 3. Пример билета для дифференцированного зачёта

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

**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

Кафедра: «Оборудование и автоматизация химических производств»  
Направление 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
подготовки: «Техническая механика в применении к отрасли»  
Дисциплина:

Билет №1

1. Начертить кинематическую схему работы конической дробилки.
2. Определить собственную частоту колебаний трубы: сталь 20; L = 4 м; D = 159х6; оба конца трубы заземлены; рабочее давление 1,5 МПа; рабочая температура 70 °С.
3. Используя приведённые ниже данные и экспериментальные номограммы, отображающие взаимную связь между объёмом буферной ёмкости и характеристиками компрессора, определить объём буферной ёмкости, необходимой для снижения энергии пульсаций в трубопроводах обвязки до нормативно-допустимых значений:

Параметры рабочей среды:		Параметры компрессора:	
Коэффициент адиабаты, %(об.)	1.33	Число оборотов коленчатого вала, об/мин	500
Плотность при н.у., кг/м <sup>3</sup>	0.229	Количество цилиндров	1
Молекулярный вес, кг/кмоль	5.132	Число ступеней	1
Производительность, нм <sup>3</sup> /ч	3360	Диаметр поршня, мм	230
Давление на всасе, кгс/см <sup>2</sup>	10	Ход поршня, мм	220
Температура газа на всасе, °С	30	Длина шатуна, мм	500
Давление нагнетания, кгс/см <sup>2</sup>	36	Доля мёртвого пространства, дол. ед.	0.09
Температура газа на нагнетании, °С	85	Тип цилиндров	двойной

Составил \_\_\_\_\_  
(подпись)

И.Г. Ложкин

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.Р. Мошев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.