

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 07 » декабря 20 20 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Химическая технология (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Ознакомление с современными представлениями о роли гетерогенного катализа в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, механизме и кинетике каталитических процессов

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Физико-химические основы каталитических процессов. Катализаторы основных процессов нефтепереработки и нефтехимии, методы их получения и исследования

### 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-2.1      | ИД-1ПК-2.1        | Знает методы проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и математического моделирования для описания каталитических процессов в нефтепереработке и нефтехимии | Знает методы проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и математического моделирования для описания технологических процессов. | Экзамен         |
| ПК-2.1      | ИД-2ПК-2.1        | Умеет использовать методы проведения теоретического анализа и математического моделирования для расчетов основных параметров каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии                         | Умеет использовать методы проведения теоретического анализа и математического моделирования.  | Экзамен         |

| Компетенция | Индекс индикатора | Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)   | Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения  | Средства оценки |
|-------------|-------------------|---|---|-----------------|
| ПК-2.1      | ИД-3ПК-2.1        | Владеет навыками проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и выбора наиболее эффективных каталитических систем для ХТП                           | Владеет навыками проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и математического моделирования для описания ХТП.   | Экзамен         |
| ПК-2.7      | ИД-1пк-2.7        | Знает основные физические теории, кристаллические структуры и их влияние на природу катализаторов, принципы работы приборов и устройств для анализа физико-химических параметров катализаторов  | Знает основные физические теории, кристаллические структуры и их связи с природой вещества необходимые для решения возникающих физических задач в своей профессиональной области; принципы работы приборов и устройств. | Экзамен         |
| ПК-2.7      | ИД-2пк-2.7        | Умеет применять знания о кристаллической структуре и природе веществ с целью определения состава и свойств каталитических систем  | Умеет применять знания о физических теориях, кристаллических структурах и их связи с природой вещества и самостоятельно приобретать их для решения возникающих задач.   | Экзамен         |
| ПК-2.7      | ИД-3пк-2.7        | Владеет навыками использования для решения возникающих задач основных физических теорий; приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств в области катализа | Владеет навыками использования для решения возникающих задач основных физических теорий; приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств.   | Экзамен         |

### 3. Объем и виды учебной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 6                                  |  |
| 1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме: | 45          | 45                                 |  |
| 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:   |             |                                    |  |
| - лекции (Л)   | 16          | 16                                 |  |
| - лабораторные работы (ЛР)   |             |                                    |  |
| - практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)        | 27          | 27                                 |  |
| - контроль самостоятельной работы (КСР)  | 2           | 2                                  |  |
| - контрольная работа   |             |                                    |  |
| 1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)  | 63          | 63                                 |  |
| 2. Промежуточная аттестация  |             |                                    |  |
| Экзамен  | 36          | 36                                 |  |
| Дифференцированный зачет   |             |                                    |  |
| 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  |
| 6-й семестр   |   |    |    |  |
| Введение  | 1   | 0  | 0  | 0  |
| Основные термины и определения. Место катализаторов в структуре нефтеперерабатывающего комплекса.   |   |    |    |  |
| Теоретические основы кинетики и катализа  | 7   | 0  | 13 | 30   |
| Формальная кинетика в статических условиях и в потоке. Энергия активации и зависимость скорости реакции от температуры. Основы теории активных столкновений. Теория активированного комплекса. Кинетика каталитических процессов. Формально-кинетические модели. Теория активных центров в гетерогенном катализе. Механизмы гетерогенного катализа. Гомогенный катализ. Адсорбция. Физическая адсорбция. Изотерма Лэнгмюра, изотерма Брунауэра-Эммета-Теллера, изотерма Фрейндлиха. Применение физической адсорбции для определения удельной поверхности. Химическая адсорбция. Методы измерения хемосорбции. |   |    |    |  |

| Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием  | Объем аудиторных занятий по видам в часах |    |    | Объем внеаудиторных занятий по видам в часах |
|---|---|----|----|--|
|   | Л   | ЛР | ПЗ | СРС  |
| Катализаторы в процессах нефтепереработки и нефтехимии  | 8   | 0  | 14 | 33   |
| Нанесенные катализаторы. Методы производства нанесенных катализаторов: осаждение, пропитка. Носители катализаторов. Цеолиты, получение и применение. Другие виды катализаторов. Основные параметры гетерогенных катализаторов и методы их определения. Металлические и кислотные катализаторы.<br>Промышленные каталитические процессы: каталитический крекинг, гидрокрекинг, алкилирование, изомеризация, производство синтез-газа и метанола, оксосинтез. |   |    |    |  |
| ИТОГО по 6-му семестру  | 16  | 0  | 27 | 63   |
| ИТОГО по дисциплине   | 16  | 0  | 27 | 63   |

#### Тематика примерных практических занятий

| № п.п. | Наименование темы практического (семинарского) занятия  |
|--------|---|
| 1      | Формальная кинетика элементарных реакций. Определение порядка реакции, расчет энергии активации |
| 2      | Применение моделей Лэнгмюра и БЭТ для расчета удельной поверхности                              |
| 3      | Инструментальные методы анализа физико-химических свойств катализаторов                         |
| 4      | Катализаторы процесса риформинга  |
| 5      | Катализаторы процесса гидроочистки  |
| 6      | Катализаторы процесса изомеризации  |
| 7      | Катализаторы алкилирования  |
| 8      | Каталитические процессы получения водорода  |
| 9      | Получение синтез-газа   |
| 10     | Катализаторы процесса Клауса. Производство серы и серной кислоты                                |

## 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<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)  | Количество<br>экземпляров в<br>библиотеке |
|---------------------------------------|--|---|
| <b>1. Основная литература</b>         |  |   |
| 1                                     | Крылов О.В. Гетерогенный катализ : учебное пособие для вузов / О.В.Крылов. - М.: Академкнига, 2004.  | 36  |
| <b>2. Дополнительная литература</b>   |  |   |
| <b>2.1. Учебные и научные издания</b> |  |   |
| 1                                     | Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика : пер. с англ. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.                             | 10  |
| 2                                     | Чоркендорф И. Современный катализ и химическая кинетика : учебное пособие для вузов : пер. с англ. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. | 8   |
| <b>2.2. Периодические издания</b>     |  |   |

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1   | Кинетика и катализ : журнал / Российская академия наук. Отделение химии и наук о материалах. - Москва: Наука, 1960 - .  | 1  |
| 2   | Нефтепереработка и нефтехимия : научно-технические достижения и передовой опыт : научно-информационный сборник / Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. - Москва: ЦНИИТЭнефтехим, 1966 - .   | 1  |
| 3   | Химия и технология топлив и масел : научно-технический журнал / Министерство энергетики Российской Федерации; Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина; Ассоциация нефтепереработчиков и нефтехимиков; Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти. - Москва: Изд-во РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 1956 - . | 1  |
| <b>2.3. Нормативно-технические издания</b>                                |   |    |
|   | Не используется   |    |
| <b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>      |   |    |
| 1   | Боресков Г. К. Гетерогенный катализ / Г. К. Боресков. - Москва: Наука, 1986.  | 8  |
| 2   | Романовский Б. В. Основы катализа : учебное пособие / Б. В. Романовский. - Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2015.  | 4  |
| <b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b> |   |    |
| 1   | Панченков Г. М. Химическая кинетика и катализ : учебное пособие для вузов / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. - Москва: Химия, 1985.  | 13 |

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

| Вид литературы   | Наименование разработки   | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|---|---|---|
| Дополнительная литература                                  | Москвичев Ю. А. Теоретические основы химической технологии : учебное пособие / Москвичев Ю. А., Григоричев А. К., Павлов О. С. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. | <a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-130185">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-130185</a> | локальная сеть; авторизованный доступ   |
| Методические указания для студентов по освоению дисциплины | Романовский Б. В. Основы катализа : учебное пособие / Романовский Б. В. - Москва: Лаборатория знаний, 2017.   | <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan94126">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan94126</a>             | локальная сеть; авторизованный доступ   |
| Методические указания для студентов по освоению дисциплины | Черепанов, В. А. Химическая кинетика : учебное пособие / В. А. Черепанов, Т. В. Аксенова. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016.   | <a href="http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks66615">http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks66615</a>                 | локальная сеть; авторизованный доступ   |

| Вид литературы   | Наименование разработки   | Ссылка на информационный ресурс   | Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ) |
|--|---|---|---|
| Основная литература  | Аветисов А. К. Прикладной катализ : учебник / Аветисов А. К., Брук Л. Г. - Санкт-Петербург: Лань, 2020.   | <a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lanRU-LAN-BOOK-126902">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/lanRU-LAN-BOOK-126902</a> | локальная сеть; авторизованный доступ   |
| Основная литература  | Сибаров Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы / Сибаров Д. А., Смирнова Д. А. - Санкт-Петербург: Лань, 2018.  | <a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-102250">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-102250</a>               | локальная сеть; авторизованный доступ   |
| Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов | Потехин В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки / Потехин В. М., Потехин В. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. | <a href="https://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan53687">https://elib.pstu.ru/vufind/Record/lan53687</a>                         | локальная сеть; 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 |

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

| Наименование  | Ссылка на информационный ресурс  |
|---|--|
| База данных Elsevier "Freedom Collection"   | <a href="https://www.elsevier.com/">https://www.elsevier.com/</a>  |
| База данных Springer Nature e-books   | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a><br><a href="http://jwww.springerprotocols.com/">http://jwww.springerprotocols.com/</a><br><a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a><br><a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a> <a href="http://npg.com/">http://npg.com/</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>  |



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

| Вид занятий          | Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения | Количество единиц |
|----------------------|---|-------------------|
| Лекция               | Ноутбук Toshiba Satellite P100-257  | 1                 |
| Практическое занятие | Ноутбук Toshiba Satellite P100-257  | 1                 |

## **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

|  |   |
|--|---|
| <b>Направление подготовки:</b>                                 | 18.03.01 Химическая технология              |
| <b>Направленность (профиль)<br/>образовательной программы:</b> | Химическая технология (общий профиль, СУОС) |
| <b>Квалификация выпускника:</b>                                | «Бакалавр»                                  |
| <b>Выпускающая кафедра:</b>                                    | Химические технологии                       |
| <b>Форма обучения:</b>   | Очная                                       |
| <b>Курс: 3</b>   | <b>Семестр: 6</b>                           |
| <b>Трудоёмкость:</b>   |   |
| Кредитов по рабочему учебному плану:                           | 4 ЗЕ  |
| Часов по рабочему учебному плану:                              | 144 ч.                                      |
| <b>Форма промежуточной аттестации:</b>                         |   |
| Экзамен: 6 семестр   |   |

Пермь 2020

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 (6-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

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

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

| Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)   | Вид контроля |     |          |      |          |         |
|---|--------------|-----|----------|------|----------|---------|
|   | Текущий      |     | Рубежный |      | Итоговый |         |
|   | С            | ТО  | ОЛР      | Т/КР |          | Экзамен |
| <b>Усвоенные знания</b>   |              |     |          |      |          |         |
| 3.1 знать методы проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и математического моделирования для описания каталитических процессов в нефтепереработке и нефтехимии | С1           |     |          |      |          | ТВ      |
| 3.2 знать основные физические теории, кристаллические структуры и их влияние на природу катализаторов, принципы работы приборов и устройств для анализа физико-химических параметров катализаторов              |              |     |          | КР1  |          | ТВ      |
| <b>Освоенные умения</b>   |              |     |          |      |          |         |
| У.1 уметь использовать методы проведения теоретического анализа и математического моделирования для расчетов основных параметров каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии                         |              | ТО1 |          |      |          | ПЗ      |
| У.2 уметь применять знания о кристаллической структуре и природе веществ с целью определения состава и свойств каталитических систем  |              | ТО2 |          | ИЗ   |          | ПЗ      |

| Приобретенные владения   |  |     |  |     |  |    |
|--|--|-----|--|-----|--|----|
| <b>В.1</b> владеть навыками проведения теоретического анализа при обосновании оптимальных технологических параметров и выбора наиболее эффективных каталитических систем для ХТП                           |  | ТОЗ |  | КР2 |  | ПЗ |
| <b>В.2</b> владеть навыками использования для решения возникающих задач основных физических теорий; приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств в области катализа |  |     |  | ИЗ  |  | ПЗ |

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом 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 учебе 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 обучаемого 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 бланочного 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 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### 2.2.1. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 1 рубежная контрольная работа (КР) по модулю «Общие вопросы моделирования», вторая КР – по модулю 2 «Теоретические основы кинетики и катализа».

#### Типовые задания КР1:

1. Через расплав  $\text{MgCl}_2$  (30 г) пропускали кислород. Иодометрически определяли количество хлора, выделяющегося по реакции  $\text{MgCl}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{MgO} + \text{Cl}_2$

| t, мин | m(Cl <sub>2</sub> ), г |
|--------|------------------------|
| 45     | 0,1765                 |
| 60     | 0,2726                 |
| 75     | 0,3161                 |
| 90     | 0,3940                 |
| 135    | 0,5839                 |
| 150    | 0,6268                 |
| 180    | 0,7637                 |
| 210    | 0,9086                 |

Определить константу скорости и порядок данной реакции по хлору

2. Рассчитать значение энергии активации и определить предэкспоненциальный множитель, если известны значения констант скоростей реакции при нескольких температурах

| T, °C | k · 10 <sup>7</sup> |
|-------|---------------------|
| 780   | 0,84                |
| 800   | 0,97                |
| 825   | 1,24                |

#### Типовые задания КР2:

1. Катализаторы процесса крекинга. Состав и его влияние на активность катализатора, яды катализаторов.

2. Катализаторы риформинга. Состав и его влияние на активность катализатора, яды катализаторов.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условием допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений контроля всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

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

1. Формальная кинетика в статических условиях.
2. Энергия активации и зависимость скорости реакции от температуры.
3. Теория активных центров в гетерогенном катализе.
4. Физическая и химическая адсорбция.
5. Изотермы Ленгмюра и БЭТ.
6. Основные носители катализаторов (оксид кремния, оксид алюминия, активированный уголь). Свойства носителей и методы их получения.
7. Металлические катализаторы. Области их применения.
8. Кислотные катализаторы. Области их применения.
9. Основные методы получения нанесенных катализаторов: осаждение, пропитка.
10. Цеолиты, получение и применения.

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

1. Катализаторы процесса крекинга. Их влияние на эффективность процесса. Основы управления процессом.
2. Катализаторы процесса риформинга. Их влияние на эффективность процесса. Основы управления процессом.
3. Катализаторы процесса гидрокрекинга. Их влияние на эффективность процесса. Основы управления процессом.

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

1. Дать сравнительную характеристику катализаторов алкилирования (фтороводород, серная кислота, нанесенные катализаторы).
2. На основании имеющихся экспериментальных данных (степень конверсии, выходы продуктов, физико-химические свойства катализаторов) дать сравнительную характеристику двух образцов катализаторов процесса крекинга в псевдоожиженном слое.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей*

кафедре.

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных ГО контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена 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 экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом 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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.