

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
профессор Н.К. Кондрашева

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета переработки  
минерального сырья  
доцент П.А. Петров

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ И СОРБЕНТОВ

<b>Уровень высшего образования:</b>	Подготовка кадров высшей квалификации
<b>Направление подготовки:</b>	18.06.01 Химическая технология
<b>Направленность (профиль):</b>	Технология неорганических веществ
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Нормативный срок обучения:</b>	4 года
<b>Составитель:</b>	д.т.н., профессор Кондрашева Н.К., к.т.н., доцент Парфенова Л.В.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Химия и технология катализаторов и сорбентов»** разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.06.01 Химическая технология (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 883 от 30 июля 2014;
- на основании учебного плана направленности (профиля) «Технология неорганических веществ» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология.

**Составитель**

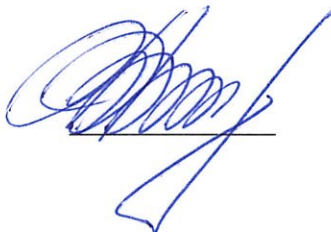


д.т.н, профессор Н.К. Кондрашева  
к.т.н, доцент Л.В. Парфенова

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей** от «28» апреля 2020 г., протокол № 7

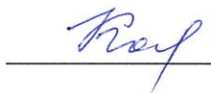
**Рабочая программа согласована:**

Декан факультета аспирантуры  
и докторантуры



к.т.н. В.В. Васильев

Заведующий кафедрой химических  
технологий и переработки  
энергоносителей



д.т.н.,  
профессор Н.К. Кондрашева

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Цели дисциплины:

- углубленное изучение химии и технологии в области исследования, разработки и реализации производства сорбентов и гетерогенных катализаторов для перспективных процессов нефтепереработки и нефтехимии;
- освоение научных основ подбора и технологии производства и применения промышленных катализаторов и сорбентов для предприятий переработки энергоносителей;
- изучение инструментальных методов исследования катализаторов и сорбентов, полученных в технологии неорганических веществ.

### Основными задачами изучения дисциплины являются:

- способствовать изучению научных основ адсорбции и поверхностных физико-химических явлений, способов получения и методов исследования сорбентов и катализаторов для процессов нефтепереработки;
- владение современными методами изучения физико-химических и эксплуатационных свойств катализаторов и сорбентов, применяемых в химической технологии;
- способствовать развитию понимания способов практического применения и методов оценки промышленных катализаторов и сорбентов для процессов нефтепереработки и нефтехимии.
- способствовать развитию мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области создания высокоэффективных каталитических систем и сорбентов.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина входит в состав Блока 1, который в полном объеме относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (ОПОП ВО аспирантуры) по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины обучающимися направлен на формирование следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

- умение проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для отраслей химической промышленности, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике (ПК-1);
- способность и готовность к разработке новых технологических процессов (химических, физических и механических), изменению состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов (ПК-2);
- способность и готовность к разработке новых производственных процессов получения неорганических продуктов: соли, минеральные удобрения, высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты (ПК-3);
- умение работать с аппаратурой, выполненной на базе микропроцессорной техники и персональных компьютеров для решения практических задач эксплуатации, управления объектами и моделирования процессов химической технологии (ПК-4).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность:

*в научно-исследовательской деятельности:*

- критически анализировать и оценивать существующие и развивающиеся теории, применяемые в химической технологии каталитических и сорбционных процессов;
- анализировать перспективы развития и темпы роста каталитических и сорбционных процессов применительно к решению глобальных проблем химической технологии;

*в научно-инновационной деятельности (в соответствии с профилем подготовки):*

- профессионально решать новые проблемы в области исследования гетерогенного и гомогенного катализа с использованием инновационных технологий, формулировать стратегические цели



и задачи научных и научно-инновационных исследований, предлагать оптимальные пути их решения с учетом знания химии и технологии катализаторов и сорбентов;

- самостоятельно проектировать и осуществлять комплексные и междисциплинарные исследования с использованием знаний в области химии и технологии катализаторов и сорбентов для решения инновационных задач химической технологии;

- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в общетехническом, общенаучном и социальном контекстах.

### 3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1.	ПК-1	Умение проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, имеющих значение для отраслей химической промышленности, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике	<b>Выпускник знает:</b> современные физико-химические и механические методы исследования свойств катализаторов и сорбентов; основы планирования экспериментальных исследований в области технологии производства и применения катализаторов и сорбентов <b>Умеет:</b> применять методы исследования и определять свойства промышленных катализаторов, а также давать оценку возможности их эффективного применения <b>Владеет навыками:</b> оценки качества и эффективности работы катализаторов и сорбентов	В соответствии с учебным планом
2.	ПК-2	Способность и готовность к разработке новых технологических процессов (химических, физических и механических), изменению состава, состояния, свойств, формы сырья, материала в производстве неорганических продуктов	<b>Выпускник знает:</b> основные области и способы применения катализаторов и сорбентов в различных процессах нефтепереработки и нефтехимии; влияние строения катализатора на его свойства и механизм протекающих реакций на его поверхности <b>Умеет:</b> производить рациональный выбор технологии производства катализаторов и сорбентов для перерабатывающей промышленности <b>Владеет навыками:</b> повышения эффективности использования катализаторов, применяемых в различных химико-технологических процессах	В соответствии с учебным планом
3.	ПК-3	Способность и готовность к разработке новых производственных процессов получения неорганических продуктов: соли, минеральные удобрения, высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбен-	<b>Выпускник знает:</b> основные принципы технологий получения каталитических систем и сорбентов; основные подходы к подбору эффективных катализаторов и сорбентов различных процессов на базе анализа их свойств <b>Умеет:</b> прогнозировать природу катализатора и технологию его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья <b>Владеет навыками:</b> получении высокоэффективных сорбентов для процессов очистки и осушки газообразных и жидкофазных веществ	В соответствии с учебным планом



		ты, неорганические препараты		
4.	ПК-4	Умение работать с аппаратурой, выполненной на базе микропроцессорной техники и персональных компьютеров для решения практических задач эксплуатации, управления объектами и моделирования процессов химической технологии	<b>Выпускник знает:</b> применение компьютерной техники для производственных процессов получения катализаторов и областей их применения <b>Умеет:</b> применять компьютерные технологии для рационального выбора катализаторов и технологических параметров для получения продукта заданного качества <b>Владеет навыками:</b> применения основ технологии катализаторов для ведения химико-технологических процессов с использованием персональных компьютеров для решения практических задач объектов химической технологии	В соответствии с учебным планом

\*Основными этапами формирования компетенций обучающихся при освоении дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий в течение учебного семестра (семестров).

### 3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенций обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя 7 тем, содержание которых направлено на изучение химии и технологии производства и применения катализаторов и сорбентов, методов их исследования.

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц. Дисциплина изучается в 3 и 4 семестре по очной форме обучения. Форма контроля для очной формы обучения: дифференцированный зачет в 3 и 4 семестрах.

#### 4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	семестры	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины в часах	180	76	104
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	60	30	30
Лекции	20	10	10
Практические занятия	40	20	20
Дифференцированный зачет	4	2	2
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	116	44	72
<b>Вид аттестации</b>	Диф. зачет	Диф. зачет	Диф. зачет

## 4.2. Темы учебной дисциплины и виды занятий

Тема № п/п	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			
			Лекции	Практические занятия	Контроль	Самостоятельная работа
3 семестр						
Раздел I. Теоретические основы химии и технологий катализаторов и сорбентов						
Тема № п/п	Наименование тем	Всего часов	Количество часов по видам занятий			
			Лекции	Практические занятия	Контроль	Самостоятельная работа
1	Вводный раздел	6	2			4
2	Катализ. Основные положения и определения в катализе	14	4	4		8
3	Теоретические основы процессов адсорбции	28	2	8		16
4	Основные виды пористых адсорбентов	26	2	8		16
	Дифференцированный зачёт	2			2	
	<b>Итого за 3 семестр</b>	<b>76</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>44</b>
4 семестр						
Раздел II. Химия и технология производства и исследования промышленных катализаторов и сорбентов						
5	Роль оксида алюминия как промышленного носителя катализаторов	18	4	4		14
6	Технология производства катализаторов	32	4	6		22
7	Дегградация катализатора	52	2	10		36
	Дифференцированный зачёт	2			2	
	<b>Итого за 4 семестр</b>	<b>104</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
	<b>Итого по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>116</b>



### 4.3. Содержание учебной дисциплины

## РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИЙ КАТАЛИЗАТОРОВ И СОРБЕНТОВ

### Тема 1. Вводный раздел

Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Организация изучения дисциплины. Гомогенные и гетерогенные системы. Равновесие в технологических процессах. Скорость реакционного процесса и способ ее увеличения.

#### *Самостоятельная работа.*

Основные факторы, влияющие на равновесие в технологических процессах. Принцип Ле-Шателье. Константы скорости химической реакции. Порядок химической реакции.

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

### Тема 2. Катализ. Основные положения и определения в катализе

Основные определения в катализе. Мультиплетная теория Баландина. Теория активных ансамблей Кобозева. Теория насыщенных активных центров Тейлора. Электронная теория Волькенштейна. Теория пересыщения Рогинского.

#### *Практические занятия.*

Насыпная плотность и размер гранул носителя катализатора.

#### *Самостоятельная работа.*

Определение катализа. Классификация катализа в зависимости от фазового состояния. Механизм гомогенного катализа. Механизм гетерогенного катализа. Ферментативный катализ.

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

### Тема 3. Теоретические основы процессов адсорбции

Адсорбционное равновесие. Теоретические уравнения адсорбции. Мономолекулярная адсорбция. Уравнение Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Определение удельной поверхности пористых тел.

#### *Практические занятия.*

Определение удельной поверхности катализаторов.

#### *Самостоятельная работа.*

Изотерма адсорбции Ленгмюра. Уравнение БЭТ. Классификация изотерм адсорбции.

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

### Тема 4. Основные виды пористых адсорбентов

Синтетические адсорбенты, их пористая структура и получение: активные угли, силикагели, цеолиты и активный оксид алюминия. Природные синтетические цеолиты. Промышленное производство цеолитов. Синтетические высококремнеземнистые (кислостойкие) цеолиты. Цеолиты в катализе

#### *Практические занятия.*

Определение общей удельной поверхности по адсорбции красителем.

#### *Самостоятельная работа.*

Недостатки синтетических адсорбентов. Классификация систем пор: микропоры, мезопоры, макропоры. Происхождение цеолитов. Установки на нефтеперерабатывающих предприятиях, использующие цеолитные сорбенты.

#### *Дифференцированный зачёт.*

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

## РАЗДЕЛ II. ХИМИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ И СОРБЕНТОВ

### Тема 5. Роль оксида алюминия как промышленного носителя катализаторов

Общие сведения о промышленном производстве гидроксидов (ГОА) и оксидов (ОА) алюминия и их применение. Фазовые равновесия гидроксидов алюминия (природные, синтезированные). Структурная классификация оксидов алюминия. Фазовая трансформация гидроксидов алюминия (полиморфные превращения) под действием температуры. Разложение тригидроксидов алюминия. Разложение моногидроксидов алюминия.

#### *Практические занятия.*

Определение массовой доли железа в активном оксиде алюминия.

#### *Самостоятельная работа.*

Реакция гидролиза алкоксидных соединений алюминия. Стадии термохимической активации тригидрата алюминия. Метод дериватографии. Основные физико-химические свойства носителей катализаторов.

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

### Тема 6. Технология производства катализаторов

Способ соосаждения – таблетирование. Пропитка готовых носителей на полную влагоемкость. Способ адсорбции из избытка раствора. Способ смешения активных компонентов в системе твердое: жидкость. Способы регулирования свойств катализатора (пористой структуры, распределения активного компонента в зерне катализатора, прочностных свойств и фазового состава).

#### *Практические занятия.*

Приготовление катализатора осаждением.

#### *Самостоятельная работа.*

Схема процесса соосаждения. Условия процессов получения катализаторов (температура, давление, время). Основные свойства катализаторов.

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

### Тема 7. Дегградация катализатора

Отравление катализаторов. Типы отравления катализаторов. Истинное отравление катализаторов. Селективное отравление. Дезактивация в результате блокировки и спекания.

#### *Практические занятия.*

Расчет компонентов для приготовления катализатора.

#### *Самостоятельная работа.*

Вещества, называемые ингибиторы. Типы отравления катализаторов. Факторы, влияющие на отравление катализаторов. Механизмы отравления катализаторов.

#### *Дифференцированный зачёт.*

#### *Рекомендуемая литература:*

основная: [1-8];

дополнительная: [9-14].

## 5. Образовательные технологии, используемые при изучении дисциплины

При изучении дисциплины «Химия и технология катализаторов и сорбентов» обучающийся использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

— дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;



— стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета, экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа** обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итогового контроля изучения дисциплины**

### **6.1. Цель и основные задачи текущего контроля по дисциплине**

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение на консультациях вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по наиболее актуальным темам дисциплины (устный ответ);
- подготовка докладов;
- выполнение практических заданий.
- выполнение тестовых заданий.

### **6.2. Критерии оценивания результатов текущего контроля**

#### **Критерии оценивания устных ответов обучающихся**

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Оценка «зачтено» ставится, если студент:

- 1) ориентируется в излагаемом материале, владеет базовой терминологией в объеме, предусмотренном рабочей программой по дисциплине;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, подкрепляет теоретические положения примерами;
- 3) умеет структурировать содержание ответа в соответствии с поставленным вопросом;
- 4) не допускает (или допускает немногочисленные негрубые) ошибки при анализе языковых фактов; способен исправить допущенные им ошибки при помощи уточняющих вопросов преподавателя.

Оценка «отлично» / «зачтено». Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Полно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Делаются обоснованные выводы. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «хорошо» / «зачтено». Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизированно и последовательно. Материал излагается уверенно. Раскрыты причинно-следственные связи между



явлениями и событиями. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Соблюдаются нормы литературной речи.

Оценка «удовлетворительно» / «зачтено». Допускаются нарушения в последовательности изложения. Неполно раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Демонстрируются поверхностные знания вопроса, с трудом решаются конкретные задачи. Имеются затруднения с выводами. Допускаются нарушения норм литературной речи.

Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено». Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине. Не раскрываются причинно-следственные связи между явлениями и событиями. Не проводится анализ. Выводы отсутствуют. Ответы на дополнительные вопросы отсутствуют. Имеются заметные нарушения норм литературной речи.

### **6.3. Критерии формирования оценок по подготовке докладов**

«Отлично» (5 баллов) – аспирант показывает глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, информация представлена в переработанном виде; использует иллюстративный (наглядный) материал, мультимедийную презентацию, демонстрирует мастерство публичного выступления.

«Хорошо» (4 балла) – обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в ответ на вопросы, представляет наглядный материал, помогающий слушателям запомнить основные пункты выступления.

«Удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы, демонстрирует отсутствие необходимой информации в презентации.

### **6.4. Критерии формирования оценок по выполнению практических заданий**

«Отлично» (5 баллов) – аспирант показывает глубокие знания материала при решении поставленных практических задач, грамотно, логично, структурированно и детально его излагает, решение соответствует требованиям рабочей программы по дисциплине.

«Хорошо» (4 балла) – обучающийся твердо знает материал, не допускает существенных неточностей в ответе при решении поставленных практических задач, само решение соответствует требованиям рабочей программы по дисциплине.

«Удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся имеет знания основного материала и применяет его при решении поставленных практических задач, но не усвоил деталей, допускает отдельные неточности, решение соответствует требованиям рабочей программы по дисциплине.

«Неудовлетворительно» (0 баллов) – обучающийся допускает грубые ошибки при решении поставленных практических задач, решение не соответствует требованиям рабочей программы по дисциплине.

### **6.5. Критерии формирования оценок по выполнению тестовых заданий**

«Отлично» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 100 – 80% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Хорошо» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 79 – 66% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Удовлетворительно» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов на тестовые вопросы – 65 – 50% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Неудовлетворительно» – получают аспиранты, имеющие результат: количество правильных ответов – менее 50% от общего объема заданных тестовых вопросов.

### **6.6 Цель и основные задачи дифференцированного зачёта по дисциплине**

Дифференцированный зачет имеет целью проверить знание и понимание обучающимися понимание теоретических основ гомогенного и гетерогенного катализа, теории адсорбции, изложенных в третьем семестре в Разделе I «Теоретические основы химии и технологий катализаторов и сорбен-



тов» (темы 1-4), и понимание технологий производства катализаторов и сорбентов, исследование их свойств, которые изложены в четвертом семестре в Разделе II «Химия и технология производства и исследования промышленных катализаторов и сорбентов» (темы 5-7)

Индекс контролируемых компетенций — ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.

### 6.7 Порядок проведения дифференцированного зачета

Дифференцированный зачет проводится путем самостоятельной подготовки обучающимися выступления с докладом по одной из изучаемых тем, которое затем представляется преподавателю в виде выступления и проверяется с выставлением дифференцированных оценок. Примерные темы выступления могут быть выбраны из следующего списка:

- 1) Термодинамика поверхностных слоев;
- 2) Поверхностные явления. Адгезия и когезия;
- 3) Физико-химическая природа адсорбционных взаимодействий;
- 4) Закономерности адсорбции газов на твердых поверхностях;
- 5) Гомогенный кислотный и основной катализ и каталитические реакции;
- 6) Гомогенный металлокомплексный катализ и реакции на его основе;
- 7) Гетерогенный катализ и гетерогенно-каталитические процессы;
- 8) Основные физические и технологические характеристики катализаторов и носителей;
- 9) Методы синтеза и приготовления катализаторов и носителей;
- 10) Гетерогенно-каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии;

Доклад представляется в виде презентаций в произвольной форме, после чего в электронном виде и на бумажном носителе хранится на кафедре химических технологий и переработки энергоносителей.

### 6.8. Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета

Оценки за доклад выставляются, исходя из следующих критериев:

— **«отлично» (5)**: если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал лекций и демонстрирует это в докладе, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, использует обширный материал разнообразных источников, излагает свою позицию, хорошо ее объясняя и обосновывая;

— **«хорошо» (4)**: если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей в его изложении, использует ограниченный круг источников, вместо своей позиции излагает одну из стандартных, не подкрепляя ее хорошо подобранными обоснованиями;

— **«удовлетворительно» (3)**: если обучающийся поверхностно усвоил основной материал лекций, не знает деталей, допускает неточности, привлекает мало материала из источников, пользуясь, в основном, стандартными учебниками и формулировками;

— **«неудовлетворительно» (2)**: если обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет или, по существу, не раскрывает поставленных в докладе задач.

Оценки по результатам проверки доклада объявляются обучающимся и заносятся в зачетную ведомость.

## 7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети «Интернет»

### 7.1. Обеспеченность литературой

#### Основная:

1. Ильин, А.П. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов [Электронный ресурс] / А.П. Ильин, В.Ю. Прокофьев. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2004. — 316 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4470>. — Загл. с экрана.

2. Улитин, М.В. Поверхностные явления. Адсорбция [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.В. Улитин, Д.В. Филиппов, А.А. Федоров. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2014. — 206 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/96114>. — Загл. с экрана.



3. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс] : учебник / В.М. Потехин, В.В. Потехин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 896 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/53687>. — Загл. с экрана.

4. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры: Монография / В.С. Комаров, С.В. Бесараб. — Электрон. дан. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 203 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=448449>. — Загл. с экрана.

5. Ильин, А.П. Научные основы приготовления катализаторов. Творческое наследие и дальнейшее развитие работ профессора И.П.Кириллова [Электронный ресурс] : монография / А.П. Ильин ; под ред. А.П. Ильина. — Электрон. дан. — Иваново : ИГХТУ, 2008. — 156 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4474>. — Загл. с экрана.

6. Лыгина, Т.З. Технологии химической активации неорганических природных минеральных сорбентов [Электронный ресурс] : монография / Т.З. Лыгина, О.А. Михайлова, А.И. Хацринов, Т.П. Конюхова. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2009. — 120 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/13339>. — Загл. с экрана.

7. Романовский, Б.В. Основы катализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.В. Романовский. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 175 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94126>. — Загл. с экрана.

8. Ченская, В.В. Теоретические основы технологии неорганических веществ [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Ченская, Т.Г. Черкасова, Е.В. Цалко. — Электрон. дан. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2010. — 203 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/6646>. — Загл. с экрана.

#### **Дополнительная:**

9. Ахметов, Т.Г. Химическая технология неорганических веществ. Книга 1 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Ахметова, Л.Г. Гайсин, Л.Т. Ахметова ; под ред. Т.Г. Ахметова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 688 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/92998>. — Загл. с экрана.

10. Ахметов, Т.Г. Химическая технология неорганических веществ. Книга 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Ахметова, Л.Г. Гайсин, Л.Т. Ахметова ; под ред. Т. Г. Ахметова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 536 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/89935>. — Загл. с экрана.

11. Ягодовский, В.Д. Адсорбция [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Д. Ягодовский. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 219 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/66353>. — Загл. с экрана.

12. Современный катализ и химическая кинетика: Учебное пособие / Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х., - 2-е изд. — Электрон. дан. — Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 504 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=516597>. — Загл. с экрана.

13. Нестерова, Е.В. Общая химическая технология: Кинетика химических процессов. Химические реакторы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.В. Нестерова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2013. — 92 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45521>. — Загл. с экрана.

14. Пугачев, В.М. Химическая технология [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Пугачев. — Электрон. дан. — Кемерово : КемГУ, 2014. — 108 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/61425>. — Загл. с экрана.

## **7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

— Методические указания для самостоятельной работы аспирантов

— Методические указания для практических занятий аспирантов

## **7.3. Ресурсы сети «Интернет»**

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».

2. Библиотека ГОСТов [www.gostrf.com](http://www.gostrf.com).



3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>
4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>
5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>
6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.
7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

#### **7.4 Электронно-библиотечные системы:**

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL» <https://informsystema.ru>
- Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

#### **7.5 Современные профессиональные базы данных:**

- Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>
- «Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>
- «Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>

#### **7.6 Информационные справочные системы:**

1. Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс <http://www.consultant.ru/>.
2. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.
3. ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре». <http://www.informio.ru/>.

### **8. Материально-техническое обеспечение**

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя технические средства обучения, служащие для представления информации (мультимедийные доски, проекторы, и т.д.). Имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования, которые укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

#### **8.1. Специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа и практических занятий по дисциплине «Теоретические основы каталитических процессов и технологии катализаторов», оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Лекционный курс читается с мультимедийным сопровождением – демонстрацией презентационного материала с помощью мультимедийного проектора.

Аудитория на 12 посадочных мест.

Мультимедийный проектор – 1 шт., стол компьютерный - 12 шт., тумба для документов - 6 шт., стол - 2 шт., стол составной - 1 шт., стул – 24 шт., системный блок (возможность доступа к сети «Интернет») - 12 шт., монитор – 12 шт., доска - 1 шт; плакат – 13 шт., шкаф книжный – 1 шт., принтер – 1шт.



Практические занятия – аудитория на 12 посадочных мест.

Столы лабораторные – 10 шт., стул – 12 шт., шкаф для хранения реактивов – 4 шт., шкаф для хранения посуды – 3 шт., вытяжной шкаф - 2 шт., мойка – 1 шт., роторная вертикальная мешалка НТ-120DX-Set, верхнеприводная мешалка HS-100D-Set, комплект оборудования системы хроматографического анализа установки «Колонны с регулярной насадкой» с дополнительными принадлежностями и монтажным материалом - 1 шт., хроматограф ЦВЕТ-800 модель 6 - 1 шт., плакат – 2 шт., муфельная печь – 2 шт., баня лабораторная – 1 шт., сушильный шкаф – 2 шт., электропечь – 1 шт., колбонагреватель – 1 шт., электроплитка – 1 шт.

## 8.2. Помещения для самостоятельной работы

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года)

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio



(свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### 8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

#### 1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

#### 2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

#### 3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стула – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

### 8.4. Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., Учебный центр №1	307 посадочных мест; 74 посадочных места, оснащенные персональными компьютерами с доступом к сети Интернет; 149 единиц компьютерного оборудования; 42 единицы копировально-множительной техники	MARK-SQL, Ирбис

**8.5. Лицензионное программное обеспечение**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)



## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа дисциплины «Химия и технология катализаторов и сорбентов» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры химических технологий и переработки энергоносителей.*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	7	«28» <u>апреля</u> 2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	8	«29» <u>апреля</u> 2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	9	«29» <u>апреля</u> .2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022