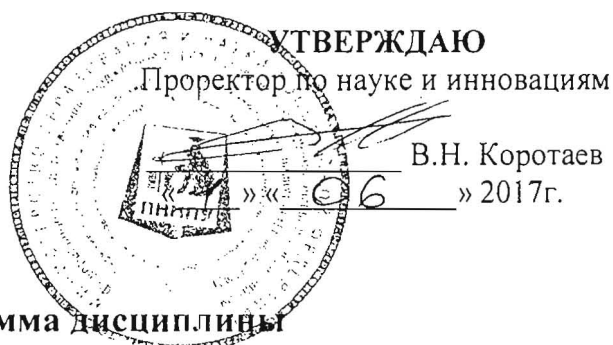




Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**



**Рабочая программа дисциплины  
«Процессы и аппараты химических технологий»**

Направление подготовки	18.06.01 Химическая технология
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Процессы и аппараты химических технологий
Научная специальность	05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Машины и аппараты производственных процессов (МАПП)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 4	Экзамен: 5

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 883 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология.

- Общая характеристика образовательной программы.

- Паспорт научной специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий. разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года).

- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий.

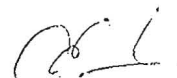
Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры МАПП  
Протокол от «18» *Июль* 2017г. № 9.

/ Зав. кафедрой д.т.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Загидуллин С.Х.  
(Фамилия И.О.)

Разработчик д.т.н., доцент  
программы (учёная степень, звание)

  
(подпись)

Мошев Е.Р.  
(Фамилия И.О.)

/ Руководитель д.т.н., профессор  
программы (учёная степень, звание)

  
(подпись)

Загидуллин С.Х.  
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК

  
(подпись)

Л.А. Свисткова

## **1. Общие положения**

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области процессов и аппаратов химических технологий.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий (ОПК-1);
- знает и способен исследовать основные физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий (ПК-1);
- знает и способен исследовать влияние конструкционных характеристик аппаратов химических технологий на эффективность их функционирования (ПК-2).

### **1.2 Задачи учебной дисциплины:**

#### **▪ формирование знаний**

– по методам организации и планирования фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий;

– по влиянию основных физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей процессов химических технологий, а также конструкционных характеристик аппаратов на эффективность работы химико-технологического оборудования;

#### **▪ формирование умений**

– составления балансовых уравнений, основанных на фундаментальных законах сохранения вещества и энергии; составления матриц планирования прикладных научных исследований в области химических технологий;

– составления научно-обоснованных планов проведения исследований по изучению влияния основных физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей процессов химических технологий, а также конструкционных характеристик аппаратов на эффективность работы химико-технологического оборудования;

#### **▪ формирование навыков**

– решения балансовых уравнений, основанных на фундаментальных законах сохранения вещества и энергии; выбора общей области и подобласти проведения эксперимента; проведения и обработки результатов эксперимента, а также оптимизации эксперимента;

– применения лабораторного оборудования, а также компьютерной техники для изучения и анализа влияния физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей, а также конструкционных характеристик аппаратов на эффективность работы химико-технологического оборудования.

### **1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:**

- методы организации и планирования эксперимента;
- методы оптимизации эксперимента;
- физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий;
- конструкционные характеристики химико-технологических аппаратов;
- методы моделирования процессов химических технологий;
- способы обработки результатов исследования процессов химических технологий.

### **1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.В.ОД.1.1 «Процессы и аппараты химических технологий» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

**Знать:**

- принципы составления уравнений материального и теплового балансов;
- аналитические и численные методы решения уравнений материального и теплового балансов;
- матрицы планов эксперимента первого и второго порядка;
- методы оптимизации эксперимента;
- основные физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий, а также их влияние на эффективность работы химико-технологического оборудования;
- основные конструкционные характеристики аппаратов и характер их влияния на эффективность и интенсивность протекания процессов химических технологий.

**Уметь:**

- решать уравнений материального и теплового балансов;
- составлять матрицы планов эксперимента первого и второго порядка;
- выбирать факторы и определять область проведения эксперимента;
- обрабатывать результаты эксперимента и осуществлять его оптимизацию;
- составлять научно-обоснованные планы проведения исследований по изучению влияния основных физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей процессов химических технологий на эффективность работы химико-технологического оборудования;
- составлять научно-обоснованные планы проведения исследований по изучению влияния конструкционных характеристик аппаратов на эффективность и интенсивность протекания процессов химических технологий.

**Владеть:**

- практическими навыками решения уравнений материального и теплового балансов;
- навыками составления организационных планов эксперимента, а также навыками его проведения, оптимизации и обработки результатов;
- практическими навыками исследования влияния основных физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей процессов химических технологий на эффективность работы химико-технологического оборудования;
- практическими навыками исследования влияния конструкционных характеристик аппаратов на эффективность и интенсивность протекания процессов химических технологий.

**2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1**

<b>Код ОПК-1</b>	<b>Формулировка компетенции</b> способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий
----------------------	--

<b>Код ОПК-1 Б1.В.ОД.1.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химических технологий
--------------------------------------	---

**Требования к компонентному составу части компетенции**

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> – принципы составления уравнений материального и теплового балансов; – аналитические и численные методы решения уравнений материального и теплового балансов;	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>

– матрицы планов эксперимента первого и второго порядка; – методы оптимизации эксперимента.		
<b>Уметь:</b> – решать уравнений материального и теплового балансов; – составлять матрицы планов эксперимента первого и второго порядка; – выбирать факторы и определять область проведения эксперимента. – обрабатывать результаты эксперимента и осуществлять его оптимизацию.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
<b>Владеть:</b> – практическими навыками решения уравнений материального и теплового балансов; – навыками составления организационных планов эксперимента, а также навыками его проведения, оптимизации и обработки результатов.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

<b>Код ПК-1</b>	<b>Формулировка компетенции</b> знает и способен исследовать основные физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий
-----------------	---

<b>Код ПК-1</b> Б1.В.ОД.1.1	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> знает и способен исследовать основные физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий
--------------------------------	--

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> – основные физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий, а также их влияние на эффективность работы химико-технологического оборудования.	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> – составлять научно-обоснованные планы проведения исследований по изучению влияния основных физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей процессов химических технологий на эффективность работы химико-технологического оборудования.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
<b>Владеть:</b> – практическими навыками исследования влияния основных физических, химических, гидродинамических и термодинамических закономерностей процессов химических технологий на эффективность работы химико-технологического оборудования.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>



### 2.3 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<b>Код</b> ПК-2	<b>Формулировка компетенции</b> знает и способен исследовать влияние конструкционных характеристик аппаратов химических технологий на эффективность их функционирования
--------------------	--

<b>Код</b> ПК-2 Б1.В.ОД.1.1	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> знает и способен исследовать влияние конструкционных характеристик аппаратов химических технологий на эффективность их функционирования
-----------------------------------	---

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>Знать:</b> – основные конструкционные характеристики аппаратов и характер их влияния на эффективность и интенсивность протекания процессов химических технологий.	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
<b>Уметь:</b> – составлять научно-обоснованные планы проведения исследований по изучению влияния конструкционных характеристик аппаратов на эффективность и интенсивность протекания процессов химических технологий.	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>
<b>Владеть:</b> – практическими навыками исследования влияния конструкционных характеристик аппаратов на эффективность и интенсивность протекания процессов химических технологий.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание.</i>

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4 семестр	5 семестр
<b>1</b>	Аудиторная работа	12	
	В том числе:		
	Лекции (Л)	5	-
	Практические занятия (ПЗ)	-	6
<b>2</b>	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1	-
	Самостоятельная работа (СР)	66	30
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	-	36
	Форма итогового контроля:	Зачёт	Кандидатский экзамен

## 4. Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий						Трудоёмкость, ч / ЗЕ
		Аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль	Самостоятельная работа	
		всего	Л	ПЗ				
1	1	1	1		0,2		15	16,2
	2	1	1		0,2		15	16,2
<b>Всего по разделу:</b>		<b>2</b>	<b>2</b>		<b>0,4</b>		<b>30</b>	<b>32,4</b>
2	3	1	1		0,15		18	20,15
	4	1	1		0,15		18	20,15
<b>Всего по разделу:</b>		<b>3</b>	<b>3</b>		<b>0,3</b>		<b>36</b>	<b>39,3</b>
3	5	3		3	0,15		15	18,15
	6	3		3	0,15		15	18,15
<b>Всего по разделу:</b>		<b>6</b>		<b>6</b>	<b>0,3</b>		<b>30</b>	<b>36,3</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>							<b>36</b>	<b>36/1</b>
<b>Итого:</b>		<b>11</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>1</b>		<b>36</b>	<b>144/4</b>

### 4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

#### 4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

##### Раздел 1. Основы организации и проведения научных исследований в области химических технологий

(Л – 2, СР – 30)

Тема 1. Организация и проведение фундаментальных научных исследований в области химических технологий. Уравнения материального и теплового баланса в химической технологии. Уравнения баланса сил. Уравнения химической кинетики. Получение моделей процессов химических технологий. Аналитические и численные методы решения моделей. Проверка моделей на адекватность.

Тема 2. Организация и проведение прикладных научных исследований в области химических технологий. Планы первого порядка. Планы 2-го порядка. Основной уровень и интервалы варьирования факторов. Параметр оптимизации. Оптимизация эксперимента. Планирования эксперимента по Протодьяконову. Обработка результатов пассивного эксперимента.

##### Раздел 2. Исследование влияния основных технологических характеристик процессов и конструкционных характеристик аппаратов на эффективность и

(Л – 3, СР – 36)

Тема 3. Оценка влияния основных характеристик процессов химических технологий на эффективность и интенсивность работы химико-технологического оборудования. Поверхность контакта фаз. Удельная поверхность и дисперсность твёрдых веществ. Коэффициенты тепло- и массопередачи. Константа скорости реакции. Давление. Температура. Вещественный состав. Среднее время пребывания потока в аппарате. Константы уравнений химической кинетики. Турбулентность. Критерий Рейнольдса. Коэффициент сопротивления. Теплоёмкость. Поверхностное натяжение. Удельная теплота парообразования. Коэффициенты адиабаты и политропы. Режимные параметры псевдооживленного слоя. Режимные параметры процессов фильтрования, вакуум-выпаривания и кристаллизации.

Тема 4. Оценка влияния основных конструкционных характеристик аппаратов химических технологий на эффективность и интенсивность работы химико-технологического оборудо-

дования. Поверхность теплопередачи. Диаметр и длина (высота) аппарата. Количество и тип тарелок массообменных аппаратов. Удельная поверхность и порозность насадки. Характеристики перемешивающих устройств. Характеристики насадок и тарелок колонных аппаратов. Диаметр циклонов. Конструкционные характеристики аппаратов для осуществления процессов фильтрования, вакуум-выпаривания и кристаллизации.

#### 4.2.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (5 семестр)

### Раздел 3. Технологический расчёт сосудов и аппаратов химических технологий (ПЗ – 6, СР – 30)

Тема 5. Расчётное и экспериментальное определение характеристик процессов химических технологий: коэффициенты тепло- и массопередачи; константы скоростей реакций; коэффициенты гидродинамического сопротивления аппаратов и технических устройств; величина гидравлического сопротивления аппаратов и технических; движущая сила тепломассообменных процессов; коэффициенты адиабаты и политропы; динамическая и кинематическая вязкость; удельная плотность газов и жидкостей; фракционный состав и плотность распределения зернистых материалов по размеру частиц; кривые равновесия; скорости псевдооживления и витания зернистых материалов; эффективность протекания процесса; режимные параметры процессов фильтрования, вакуум-выпаривания и кристаллизации.

Тема 6. Расчётное и экспериментальное определение конструкционных характеристик технических устройств и аппаратов химических технологий: габаритные размеры; живое сечение и другие характеристики распределительных тарелок и решёток; диаметр труб; количество ходов теплообменника; поверхность теплопередачи; диаметры циклона; количество распределительных перегородок в теплообменниках; диаметр штуцеров аппаратов; конструкционные характеристики аппаратов для осуществления процессов фильтрования, вакуум-выпаривания и кристаллизации.

#### 4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	5	Методы расчёта и экспериментального определения технологических характеристик процессов химических технологий.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	6	Методы расчёта и экспериментального определения конструкционных характеристик технических устройств и аппаратов химических технологий.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.



#### 4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	– закономерности движения твёрдых дисперсных частиц в восходящем потоке газа; – расчётные и экспериментальные методы определения скоростей начала псевдооживления и витания твёрдых дисперсных частиц в восходящем потоке газа.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	– по заданной преподавателем теме 2-х факторного эксперимента определить область его проведения и составить матрицу планирования 1-го порядка. – провести эксперимент и получить уравнение регрессии; – методом крутого восхождения найти область с максимальным значением параметра оптимизации; – поставить в найденной области эксперимент 2-го порядка, получить уравнение регрессии и определить его адекватность.	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	– составить и решить уравнение материального баланса процесса массовой кристаллизации вещества (вещество и тип кристаллизатора задаются преподавателем); оценить влияние характеристик процесса кристаллизации на его эффективность.	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	– по заданным преподавателем данным рассчитать поверхность теплопередачи кожухотрубчатого теплообменника; оценить влияние количества ходов и перегородок теплообменника на эффективность его работы.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	– рассчитать по заданным преподавателем данным количество тарелок в ректификационной колонне для разделения бинарной смеси органических продуктов (совместно с темой 6).	Творческое задание	Темы творческих заданий
6	6	– и определить характеристики ситчатых проверок для условий задачи по теме 5; – рассчитать габаритные размеры ректификационной колонны для условий задачи по теме 5.	Творческое задание	Темы творческих заданий

#### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

#### **6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты 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.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

#### **7. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

**8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой**

Б1.В.ОД.1.1 «Процессы и аппараты химических технологий»  (индекс и полное название дисциплины)	<b>БЛОК 1</b> (цикл дисциплины/блок)	
	<input type="checkbox"/> базовая часть цикла <input checked="" type="checkbox"/> вариативная часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/> обязательная по выбору аспиранта <input type="checkbox"/>

<b>18.06.01/ 05.17.08</b> код направления / шифр научной специальности	<b>Химическая технология / Процессы и аппараты химических технологий</b> (полные наименования направления подготовки / направленности программы)
---	---

2017  
(год утверждения учебного плана)

Семестр(-ы): 4,5

Количество аспирантов: 3

Факультет химико-технологический

Кафедра машины и аппараты производственных процессов

тел. 8(342)239-16-27; [mapp@pstu.ru](mailto:mapp@pstu.ru)  
(контактная информация)

## 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке + кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник – М.: ООО «Альянс», 2014. – 753 с.	50
2	А. М. Гумеров. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / А. М. Гумеров. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. – 176 с.	11+ ЭБС «Лань»
3	Тимонин, А.С. Машины и аппараты химических производств: учебник для вузов / А.С. Тимонин [и др.]; Под ред. А.С. Тимонина. – Калуга: Ноосфера, 2014. – 854 с.	15
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Косинцев В.И. и др. Основы проектирования химических производств: Учебник для Вузов – М.: «Академкнига», 2005.– 332с. 2008.	10 50
2	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учебное пособие / под. ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Альянс, 2007. – 493 с. 2010.	249 20
3	Островский Г.М. и др. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 ч. ч. II – СПб.: НПО «Профессионал», 2006. – 841с.	1
4	Кутепов А.М. Общая химическая технология: Учебник для вузов / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. – 3-е изд., перераб. — Москва : Академкнига, 2005. – 528 с. 2004.	29 51
5	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2-х ч. учебник – М.: Химия, 2002.	ч.1 - 47 ч.2 - 47
6	Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие – М.:ООО «Рус Медиа Консалт., 2004. – 576 с.; М.: Альянс, 2006	480; 8
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Журнал «Химическая промышленность сегодня»	
2	Журнал «Теоретические основы химической технологии»	
3	Журнал «Химическое и нефтегазовое машиностроение»	
4	Журнал «Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология.	
	Журнал «Журнал прикладной химии»	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
	-	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
	-	



### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

#### 8.3.1. Лицензионные ресурсы<sup>1</sup>

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

#### 8.3.1.1. Информационные справочные системы

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

2. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

### 8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

#### 8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Лекционное и практическое	Windows XP Professional	42615552	Операционная система
2	Лекционное и практическое	Microsoft Office 2007	42661567	Демонстрация теоретического материала, выполнения работ и расчётов
3	Лекционное и практическое	Open Office	Freeware	Демонстрация теоретического материала, выполнения работ и расчётов

<sup>1</sup> собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

**9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

**9.1. Специализированные лаборатории и классы**

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Компьютерный класс	Кафедра МАПП	110	30	10
2	Лаборатория ПАХТ	Кафедра МАПП	105	105,8	20

**9.2. Основное учебное оборудование**

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Лабораторная установка для изучения гидродинамики потоков в насадочной колонне	1	оперативное управление	105, к. Б
2	Лабораторная установка для изучения кипящего (псевдооживленного) слоя	1	оперативное управление	105, к. Б
3	Лабораторная установка для изучения процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике	1	оперативное управление	105, к. Б
4	Лабораторная установка для изучения процесса теплопередачи в пластинчатом теплообменнике	1	оперативное управление	105, к. Б
5	Лабораторная установка для изучения процесса массопередачи в тарельчатой колонне	1	оперативное управление	105, к. Б
6	Лабораторная установка для изучения процесса абсорбции	1	оперативное управление	105, к. Б
7	Лабораторная установка для изучения процесса ректификации	1	оперативное управление	105, к. Б
8	Лабораторная установка для изучения процесса конвективной сушки	1	оперативное управление	105, к. Б
9	Компьютер Intel Pentium 4 CPU 2,4 GHz.	5	оперативное управление	110, к. Б
10	Intel Pentium 2 350 MG <sub>z</sub> .	1	оперативное управление	110, к. Б
11	AMD Athlon (tm) 1 ГГц	2	оперативное управление	110, к. Б
12	AMD Athlon (tm) XP 15007	1	оперативное управление	110, к. Б
13	AMD Athlon (tm) 900 MHz.	1	оперативное управление	110, к. Б
14	Intel Celeron 400 MG <sub>z</sub> .	1	оперативное управление	110, к. Б

**Лист регистрации изменений**

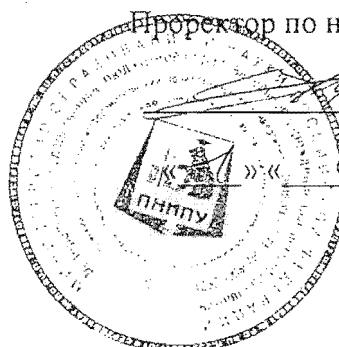
№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер прото- кола заседания ка- федры. Подпись за- ведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаев



06 » 2017г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине  
«Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов»

Направление подготовки	18.06.01 Химическая технология
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Процессы и аппараты химических технологий
Научная специальность	05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Машины и аппараты производственных процессов (МАПП)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт: 4	Экзамен: нет

Пермь 2017 г.



**Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов»** разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 883 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология.

- Общая характеристика образовательной программы.

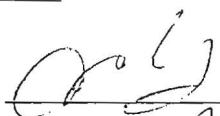
- Паспорт научной специальности 05.17.08 «Процессы и аппараты химических технологий, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);

- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 05.17.08 Процессы и аппараты химических технологий.

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры МАПП

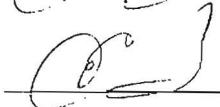
Протокол от «15» окт 2017г. № 9.

/Зав. кафедрой, д.т.н., проф.



Загидуллин С.Х.

/Руководитель программы,  
д.т.н., проф.



Загидуллин С.Х.

Согласовано:

Начальник управления  
подготовки кадров  
высшей квалификации



Л.А. Свисткова

# 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

## 1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.ДВ.2.4 «Избранные главы физикохимии гетерогенных процессов» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

**ОПК-1:** знание приоритетных направлений развития современной химической технологии и технологических процессов нефтегазопереработки;

**ПК-1:** знает и способен исследовать основные физические, химические, гидродинамические и термодинамические закономерности процессов химических технологий.

## 1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в 4-м семестре. В период обучения предусмотрены аудиторские практические занятия и самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл.1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине  
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля			
	3 семестр		-	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Кандидатский экзамен
<b>Усвоенные знания</b>				
3.1 классификация и основные характеристики гетерогенных систем, и физические основы поверхностных явлений;	С	ТВ	-	-
3.2 основы теории протекающих технологических процессов в реакторах и аппаратах нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем;	С	ТВ		
3.3 - принцип действия реакторов и аппаратов нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем;	С	ТВ		
3.4 методы технологических расчётов реакторов и аппаратов нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем для обеспечения высокой производительности и качества продукции;	С	ТВ	-	-
<b>Освоенные умения</b>				
У.1 выполнять технологические расчёты аппаратов для получения и разделения гетерогенных систем;	ОТЗ	ПЗ	-	-
У.2 пользоваться технической и нормативной документацией;	ОТЗ	ПЗ	-	-
У.3 выполнять технологические расчёты реакторов и аппаратов нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем;	ОТЗ	ПЗ		
<b>Приобретённые владения</b>				
В.1 навыками работы с технической документацией на реакторы и аппараты нефтегазопереработки, работы со справочной и научно-технической литературой;	ОТЗ	ПЗ	-	-
В.2 навыками решения практических задач, связанных с выбором условий проведения химико-технологических процессов в гетерогенных системах;	ОТЗ	ПЗ	-	-
В.3 навыками расчёта и выбора реакторов и аппаратов нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем для решения конкретных производственных задач.	ОТЗ	ПЗ		

*С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.*

*Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа*

преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачёта (4 семестр), проводимая с учетом результатов текущего контроля.

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

### 2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

#### ▪ Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

#### ▪ Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений, аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Незачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

## 2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленными дисциплинарными частями компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в Приложении 1.

### Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл.4.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 5

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»



### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

#### **4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

##### **4.1 Типовые творческие задания:**

1. Сделать обзор химико-технологического оборудования, в котором протекают процессы с участием гетерогенных систем.
2. Обзор методов расчёта процессов с участием гетерогенных систем.
3. Обзор нормативной и технической документации по физикохимии гетерогенных систем.

**4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний при сдаче зачёта по дисциплине:**

1. Особенности процессов, протекающих с участием гетерогенных систем.
2. Способы увеличения кинетических характеристик процессов, протекающих в гетерогенных системах.
3. Принцип действия реакторов и аппаратов нефтегазопереработки с участием гетерогенных систем.

**4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений при сдаче зачёта по дисциплине:**

1. По заданным результатам эксперимента определить кинетику роста кристаллов в условиях массовой кристаллизации.
2. По заданным преподавателем данным выполнить расчёт габаритных размеров адсорбционного аппарата.
3. По заданным преподавателем данным определить работу, необходимую для диспергирования 1 тонны известняка.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «МАПП».



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГБОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**Направление**  
18.06.01 Химическая технология  
**Программа**  
Процессы и аппараты химических технологий  
**Кафедра**  
Машины и аппараты производственных  
процессов

**Дисциплина**  
«Избранные главы физикохимии гетерогенных процес-  
сов»

**БИЛЕТ № 1**

1. Смачивание и растекание. Краевой угол смачивания (*контроль знаний*).
2. Используя заданные преподавателем данные рассчитать константы процесса фильтрования (*контроль умений*).
3. Используя заданные преподавателем данные рассчитать кристаллизатор периодического действия (*контроль умений и владений*).

Составитель \_\_\_\_\_ Мошев Е.Р.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Загидуллин С.Х

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

## Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		