



## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков самостоятельного применения современных методов математического, физического и компьютерного моделирования для определения рациональных конструктивных характеристик и технологических режимов оборудования химических производств и нефтегазопереработки.

Задачи учебной дисциплины:

изучение совокупности методологических и методических знаний по основам физического и математического моделирования; типовым гидродинамическим моделям; способам получения математических моделей процессов и оборудования отрасли;

формирование умений составлять математические модели процессов нефтегазопереработки; составлять алгоритмы решения моделей; осуществлять проверку моделей на адекватность;

формирование навыков физического и математического моделирования технологических процессов отрасли; использования математических моделей в инженерных и научных расчётах; использования компьютера при решении инженерных и научных задач.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- физические модели технологических процессов;
- модели гидродинамической структуры потока;
- статистические модели;
- методы проверки моделей на адекватность.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает теоретические основы физического и математического моделирования процессов и аппаратов химической технологии на основе теории подобия и метода анализа размерностей, структуру потока моделей идеального перемешивания и вытеснения, стандартные программные средства и критерии адекватности математических моделей.	Знает теоретические основы физического и математического моделирования процессов и аппаратов химической технологии на основе теории подобия и метода анализа размерностей, структуру потока моделей идеального перемешивания и вытеснения, стандартные программные средства и критерии адекватности математических моделей.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет использовать аналитические и численные методы при разработке математических моделей процессов и аппаратов химической технологии, находить оптимальные условия протекания процессов и проверять адекватность математических моделей.	Умеет использовать аналитические и численные методы при разработке математических моделей процессов и аппаратов химической технологии, находить оптимальные условия протекания процессов и проверять адекватность математических моделей.	Экзамен
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками разработки математических моделей и логистической поддержки оборудования химико-технологических процессов, работы с программными средствами и статистической обработки полученных результатов.	Владеет навыками разработки математических моделей и логистической поддержки оборудования химико-технологических процессов, работы с программными средствами и статистической обработки полученных результатов.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает основные нормативные документы и ГОСТ, необходимые для моделирования, расчета, проектирования и диагностики химического оборудования.	Знает основные нормативные документы и ГОСТ, необходимые для моделирования, расчета, проектирования и диагностики химического оборудования.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет использовать нормативную документацию при расчете, проектировании и диагностике машин и аппаратов химических производств.	Умеет использовать нормативную документацию при расчете, проектировании и диагностике машин и аппаратов химических производств.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками работы с проектной и нормативной документацией, используемой для моделирования, проектирования и диагностики оборудования химических производств и нефтегазопереработке.	Владеет навыками работы с проектной и нормативной документацией, используемой для моделирования, проектирования и диагностики оборудования химических производств и нефтегазопереработке.	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	62	62	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	42	42	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	118	118	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

### 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
1-й семестр				
Введение	1	0	0	0
Моделирование и его сущность. Понятия и основные термины, используемые при моделировании. Объект, субъект и оригинал.				
Методы моделирования и области их применения.	2	0	0	8
Тема 1. Физическое моделирование технологических процессов Физическое моделирование (ФМ) и его сущность. Теория подобия как научная основа физического моделирования. Преимущества и недостатки ФМ. Примеры физических моделей. Тема 2. Математическое моделирование технологических процессов Математическое моделирование (ММ) и его сущность. Понятие математической модели. Преимущества и недостатки математического моделирования.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Типовые гидродинамические потока потока	9	32	0	80
Тема 3. Модель идеального перемешивания Требования, предъявляемые к модели. Математическое описание и отклики модели на типовые возмущения. Параметры модели и их экспериментальное определение. Решения модели. Тема 4. Модель идеального вытеснения Требования, предъявляемые к модели. Математическое описание и отклики модели на типовые возмущения. Параметры модели и их экспериментальное определение. Решения модели. Тема 5. Ячеечная модель Требования, предъявляемые к модели. Математическое описание и отклики модели на типовые возмущения. Параметры модели и их экспериментальное определение. Решения модели. Тема 6. Рециркуляционная модель (ячеечная модель с рециркуляцией) Требования, предъявляемые к модели. Математическое описание и отклики модели на типовые возмущения. Параметры модели и их экспериментальное определение. Решения модели. Тема 7. Диффузионная модель Требования, предъявляемые к модели. Математическое описание и отклики модели на типовые возмущения. Параметры модели и их экспериментальное определение. Решения модели.				
Основы статистического анализа эксперимента	4	10	0	30
Тема 8 Основы статистического анализа эксперимента. Случайные величины и законы распределения (Равномерное, Нормальное, Стьюдента). Дисперсия, среднее квадратическое отклонение, доверительные интервалы и доверительная вероятность. Понятие адекватности и методы её оценки.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	42	0	118
ИТОГО по дисциплине	16	42	0	118

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Моделирование работы аппарата с перемешивающим устройством.
2	Моделирование работы теплообменника типа труба в трубе.
3	Моделирование работы каскада реакторов идеального перемешивания.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
4	Моделирование процесса теплообмена в секционированном кристалли-заторе изогидрического типа.
5	Определение остаточного ресурса трубопровода методами математической статистики.

## 5. Организационно-педагогические условия

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

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
---

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

<p>При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.</li> <li>2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.</li> <li>3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.</li> <li>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.</li> </ol>
---

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014.	11
2	Кафаров В. В. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебное пособие для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов. - Москва: Высш. шк., 1991.	18

3	Самойлов Н. А. Примеры и задачи по курсу Математическое моделирование химико-технологических процессов. : учебное пособие / Н. А. Самойлов. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2013.	5
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Беккер В. Ф. Моделирование химико-технологических объектов управления : учебное пособие для вузов / В. Ф. Беккер. - Москва: РИОР, ИНФРА-М, 2014.	4
2	Беккер В. Ф. Управление структурой потоков в аппаратах химической технологии : учебное пособие для вузов / В. Ф. Беккер. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010.	10
3	Кутепов А. М. Общая химическая технология : учебник для вузов / А. М. Кутепов, Т. И. Бондарева, М. Г. Беренгартен. - М.: Академкнига, 2007.	50
4	Мешалкин В. П. Экспертные системы в химической технологии. Основы теории, опыт разработки и применения / В. П. Мешалкин. - Москва: Химия, 1995.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник компьютерных и информационных технологий : ежемесячный научно-технический и производственный журнал / Издательство Машиностроение. - Москва: Машиностроение, 2004 - .	1
2	Вестник ПНИПУ. Химическая технология и биотехнология : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. З. Пойлова ; Под ред. В. Ю. Петрова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 - .	1
3	Прикладная информатика : научно-практический журнал / Маркет ДС Корпорейшн. - Москва: Маркет ДС Корпорейшн, 1992 - .	1
4	Теоретические основы химической технологии / И. П. Мухленов [и др.]. - Москва: , Альянс, 2016. - (Общая химическая технология : учебник для вузов : в 2 частях; Ч. 1).	3
5	Химическая промышленность сегодня : научно-технический журнал / Химпром сегодня; Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; Институт катализа им. Г. К. Борескова; Агропродмир; Максима. - Москва: Химпром сегодня, 2003 - .	1
6	Химическое и нефтегазовое машиностроение : международный научно-технический и производственный журнал / Российская инженерная академия; Газпром; Московский государственный университет инженерной экологии. - Москва: Изд-во МГУИЭ, 1932 - .	1
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Закгейм. - Москва: Логос, 2017.	16
2	Мошев Е. Р. Моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / Е. Р. Мошев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.	2
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Ахназарова С. Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии : учебное пособие / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров. - Москва: Высш. шк., 1978.	3

2	Леушин И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник для вузов / И. О. Леушин. - Москва: ФОРУМ, 2015.	2
---	--	---

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Гумеров А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов / Гумеров А. М. - Санкт-Петербург: Лань, 2014.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lan41014">http://elib.pstu.ru/Record/lan41014</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система ЮРАЙТ	<a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

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

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	компьютер	10
Лекция	проектор, экран, компьютер	1

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

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Моделирование технологических процессов»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.02 «Технологические машины и оборудование»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	«Машины, аппараты химических производств и нефтегазопереработки»
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> 1	<b>Семестр:</b> 1
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	6 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	216 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	Экзамен: 1 семестр

**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 (1-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В первом модуле – «Методы моделирования и области их применения», предусмотрены аудиторские лекционные занятия и самостоятельная работа студентов. Во 2-м – «Типовые гидродинамические модели потока» и 3-м – «Основы статистического анализа эксперимента», предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Таблица 1.1 Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	ТК		ПК		Экзамен
	С	ТО	ОЛР	ТВ	
В результате освоения дисциплины студент					
<b>Знает:</b>					
– преимущества и недостатки физического и математического видов моделирования;	С				ТВ
– способы получения математических моделей;		ТО			ТВ
– основные гидродинамические модели структуры потока;		ТО			ТВ
– основы статистического анализа эксперимента и методы проверки моделей на адекватность;		ТО			ТВ
<b>Умеет:</b>					
– выбирать соответствующий процессу тип модели;			ОЛР	ТВ	ПЗ
– составлять алгоритмы решения математических моделей;			ОЛР	ТВ	ПЗ
– находить оптимальные условия протекания технологических процессов;			ОЛР	ТВ	ПЗ
– проверять модели на адекватность;			ОЛР	ТВ	ПЗ
<b>Владет:</b>					
– навыками физического и математического моделирования процессов отрасли;			ОЛР	ТВ	КЗ
– навыками работы с программными средствами автоматизации математических расчётов.			ОЛР	ТВ	КЗ

*С* – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *ОЛР* – отчет по лабораторной работе; *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание экзамена; *КЗ* – комплексное задание экзамена.

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов лабораторных работ и экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и промежуточного 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 учёбе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности 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), защиты отчётов по лабораторным работам, 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 приобретённых владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 5 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части

ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю – «Методы моделирования и области их применения», вторая КР по модулю – «Типовые гидродинамические модели потока», третья КР – по модулю «Основы статистического анализа эксперимента».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Физическое моделирование (ФМ) и его сущность.
2. Теория подобия как научная основа физического моделирования.
3. Преимущества и недостатки ФМ.
4. Примеры физических моделей.
5. Математическое моделирование и его сущность.
6. Что такое математическая модель.
7. Преимущества и недостатки математического моделирования.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Область применения и требования, предъявляемые к модели ИП.
2. Математическое описание и отклики модели ИП на типовые возмущения.
3. Область применения и требования, предъявляемые к модели ИВ.
4. Математическое описание и отклики модели ИВ на типовые возмущения.
5. Область применения и требования, предъявляемые к ЯМ.
6. Математическое описание и отклики ЯМ на типовые возмущения.
7. Область применения и требования, предъявляемые к ЯМР.
8. Математическое описание и отклики ЯМР на типовые возмущения.
9. Область применения и требования, предъявляемые к ДМ.
10. Математическое описание и отклики ДМ на типовые возмущения.
11. Параметры ДМ и их экспериментальное определение. Решения ДМ.

#### **Типовые задания третьей КР:**

1. Случайные величины и законы распределения (Равномерное, Нормальное, Стьюдента).
2. Дисперсия, среднее квадратическое отклонение, доверительные интервалы и доверительная вероятность.
3. Адекватность и методы её оценки.

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

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и 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, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретённых владений 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 по дисциплине**

Типовые вопросы для **контроля усвоенных знаний:**

1. Назвать преимущества и недостатки физического и математического видов моделирования.

2. Перечислить способы получения математических моделей и область их применения.

3. Назвать основные гидродинамические модели структуры потока.

4. Перечислить требования к индикаторам. Виды индикаторов, применяемых для исследования структуры потока в аппарате.

5. Методы проверки адекватности моделей.

Типовые вопросы для **контроля усвоенных умений:**

1. Рассчитать адекватность математической модели.

2. По результатам исследования структуры потока индикаторным методом рассчитать среднее время пребывания частиц потока в аппарате.

3. Составить модель структуры потока для аппарата идеального перемешивания.

Типовые вопросы для **контроля приобретённых владений:**

1. Составить математическую модель процесса теплообмена в теплообменнике кожухотрубчатого типа.

2. Составить математическую модель процесса теплообмена в теплообменнике типа труба в трубе.

3. На основе методов математического моделирования рассчитать поверхность теплообмена в теплообменнике типа труба в трубе.

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

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного 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 учётом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведённые в общей части ФОС образовательной программы.

**Пример билета для экзамена**

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

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

*Кафедра  
«Оборудование и автоматизация химических  
производств»*

Дисциплина  
*Моделирование технологических процессов*

**БИЛЕТ № \_\_**

1. Параметры модели ИП и способы их экспериментального определения. Решение модели ИП.
2. Составить алгоритм решения модели ИП.
3. По заданным исходным данным аппарата и процесса подобрать тип модели и определить её параметры.

Составитель

\_\_\_\_\_

Е.Р. Мошев

(подпись)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Е.Р. Мошев

(подпись)

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