

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Ивановский государственный химико-технологический университет»**

**Факультет химической техники и кибернетики**

**Кафедра технической кибернетики и автоматики**



Утверждаю:

проректор по научной работе

С.А. Сырбу:

20/6 г.

**Рабочая учебная программа дисциплины**

**«Методы моделирования и оптимизации в системном анализе»**

Направление подготовки	27.06.01 Управление в технических системах
Профиль подготовки	Системный анализ, управление и обработка информации
Уровень высшего образования	Подготовка кадров высшей квалификации
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения	очная

Иваново, 2016

## 1. Цели освоения дисциплины

Приобретение знаний, умений и навыков в области математического моделирования, оптимизации технологических процессов и систем управления на стадии анализа и синтеза сложных систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока «дисциплины» в структуре программы аспирантуры.

Для успешного усвоения дисциплины студент должен

### знать:

- физические закономерности функционирования объекта исследования;
- принципы и методы построения (формализации) и исследования математических моделей объектов и систем управления, их формы представления и преобразования;
- методы анализа технологических процессов как объектов автоматизации и управления;

### уметь:

- использовать методы математического моделирования при разработке линейных систем управления;
- выполнять анализ технологических процессов как объектов автоматизации и управления;

### владеть:

- навыками математического моделирования на ЭВМ типовых объектов и систем управления.

Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее при изучении дисциплины «Системный анализ, управление и обработка информации», при прохождении «научно-производственной практики», выполнении «научных исследований» и «государственной итоговой аттестации».

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

- владение научно-предметной областью знаний (ОПК-5);
- способность применять методы системного анализа объектов исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений с целью повышения эффективности функционирования объекта (ПК-1);

Планируемые результаты обучения - знания, умения, навыки и опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы приведены в приложении А к данной рабочей программе.

## 4. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	36	36			
В том числе:		-	-	-	-
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	108	108			
В том числе:		-	-	-	-
Подготовка к практическим занятиям, оформление и защита отчета		36			
Написание реферата		36			
Вид промежуточной аттестации (зачет с оценкой)	36	36			
Общая трудоемкость час	144	144			

зач. ед.	4	4			
----------	---	---	--	--	--

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Основные подходы и методы математического описания технологических объектов и систем управления	<p>Технологический процесс как объект управления. Управляющие воздействия, управляемые величины, возмущающие факторы. Основные понятия моделирования. Основные способы построения математических моделей статических и динамических режимов функционирования. Модели на основе фундаментальных законов (формализм Ньютона, Лагранжа, Гамильтона). Математические модели макроскопического переноса энергии, вещества, импульса (модели на основе балансовых соотношений – законов сохранения).</p>
2.	Математические модели управляемых технологических процессов и систем	<p>Общая характеристика предметных областей технологических процессов. Особенности технических и технологических объектов управления (многомерность, много-связность, нелинейность и др.).</p> <p>Выбор и обоснование формы представления математических моделей с сосредоточенными и распределенными параметрами.</p> <p>Типовые модели процессов тепло-и массообмена, гидродинамики, химического взаимодействия и др.</p> <p>Построение моделей технологических процессов по экспериментальным данным. Проблема корректности. Методы решения некорректно поставленных обратных задач.</p> <p>Модели информационных систем: структурная, функциональная, поведенческая, архитектурная.</p>
3.	Оптимизация и математическое программирование	<p>Введение в проблему оптимизации химико-технологических процессов (ХТП).</p> <p>Предмет оптимизации ХТП. Этапы решения задачи. Классификация задач оптимизации и методов их решения.</p> <p>Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.</p> <p>Основные понятия теории оптимизации.</p> <p>Использование понятия условного экстремума в оптимизации ХТП.</p> <p>Нелинейное программирование.</p> <p>Постановка задачи.</p> <p>Выпуклые и вогнутые функции.</p> <p>Необходимые условия Куна-Таккера.</p> <p>Численные методы поиска безусловного экстремума.</p> <p>Постановка задачи. Обоснование численных методов.</p> <p>Численные методы нелинейного программирования.</p> <p>Релаксационные методы решения задач НЛП.</p>

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	СР	Всего час.
1.	Основные подходы и методы моделирования сложных систем	4	2	28	34
2.	Математическое моделирование управляемых технологических процессов	8	10	40	58
3.	Оптимизация и математическое программирование	6	6	40	52
Итого:		18	18	108	144

## 6. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий. Содержание занятий
1	1, 2	Исследование поведения подобных моделей систем (электрическая, механическая, гидравлическая системы) 1.1. Разработка математического описания систем. Преобразование форм представления моделей. 1.2. Моделирование систем на ЭВМ – построение статических и динамических характеристик (MATHCAD, MATLAB)
2	2, 3	Моделирование физико-химической системы и многомерной системы управления объектом. 2.1. Разработка концептуальной модели системы. Синтез формализованного математического описания объекта и системы управления. 2.2. Формулировка критерия оптимальности объекта. Выбор метода и алгоритма оптимизации, программная реализация. Проведение вычислений. 2.3. Моделирование объекта и системы управления на ЭВМ. Анализ объекта и системы управления (построение статических и динамических характеристик, вычисление показателей качества, определение оптимальных настроечных параметров системы управления, анализ влияния случайных возмущений и флуктуации параметров уравнений модели).

## 7. Самостоятельная работа

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание
1.	Основные подходы и методы моделирования сложных систем.	Подготовка к практическим занятиям. Написание реферата по выданной теме. Задание на самостоятельную работу.
2.	Математическое моделирование управляемых технологических процессов.	Подготовка к практическим занятиям. Написание реферата по выданной теме. Задание на самостоятельную работу.
3.	Оптимизация и математическое программирование.	Подготовка к практическим занятиям. Написание реферата по выданной теме. Задание на самостоятельную работу.

## 8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Приведен в приложении Б к данной рабочей программе.

## 9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля):

### а) Основная литература:

1. Моделирование систем: учеб. для вузов / С.И. Дворецкий и др. - М.: Академия, 2009. - 316 с.
2. Душин С.Е., Красов А.В., Литвинов Ю.В. Моделирование систем и комплексов: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. - 177 с.  
<http://window.edu.ru/resource/248/73248>
3. Самойлов Н.А. Примеры и задачи по курсу «Математическое моделирование химико-технологических процессов». -М.: Академия, 2013. -180с.
4. Малафеев С.И., Малафеева А.А. Основы автоматизации и системы автоматического управления: учебник. -М.:Академия, 2010. – 383с.

### б) Дополнительная литература:

1. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учебник для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. М.: Изд-во МГТУ, 2003.
2. Бобков, С.П. Моделирование систем: учеб. пособие. Иваново: ИГХТУ, 2008. - 156 с.
3. Липин, А.Г. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие. - Иваново: ИГХТУ, 2008. - 76 с.

### в) программное обеспечение:

1. Системные программные средства: Microsoft Windows XP.
2. Прикладные программные средства: Microsoft Office 2003.
3. Специализированное программное обеспечение: Mathcad 13, MATLAB 6, Vissim 3, MATLAB.

### г) информационные справочные системы:

1. Информационно-справочная система «В помощь студентам» [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://dit.isuct.ru/content/section/9/55/>
2. Библиотека информационных ресурсов по IT-специальности [Электрон. ресурс] / Режим доступа: <http://citforum.ru>
3. E-learning от BaseGroup Labs [Электрон. ресурс]/ Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/edu/navigator/elearning/>
4. Базы данных. [Электрон. ресурс]/ Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/database/databases/>
5. Базы данных: модели, разработка, реализация. [Электрон. ресурс]/ Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/database/dbmdi/>
6. Каталог Базы данных. [Электрон. ресурс]/ Режим доступа: <http://www.intuit.ru/catalog/database/>

Обучающимся обеспечен неограниченный доступ к электронно-библиотечным системами, к электронным образовательным ресурсам, ссылки на которые представлены в «Реестре электронных библиотечных систем и электронных образовательных ресурсов» (Приложение к ООП).

Базы данных: модели, разработка, реализация. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/database/>.

#### **10. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть "Интернет"), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

- Электронная библиотека ИГХТУ <http://edu.isuct.ru/login/index.php>
- Электронный каталог библиотеки ИГХТУ <http://www.isuct.ru:65080/MarcWeb/>

#### **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

**Чтение лекций** по дисциплине проводится с использованием электронных мультимедийных презентаций.

Каждая лекция или тематически связанный раздел располагается в отдельном файле и помимо основного материала содержит:

- краткую структуру лекции и ожидаемые результаты, которые должны получить студенты в ходе прослушивания и работы с материалом;
- методические указания по работе с лекционным материалом;
- список используемых и рекомендуемых литературных источников.

Использование презентации позволяет преподавателю четко структурировать материал лекции, экономить время, затрачиваемое на рисование схем, диаграмм и других сложных графических объектов, что позволяет значительно увеличить объем излагаемого материала без потери его качества. Помимо этого, презентация позволяет очень хорошо иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, но и цветными фотографиями, портретами ученых и т.д.

Обучаемым предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к зачету.

При работе целесообразно использовать диалоговую форму ведения лекций с постановкой и решением проблемных задач, обсуждением дискуссионных моментов и т.д.

**При проведении лабораторно-практических занятий** создаются условия для максимально самостоятельного выполнения работ. Проведение каждой работы включает четыре этапа:

1. Постановка целей и задач работы. Изучение теоретического материала по теме. Демонстрация и разбор примера.
2. Выполнение работы.
3. Демонстрация результатов выполнения работы и разбор ошибок.
4. Устранение ошибок и оценивание выполненной работы.
5. Каждая работа включает самостоятельную проработку теоретического материала, изучение методики и технологий решения задачи, приобретение навыка решения задач.

**12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Лекции по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной видеопроектором; практические занятия проводятся в дисплейном классе кафедры, (13 ПЭВМ, принтер, связь с глобальной сетью Интернет). Компьютерная лаборатория «Автоматизация и управление технологическими процессами» на базе МПК.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Заведующий кафедрой  
технической кибернетики и автоматики



Лабутин А.Н.

Программа одобрена на заседании кафедры № протокола 4 от 15.11.2016 г.

**ПАСПОРТ КОМПЕТЕНЦИИ**

«Владение научно-предметной областью знаний» (ОПК-5)

**при освоении ООП ВО**

Направление подготовки	<b>27.06.01 Управление в технических системах</b>
Профиль подготовки	<b>Системный анализ, управление и обработка информации</b>
Уровень высшего образования	<b>Подготовка кадров высшей квалификации</b>



## 1. Определение, содержание и основные сущностные характеристики компетенции

Вид и код компетенций

Общепрофессиональная, ОПК-5

Содержание:

владение научно-предметной областью знаний.

## 2. Планируемые результаты обучения

	Выпускник должен	Результаты обучения, выраженные в действиях выпускника
1.	<b>знать:</b> теоретические основы и методы решения задач системного анализа, оптимизации, управления и принятия решений.	Характеризует и раскрывает содержание методов и этапов решения задач системного анализа, оптимизации и управления сложными системами.
2.	<b>уметь:</b> разрабатывать математическое и алгоритмическое обеспечение систем управления.	Разрабатывает математические модели сложных систем, алгоритмы решения задач.
3.	<b>владеть:</b> навыками разработки алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации и управления; структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем.	Имеет опыт практической реализации алгоритмов и опыт структурно-параметрического синтеза сложных систем.

## 3. Планируемые уровни (этапы) сформированности компетенции

	Уровни сформированности компетенции	Содержательное описание уровня	Отличительные признаки уровня
1.	<b>Минимальный уровень</b>	Обучающийся имеет общее представление о методологии системного анализа, структурно-алгоритмического синтеза сложных систем.	Формулируются задачи исследований, выбирает методы их решения только при поддержке руководителя.
2.	<b>Базовый уровень</b>	Обучающийся владеет методологией системного анализа, структурно-алгоритмического и параметрического синтеза сложных систем	С помощью руководителя формирует цель исследований, задачи; методы решения задач выбирает самостоятельно.
3.	<b>Продвинутый уровень</b>	Обучающийся знает и владеет новыми достижениями в методологии системного анализа сложных систем, структурно-алгоритмического и параметрического синтеза.	Способен самостоятельно выбирать методы решения задач и разрабатывает оригинальные алгоритмы синтеза и анализа систем.

#### 4. Календарный график и возможные траектории формирования компетенции при освоении ООП ВО

Блоки освоения ООП	Участвующие в формировании данной компетенции разделы ООП, учебные дисциплины, модули, практики	Курсы							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		1 семестр	2 семестр	3 семестр	4 семестр	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр
Б3.1	Научные исследования	+	+	+	+	+	+	+	+
Б1.В.ОД.5	Системный анализ, управление и обработка информации					+			
Б1.В.АВ.1.1	Методы моделирования и оптимизации в системном анализе			+					
Б1.В.ДВ.1.2	Модели и методы принятия решений			+					
Б1.В.ДВ.2.1	Современные проблемы теории управления				+				
Б1.В.ДВ.2.2	Компьютерные технологии обработки информации				+				

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 27.06.01

Управление в технических системах

и профилю подготовки Системный анализ, управление и обработка информации

**ПАСПОРТ КОМПЕТЕНЦИИ**

«Способность применять методы системного анализа объектов исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений с целью повышения эффективности функционирования объекта» (ПК-1)

**при освоении ООП ВО**

Направление подготовки	<b>27.06.01 Управление в технических системах</b>
Профиль подготовки	<b>Системный анализ, управление и обработка информации</b>
Уровень высшего образования	<b>Подготовка кадров высшей квалификации</b>

## 1. Определение, содержание и основные сущностные характеристики компетенции

Вид и код компетенций

Профессиональная, ПК-3

Содержание:

Способность разрабатывать новые и совершенствовать существующие технологии и методы сбора, хранения и обработки информации и управления сложными системами.

## 2. Планируемые результаты обучения

	<b>Выпускник должен</b>	<b>Результаты обучения, выраженные в действиях выпускника</b>
1.	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структуру системного анализа (декомпозиция, анализ, синтез) для обоснования задач исследований;</li> <li>- современное состояние, проблемы и направления развития науки в области автоматического управления;</li> <li>- методы функционального, алгоритмического и параметрического синтеза систем;</li> <li>- методы моделирования объектов и систем (физическое, математическое моделирование);</li> <li>- показатели качества и эффективности систем.</li> </ul>	<p>На основе системного анализа задачи (проблемы) выпускник формулирует этапы решения, их содержание, выбирает методы решения. Формулирует показатели и критерии качества и эффективности разрабатываемых систем (или отдельных узлов, подсистем).</p>
2.	<p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять декомпозицию объекта (проблемы, задачи);</li> <li>- проводить структурно-функциональный анализ и синтез;</li> <li>- разрабатывать формализованные модели систем с целью алгоритмического и параметрического синтеза;</li> <li>- проводить теоретические и экспериментальные исследования;</li> <li>- проводить оценку качества и эффективности систем - анализировать научную и практическую значимость и новизну результатов.</li> </ul>	<p>Осуществляет обоснование и разработку функциональной структуры СУ, обосновывает выбор средств решения задач. Оценивает достоверность, новизну и практическую значимость результатов.</p>
3.	<p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой системного анализа сложных систем;</li> <li>- навыками по выбору методов и моделей;</li> </ul>	<p>Имеет опыт математического моделирования СУ с целью анализа и синтеза. Готовит материал для научных публикаций; формулирует рекомендации к практическому</p>

<p>- навыками математического моделирования с использованием современных ПТК, включая полунатурные комплексы;</p> <p>- навыками оценки систем и определения научной и практической новизны и значимости результатов.</p>	использованию.
--	----------------

### 3. Планируемые уровни (этапы) сформированности компетенции

	<b>Уровни сформированности компетенции</b>	<b>Содержательное описание уровня</b>	<b>Отличительные признаки уровня</b>
1.	<b>Минимальный уровень</b>	<p>Выпускник имеет общее представление об этапах системного анализа проблем (систем), решаемых задачах и методах решения задач, демонстрирует начальные навыки системного анализа и выбора методов решения задач.</p> <p>Имеет общее представление о содержании компонент «знать», «уметь», «владеть» и демонстрирует начальные навыки анализа результатов.</p>	<p>Формулируются задачи исследований под руководством преподавателя, который рекомендует методы решения.</p> <p>Анализирует результаты и формирует рекомендации только при консультативной поддержке преподавателя.</p>
2.	<b>Базовый уровень</b>	<p>В основном понимает и знает содержание компонент «знать», «уметь», «владеть», ориентируется в методах и средствах решения исследовательских задач.</p> <p>Способен при консультативной поддержке оценить новизну результатов и сформулировать рекомендации по совершенствованию систем.</p>	<p>Выпускник способен формулировать задачи НИР и выбирать методы их решения при консультативной поддержке преподавателя.</p> <p>Оценивает новизну результатов и практическую значимость с помощью преподавателя.</p>
3.	<b>Продвинутый уровень</b>	<p>Свободно владеет методологией системного анализа проблем и имеет глубокие знания в области методов и средств решения задач.</p> <p>Самостоятельно оценивает научную и практическую значимость результатов и формирует рекомендации по совершенствованию систем. Готовит материал к публикации.</p>	<p>Выпускник самостоятельно формулирует задачи по теме исследований и выбирает методы их решения.</p> <p>Способен самостоятельно подготовить материал к публикации.</p>

#### 4. Календарный график и возможные траектории формирования компетенции при освоении ООП ВО

Блоки освоения ООП	Участвующие в формировании данной компетенции разделы ООП, учебные дисциплины, модули, практики	Курсы							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		1 семестр	2 семестр	3 семестр	4 семестр	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр
Б2.2	Научно-производственная практика				+		+		
Б3.1	Научные исследования	+	+	+	+	+	+	+	+
Б1.В.ОД.5	Системный анализ, управление и обработка информации					+			
Б1.В.АВ.1.1	Методы моделирования и оптимизации в системном анализе			+					
Б1.В.ДВ.1.2	Модели и методы принятия решений			+					
Б1.В.ДВ.2.1	Современные проблемы теории управления				+				
Б1.В.ДВ.2.2	Компьютерные технологии обработки информации				+				

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 27.06.01

Управление в технических системах

и профилю подготовки Системный анализ, управление и обработка информации

**ФОНД  
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Методы моделирования и оптимизации в системном анализе»**

Направление подготовки	<b>27.06.01 Управление в технических системах</b>
Профиль подготовки	<b>Системный анализ, управление и обработка информации</b>
Уровень высшего образования	<b>Подготовка кадров высшей квалификации</b>

## 1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

### «Методы моделирования и оптимизации в системном анализе»

№ п\п	Контролируемые разделы (темы), модули дисциплины	Контролируемые компетенции (или их части)	Оценочные средства	
			Вид	Кол-во
1	Основные подходы и методы математического описания технологических объектов и систем управления.	ОПК-5 ПК-1	Коллоквиум по теме практических занятий. Защита отчета. Реферат. Задание на самостоятельную работу.	1  18 9
2	Математические модели управляемых технологических процессов и систем.	ОПК-5 ПК-1	Коллоквиум по теме практических занятий. Защита отчета. Реферат. Задание на самостоятельную работу.	1  18 9
3	Оптимизация и математическое программирование.	ОПК-5 ПК-1	Коллоквиум по теме практических занятий. Защита отчета. Реферат. Задание на самостоятельную работу.	1  18 9

## 2. Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах формирования, шкалы и процедуры оценивания

Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (этапы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения (по 5-ти бальной шкале)				
		1	2	3	4	5
<b>Минимальный уровень</b>	<b>Владеть:</b> Навыками моделирования и оптимизации типовых технологических процессов. <b>Уметь:</b> Разрабатывать математические модели типовых технологических процессов. <b>Знать:</b> Основные способы разработки моделей и классификацию методов оптимизации.			+		
<b>Базовый уровень</b>	<b>Владеть:</b> Навыками экспериментального исследования, моделирования и оптимизации технических объектов, технологических процессов и систем управления средствами компьютерного моделирования. <b>Уметь:</b> Разрабатывать проблемно-ориентированные математические моде-				+	+



	<p>ли, алгоритмы оптимизации технических объектов, технологических процессов и систем управления с учетом специфики предметной области.</p> <p><b>Знать:</b> Общие подходы, основные методы и типовые методики моделирования и оптимизации, технологических процессов и систем с сосредоточенными параметрами.</p>					+
<b>Продвинутый уровень</b>	<p><b>Владеть:</b> Навыками экспериментального исследования, моделирования и оптимизации технических объектов, технологических процессов и систем управления средствами компьютерного моделирования и полунатурных комплексов: ПЭВМ – МПК..</p> <p><b>Уметь:</b> Разрабатывать проблемно-ориентированные математические модели, алгоритмы оптимизации технических объектов, распределенных технологических процессов и нелинейных систем управления с учетом специфики предметной области.</p> <p><b>Знать:</b> Общие подходы, основные методы и типовые методики моделирования и оптимизации, технологических процессов и систем с распределенными параметрами.</p>					+
						+
						+

### 3. Типовые материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, с учетом этапов и уровней формирования компетенций

#### Тематика практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий. Содержание занятий
1	1, 2,4	<p>Исследование поведения подобных моделей систем (электрическая, механическая, гидравлическая системы)</p> <p>1.1. Разработка математического описания систем. Преобразование форм представления моделей.</p> <p>1.2. Моделирование систем на ЭВМ – построение статических и динамических характеристик (MATHCAD, MATLAB). Коллоквиум, защита отчета.</p>
2	2, 3, 4	<p>Моделирование физико-химической системы и многомерной системы управления объектом.</p> <p>2.1. Разработка концептуальной модели системы. Составление формализованного математического описания объекта и системы управления.</p> <p>2.2. Моделирование объекта и системы управления на ЭВМ. Составление и отладка программы.</p> <p>2.3. Формулировка критерия оптимальности объекта. Выбор метода и алгоритма оптимизации программной реализации. Проведение вы-</p>

		числений. 2.4. Анализ объекта и системы управления (построение статических и динамических характеристик, вычисление показателей качества, определение оптимальных настроечных параметров системы управления, анализ влияния случайных возмущений и флуктуации параметров уравнений модели). Коллоквиум, защита отчета.
--	--	---

### Темы рефератов

1. Модели систем массового обслуживания.
2. Модели систем искусственного интеллекта.
3. Классификация и характеристика моделей представления знаний.
4. Обзор альтернативных подходов к моделированию сложных систем.
5. Адаптивная система управления с прямой нейросетевой моделью объекта. Область применения, структура, алгоритм работы.
6. Адаптивная система управления с инверсной нейросетевой моделью объекта. Область применения, структура, алгоритм работы.
7. Нечеткие системы управления с адаптацией.
8. Постановка и методы решения задач оптимизации химических реакторов.
9. Постановка и методы решения задач оптимизации теплообменных процессов.
10. Постановка и методы решения задач оптимизации массообменных процессов.
11. Постановка и подходы к решению задач оптимизации технологических систем с параллельной структурой.
12. Обзор моделей и методов моделирования реакторов кипящего слоя.
13. Обзор моделей каталитических реакторов со стационарным слоем катализатора.
14. Обзор моделей двухфазных каталитических реакторов.
15. Математические модели жидкофазных реакторов.
16. Классификация задач оптимального управления. Подходы к их решению.
17. Проверка адекватности многомерных моделей. Особенности задачи, основные подходы.
18. Методы идентификации объектов, описываемых линейными дифференциальными уравнениями.

### Вопросы к зачету по дисциплине

#### Модуль 1

1. Классификация моделей методов их построения и методов моделирования.
2. Принципы и этапы построения моделей систем.
3. Классификация математических моделей по признаку оператора преобразования моделей.
4. Имитационное моделирование систем.
5. Модели информационных систем (структурная, функциональная, поведенческая).
6. Общее уравнение макроскопического переноса вещества и энергии (субстанции).
7. Уравнения конвективного переноса вещества (массы) для многокомпонентной среды.
8. Уравнения диффузии (уравнение конвективной диффузии в жидкости, уравнение диффузии в твердом теле).
9. Уравнения макроскопического переноса тепла в потоке несжимаемой жидкости и твердом теле.
10. Уравнения переноса импульса.

## Модуль 2

1. Структура системного анализа химико-технологического процесса как сложной физико-химической системы (ФХС).
2. Содержание и задачи качественного анализа структуры ФХС. (Смысловой и математический аспекты).
3. Формальные методы синтеза оператора ФХС. Построение модели на основе адаптации и обучения.
4. Экспериментально-статистические методы построения модели, ХТП.
5. Принцип абстрактной реализации динамических систем.
6. Конечный автомат как формальная модель системы.
7. Принципы построения математического описания химических, тепловых, диффузионных процессов в полидисперсных средах.
8. Блочный-модульный способ построения моделей ХТП.
9. Концепция распределения элементов потока по времени пребывания.
10. Диффузионная модель гидродинамической структуры потоков в аппарате.
11. Типовые модели гидродинамической структуры потоков в аппарате.
12. Комбинированные модели гидродинамической структуры потоков в аппарате.
13. Математические модели тепловых процессов. Модель теплообменника типа «смешение-смещение».
14. Математическая модель теплообменника типа «смешение-вытеснение».
15. Математическая модель кожухотрубного одноходового теплообменника.
16. Математические модели массообменных процессов. Модель емкостного барботажного абсорбера.
17. Диффузионная модель насадочного абсорбера.
18. Математическая модель химического реактора идеального смешения для проведения экзотермической бимолекулярной реакции.
19. Математическая модель химического реактора идеального вытеснения для проведения экзотермической бимолекулярной реакции.
20. Идентификация моделей. Постановка задачи. Корректно и некорректно поставленные задачи.
21. Классификация методов идентификации.
22. Статистический подход к задаче идентификации.
23. Методы идентификации линейных объектов.
24. Метод максимального правдоподобия для идентификации моделей в форме нелинейных ОДУ.
25. Основные понятия теории нечетких множеств. Лингвистическая переменная.
26. Нахождение образа нечеткого множества при многозначном четком отображении. Принцип обобщения Заде.
27. Нахождение образа нечеткого множества при нечетком отображении.
28. Задача идентификации в нечетких системах.
29. Элементы нечеткой логики. Правила и алгоритмы логических выводов.
30. Нечеткие условные предложения и составное правило вывода.
31. Структура системы фазы-управления.
32. Последовательность этапов синтеза алгоритма фазы-управления. Пример создания базы правил для ПИ-подобного фазы-регулятора.
33. Искусственный нейрон и многослойная нейронная сеть (МНС).
34. Алгоритмы обучения МНС.
35. Типовые структуры с обучаемой МНС. (Прямая модель обучения. Схема обобщенного инверсного обучения).

### Модуль 3

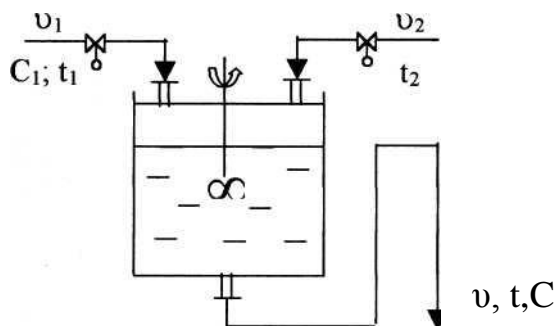
1. Общая постановка задач оптимизации технологических процессов.
2. Классификация задач оптимизации и методов их решения.
3. Оптимизация технологических процессов с использованием методов исследования функций классического анализа.
4. Использование понятия условного экстремума при оптимизации технологических процессов.
5. Вариационное исчисление в задачах оптимизации технологических процессов.
6. Постановка и решение задач оптимизации ХТП с использованием метода динамического программирования.
7. Постановка и решение оптимальных задач с использованием принципа максимума.

#### Задание на самостоятельную работу

1. Дать характеристику процесса как объекта оптимизации и управления. Провести классификацию технологических параметров.
2. Разработать математическую модель статики и динамики объекта.
3. Сформулировать задачу оптимизации и выбрать метод ее решения.

#### Варианты технологических процессов

##### Задание № 1



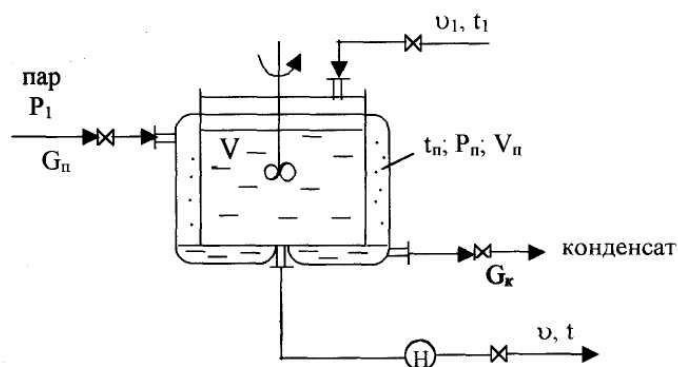
В аппарат поступает основной поток с расходом  $v_1$ , концентрацией основного компонента -  $C_1$  и температурой  $t_1$ .

Для разбавления раствора и одновременного подогрева подается горячий растворитель с расходом  $v_2$  и температурой  $t_2$ .

Приготовленный раствор с концентрацией компонента  $C$  и температурой  $t$  покидает аппарат и поступает на следующую стадию технологической схемы.

Для стабилизации уровня выходной трубопровод устроен таким образом, что образует сообщающиеся сосуды с аппаратом ( $V = \text{const}$ ).

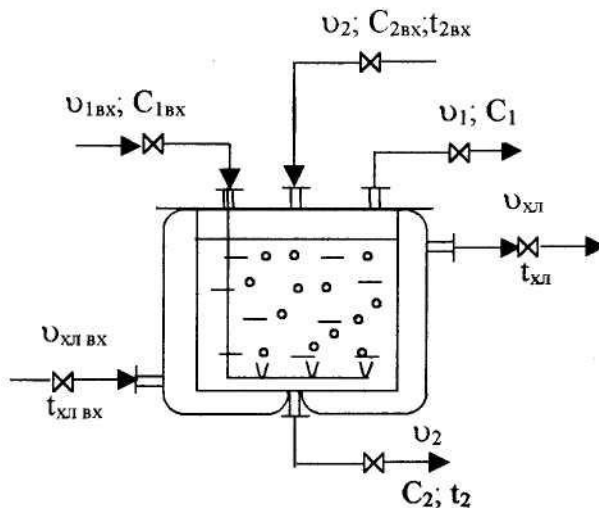
## Задание № 2



В емкостном теплообменнике, снабженном рубашкой, происходит подогрев жидкости с температуры  $t_1$  до температуры  $t$  за счет теплоты конденсации насыщенного пара. Пар подается с массовым расходом  $G_{\text{п}}$  через регулирующий клапан, на котором происходит дросселирование его с давления  $P_1$  до  $P_{\text{п}}$

$$G_{\text{п}} = K_v \varepsilon \sqrt{\rho_{\text{п}} P_1 - P_{\text{п}}}$$

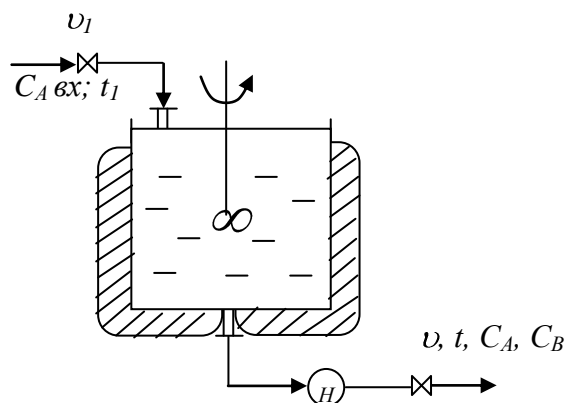
## Задание № 3



Газ, содержащий поглощаемый компонент подается в барботажный абсорбер с расходом  $U_{1\text{ВХ}}$ ; концентрация поглощаемого компонента –  $C_{1\text{ВХ}}$ .

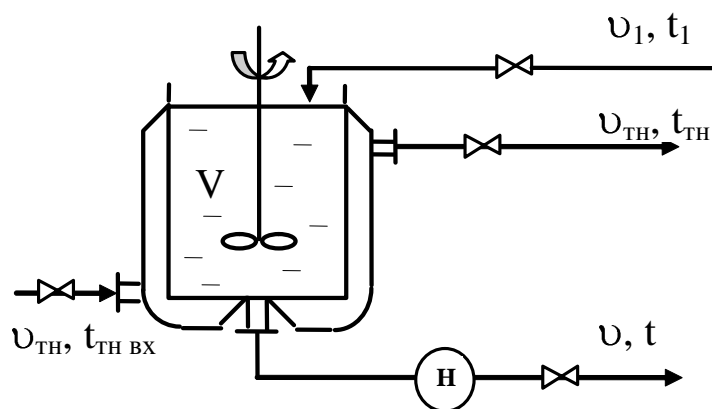
Для извлечения компонента из газовой фазы в аппарат непрерывно подается абсорбент (жидкость), в котором так же содержится незначительное количество компонента ( $U_2$  – расход;  $C_{2\text{ВХ}}$  – концентрация компонента). Тепловой эффект растворения 1 киломоля поглощаемого компонента –  $\Delta H$ .

## Задание № 4



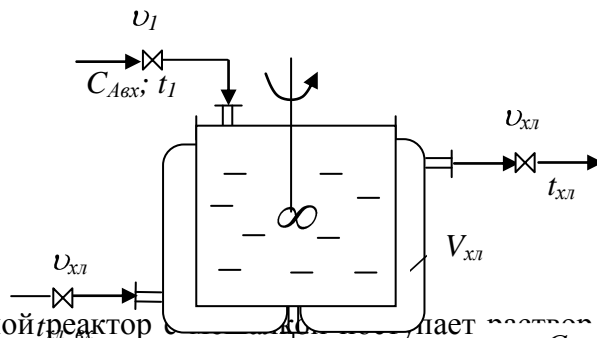
В емкостной реактор с мешалкой поступает раствор компонента А с концентрацией  $C_1$  и температурой  $t_1$ . В аппарате протекает реакция  $2A \xrightarrow{k} B$  с выделением тепла, которое идет на подогрев реакционной смеси.

## Задание № 5



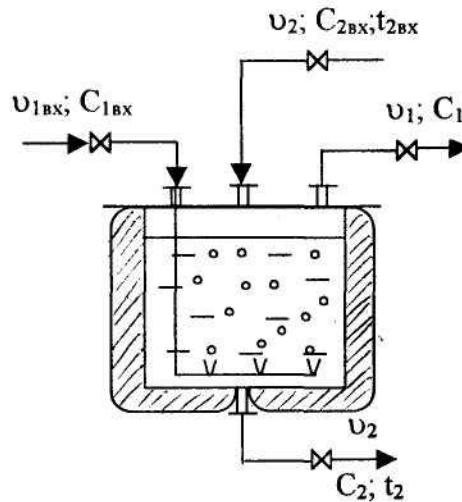
В емкостном теплообменнике, снабженном рубашкой, осуществляется подогрев жидкости от температуры  $t_1$  до температуры  $t$  путём подачи теплоносителя в рубашку.

## Задание № 6



В емкостной реактор подается раствор компонента А с концентрацией  $C_1$  и температурой  $t_1$ . В аппарате протекает реакция  $A + B \rightarrow C$  с выделением тепла, которое снимается путем подачи в рубашку холодагента.

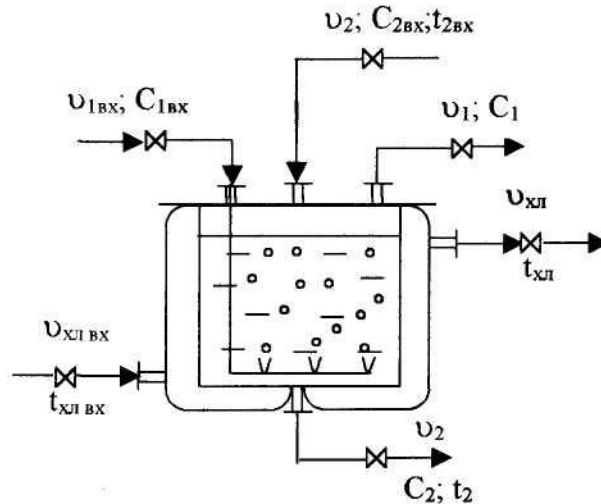
## Задание № 7



Газ, содержащий поглощаемый компонент подается в барботажный абсорбер с расходом  $v_{1вх}$ ; концентрация поглощаемого компонента –  $C_{1вх}$ .

Для извлечения компонента из газовой фазы в аппарат непрерывно подается абсорбент (жидкость), в котором так же содержится незначительное количество компонента ( $v_2$  – расход;  $C_{2вх}$  – концентрация компонента). Тепловой эффект растворения 1 киломоля поглощаемого компонента –  $\Delta H$ .

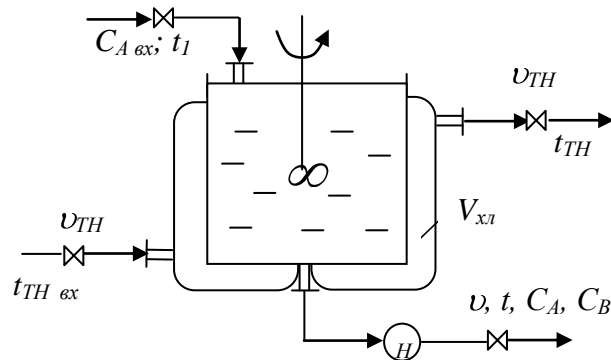
## Задание № 8



Газ, содержащий поглощаемый компонент подается в барботажный абсорбер с расходом  $v_{1вх}$ ; концентрация поглощаемого компонента –  $C_{1вх}$ .

Для извлечения компонента из газовой фазы в аппарат непрерывно подается абсорбент (жидкость), в котором так же содержится незначительное количество компонента ( $v_2$  – расход;  $C_{2вх}$  – концентрация компонента). Тепловой эффект растворения 1 киломоля поглощаемого компонента –  $\Delta H$ .

## Задание № 9



В емкостной реактор с мешалкой поступает раствор компонента А с концентрацией  $C_1$  и температурой  $t_1$ . В аппарате протекает реакция  $2A \xrightarrow{k} B$  с поглощением тепла, подогрев производится путем подачи в рубашку теплоносителя.