

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств»

Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль – «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»

Квалификация «бакалавр»

РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО
на заседании Методической комиссии
РХТУ им. Д.И. Менделеева
«25»мая 2021 г.
Протокол № 18

Председатель  Н.А. Макаров

Москва 2021

Программа составлена

д.т.н., профессором, профессором кафедры кибернетики химико-технологических процессов

Т.В. Савицкой

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов «16» апреля 2021 г., протокол № 8.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии* (ФГОС ВО), рекомендациями Методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплины кафедрой *кибернетики химико-технологических процессов* РХТУ им. Д.И. Менделеева. Программа рассчитана на изучение дисциплины в течение одного семестра.

Дисциплина «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, дисциплин учебного плана и является дисциплиной по выбору. Программа дисциплины предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области процессов и аппаратов химической технологии, математического моделирования химико-технологических процессов.

Цель дисциплины – научить студентов теоретическим основам составления математических моделей гибких химических производств как сложных иерархических систем с использованием методов декомпозиции на отдельные подсистемы, блоки, модули и практическим навыкам использования математических моделей химико-технологических процессов и систем для исследования поведения объекта в различных условиях ведения процессов и функционирования гибких автоматизированных производственных систем с использованием средств компьютерной техники.

Задачи дисциплины:

- дать основные знания по использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в изучении гибких химических производств;
- научить применять методы математического анализа и моделирования периодических и дискретно-непрерывных химико-технологических процессов и систем;
- научить теоретическим и практическим методам и приемам исследования совмещенных и гибких химико-технологических систем;
- научить принципам построения основных моделей, методов и алгоритмов решения задач синтеза, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем (ХТС) в детерминированных условиях;
- научить способам применения моделей синтеза ХТС и организации выпуска многоассортиментной продукции и размещению продуктов дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС;
- научить строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем;
- научить решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем;
- научить использовать специализированное программное обеспечение для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности.

Дисциплина «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств» преподается в 7 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

Рабочая программа дисциплины может быть реализована с применением электронных образовательных технологий и электронного обучения полностью или частично.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих **компетенций и индикаторов их достижения:**

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
Для всего направления				
Технологический тип задач профессиональной деятельности				
<p>Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации</p>	<p>Химическое, химико-технологическое производство</p> <p>- Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).</p>	<p>ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса</p>	<p>Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.</p> <p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.</p>

				А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	

	производства).		ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Профиль “Основные процессы химических производств и химическая кибернетика”				
Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-

				<p>конструкторских разработок по отдельным разделам темы.</p> <p>A/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).</p> <p>A/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (уровень квалификации 5).</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент бакалавриата должен:

Знать:

- основные понятия и определения в области создания гибких автоматизированных производственных систем в химической технологии (понятия технологического и аппаратурного модуля, блока, технологической и организационной структур гибких химико-технологических систем);

- модели основных и вспомогательных операций и стадий в аппаратурных модулях периодического действия;

- способы организации выпуска многоассортиментной химической продукции на оборудовании совмещенной и гибкой ХТС (последовательно, циклически, группами);

- модели индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем с различными способами организации выпуска многоассортиментной продукции и модели размещения продуктов дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС;

- основные методы и алгоритмы решения задач синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях;

- основные методы классификации ассортимента продукции на группы совместного выпуска на гибкой химико-технологической системе.

Уметь:

- проводить расчеты по моделированию типовых процессов в аппаратурных модулях периодического действия;

- строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем при различных способах наработки продуктов ассортимента;

- решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях и размещения дополнительного ассортимента на оборудовании синтезированной или действующей ХТС;

- проводить классификацию продуктов ассортимента на возможные группы совместного выпуска с использованием теоретико-множественных и матричных методов.

Владеть:

- навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем;

- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины	3	108	81
Контактная работа – аудиторные занятия:	1,339	48,2	36,15
Лекции	0,445	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,445	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,445	16	12
Самостоятельная работа	1,661	59,8	44,85
Контактная самостоятельная работа	1,661	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85

Вид контроля:	Зачет
----------------------	--------------

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Академ. часов								
		Всего	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лекции	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Прак. зан.	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Лаб. работы	в т.ч. в форме пр. подг. (при наличии)	Сам. работа
1.	Раздел 1. Подходы к созданию гибких химических производств	<i>12</i>	-	<i>4</i>	-	-	-	-	-	<i>8</i>
1.1	Способы организации гибких химических производств	<i>7</i>	-	<i>3</i>	-	-	-	-	-	<i>4</i>
1.2	Типовая структура ГАПС в химической технологии	<i>5</i>	-	<i>1</i>	-	-	-	-	-	<i>4</i>
2.	Раздел 2. Теоретические основы моделирования гибких химических производств модульного типа	<i>33</i>	-	<i>3</i>	-	<i>6</i>	-	<i>6</i>	-	<i>18</i>
2.1	Гибкая ХТС как объект моделирования	<i>2.5</i>	-	<i>0.5</i>	-	-	-	-	-	<i>2</i>
2.2	Моделирование типовых операций и одностадийных периодических процессов, реализуемых в емкостном оборудовании	<i>10</i>	-	<i>1</i>	-	<i>3</i>	-	-	-	<i>6</i>

2.3	Моделирование одностадийных химико-технологических процессов в аппаратурных модулях периодического действия в индивидуальных, совмещенных и гибких ХТС.	17.5	-	1	-	2.5.	-	6	-	8
2.4	Подходы, методы и модели формирования блочно-модульных структур гибких ХТС.	3	-	0.5	-	0.5	-	-	-	2
3.	Раздел 3. Математическое моделирование индивидуальных, совмещенных и гибких химических производств.	25	-	3	-	2	-	6	-	14
3.1	Математические постановки задач расчета индивидуальных, совмещенных и гибких схем	14.	-	2	-	-	-	4	-	8
3.2	Определение времени выпуска многоассортиметной продукции при различных способах наработки ассортимента	11	-	1	-	2	-	2	-	6
4.	Раздел 4. Синтез индивидуальных и гибких химико-технологических систем в условиях полной определенности информации	28	-	4	-	6	-	4	-	14
4.1	Структурный и структурно-параметрический синтез. Обобщенный подход к синтезу многоассортиментных ХТС	3.5	-	0.5	-	1	-	-	-	2
4.2	Постановки задач синтеза индивидуальной химико-технологической системы как задач оптимизации	3	-	1	-	-	-	-	-	2

4.3	Постановки задач синтеза квазиоптимальных структур совмещенных и гибких химико-технологических систем	9.5	-	1.5	-	2	-	2	-	4
4.4	Синтез гибких ХТС при выпуске ассортимента группами	4	-	0.5	-	1.5	-	-	-	2
4.5	Постановка задачи размещения выпуска дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС и алгоритмы ее решения.	8	-	0.5	-	1.5	-	2	-	4
5.	Раздел 5. Методы и алгоритмы решения задач моделирования и синтеза гибких химико-технологических систем	10	-	2	-	2	-	-	-	6
5.1	Методы синтеза сложных химико-технологических систем	4	-	1	-	-	-	-	-	3
5.2	Алгоритмы решения дискретно-непрерывных нелинейных задач синтеза гибких ХТС и организации выпуска ассортимента	6	-	1	-	2	-	-	-	3
	ИТОГО	108	-	16	-	16	-	16	-	60

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Подходы к созданию гибких химических производств

1.1. Способы организации гибких химических производств: периодические, полунепрерывные. Классификация химико-технологических систем. Специфика периодических процессов, их отличия от непрерывных. Понятие технологической операции, технологической стадии, модуля, блока, ХТС. Многоассортиментные химико-технологические системы: индивидуальные, совмещенные, гибкие.

1.2. Типовая структура ГАПС в химической технологии. Основные подсистемы ГАПС: химико-технологическая, транспортная, складская, информационно-управляющая. Модульный принцип организации аппаратурного оформления ГАПС.

Раздел 2. Теоретические основы моделирования гибких химических производств модульного типа

2.1. Гибкая ХТС как объект моделирования. Виды математических моделей, методы моделирования дискретно-непрерывных систем. Иерархическая структура моделей гибкой ХТС.

2.2. Моделирование типовых операций и одностадийных периодических процессов, реализуемых в емкостном оборудовании. Основные и вспомогательные технологические операции. Модели вспомогательных операций в аппаратурных модулях периодического действия: загрузки и выгрузки реагентов и перемещения реакционной массы. Моделирование операций нагревания (охлаждения) при постоянной и переменной температуре теплоносителя. Моделирование процессов перемешивания в гомогенных средах. Модели химических реакций с использованием уравнений формальной кинетики и тепловых процессов в периодических реакторах.

2.3. Моделирование одностадийных химико-технологических процессов в аппаратурных модулях периодического действия в индивидуальных, совмещенных и гибких ХТС. Задача о назначении технологических стадий и их аппаратурного оформления с учетом специфики создания совмещенных и гибких химических производств. Методы совмещения химико-технологических процессов. Формирование составов типовых технологических и аппаратурных модулей для реализации выпуска многоассортиментной продукции. Определение длительностей технологических циклов и построение временных диаграмм. Расчеты размеров основного и вспомогательного оборудования в аппаратурных модулях и выбор общего оборудования для реализации технологических стадий. Исследование изменения длительностей технологических циклов от размеров партий (порций) продуктов, перерабатываемых в модулях периодического действия.

2.4. Подходы, методы и модели формирования блочно-модульных структур гибких ХТС. Методы формирования аппаратурно-технологических блоков, формирования принципиальных структур ХТС. Особенности организации взаимодействия блоков.

Раздел 3. Математическое моделирование индивидуальных, совмещенных и гибких химических производств.

3.1. Математические постановки задач расчета индивидуальных, совмещенных и гибких схем: определение размеров оборудования ХТС заданной структуры, исследование технологических структур ХТС, соотношения для расчета согласующих емкостей в ХТС блочно-модульного типа.

3.2. Определение времени выпуска многоассортиментной продукции при различных способах наработки ассортимента: для схем, состоящих из аппаратов периодического действия с непосредственным взаимодействием стадий; для структур с

параллельными аппаратами на стадиях; для схем с промежуточными согласующими емкостями, циклического выпуска ассортимента.

Раздел 4. Синтез индивидуальных и гибких химико-технологических систем в условиях полной определенности информации

4.1. Структурный и структурно-параметрический синтез. Обобщенный подход к синтезу многоассортиментных ХТС: основные этапы, задачи, результаты.

4.2. Постановки задач синтеза индивидуальной химико-технологической системы как задач оптимизации, включающей аппараты периодического и полунепрерывного действия и согласующие емкости, при ограничении на срок выпуска.

4.3. Постановки задач синтеза квазиоптимальных структур совмещенных и гибких химико-технологических систем: критерии оптимизации, ограничения. Алгоритмы решения задач структурного синтеза ХТС с согласующими ёмкостями и параллельными аппаратами.

4.4. Синтез гибких ХТС при выпуске ассортимента группами. Постановки задач классификации ассортимента на группы выпуска и методы их решения: теоретико-множественный, матричный. Сетевые модели выпуска ассортимента группами и формирование ограничений на срок выпуска продуктов группами. Постановки задач синтеза гибких ХТС при выпуске ассортимента группами постоянного состава как задач оптимизации.

4.5. Постановка задачи размещения выпуска дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС и алгоритмы ее решения.

Раздел 5. Методы и алгоритмы решения задач моделирования и синтеза гибких химико-технологических систем

5.1. Методы синтеза сложных химико-технологических систем: декомпозиционный, эвристический, эволюционный.

5.2. Алгоритмы решения дискретно-непрерывных нелинейных задач синтеза гибких ХТС и организации выпуска ассортимента: метод полного перебора, методы локального поиска, эвристические методы.

5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3	Раздел 4	Раздел 5
	Знать:					
1	- основные понятия и определения в области создания гибких автоматизированных производственных систем в химической технологии (понятия технологического и аппаратурного модуля, блока, технологической и организационной структур гибких химико-технологических систем);	+	+	+		
2	– модели основных и вспомогательных операций и стадий в аппаратурных модулях периодического действия;		+			
3	- способы организации выпуска многоассортиментной химической продукции на оборудовании совмещенной и гибкой ХТС (последовательно, циклически, группами);			+	+	
4	- модели индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем с различными способами организации выпуска многоассортиментной продукции и модели размещения продуктов дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС;			+	+	
5	- основные методы и алгоритмы решения задач синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях;			+	+	+
6	- основные методы классификации ассортимента продукции на группы совместного выпуска на гибкой химико-технологической системе.				+	
	Уметь:					
7	- проводить расчеты по моделированию типовых процессов в аппаратурных модулях периодического действия;		+			
8	- строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем при различных способах наработки продуктов ассортимента;		+	+	+	
9	- решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях и размещения дополнительного ассортимента на оборудовании синтезированной или действующей ХТС;			+	+	+
10	- проводить классификацию продуктов ассортимента на возможные группы совместного выпуска с использованием теоретико-множественных и матричных методов.				+	
	Владеть:					

11	- навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем;		+	+	+	
12	– навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности.....		+	+	+	+
В результате освоения дисциплины студент должен приобрести следующие профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:						
	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК				
13	– ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	– ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	+	+	+	+
14	– ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	– ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей		+	+	+
15		– ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		+	+	+

16		– ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов		+	+	+	+
17	– ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	– ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно- исследовательских задач в области энерго- и ресурсосбережения	+	+	+	+	+
18		ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов		+	+	+	+

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

6.1. Практические занятия

Примерные темы практических занятий по дисциплине.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	2.2	Практическое занятие 1. Моделирование одностадийных химико-технологических процессов в аппаратном модуле периодического действия в составе совмещенной ХТС с использованием эвристических алгоритмов направленного поиска. Расчет размеров основного и вспомогательного оборудования, выбор общего оборудования	3
2	2.3	Практическое занятие 2. Расчеты длительностей операций загрузки/выгрузки, нагревания/охлаждения в аппаратных модулях периодического действия в совмещенных или гибких ХТС	2.5
3	2.4	Практическое занятие 3. Определение длительностей технологических циклов. Построение временных диаграмм функционирования аппаратного модуля	0.5
4	3.2	Практическое занятие 4. Построение временных диаграмм для циклического выпуска ассортимента на совмещенной ХТС	2
5	4.1	Практическое занятие 5. Определение параметров совмещенной или гибкой ХТС при ограничениях на размеры стандартного оборудования и плановый срок выпуска	1
6	4.3	Практическое занятие 6. Решение задачи синтеза совмещенной ХТС при ограничениях на коэффициенты заполнения оборудования, поиск размеров партий эвристическими алгоритмами	2
7	4.4	Практическое занятие 7. Решение задачи классификации ассортимента на группы выпуска. Построение сетевых и временных диаграмм	1.5
8	4.5	Практическое занятие 8. Решение задачи размещения дополнительного ассортимента	1.5
9	5.2	Практическое занятие 9 Алгоритмы поиска оптимальных структур ХТС с согласующимися емкостями	2

6.2 Лабораторные занятия

Выполнение лабораторного практикума способствует закреплению материала, изучаемого в дисциплине «*Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств*», а также способствует приобретению практических навыков составления математических моделей гибких химических производств как сложных

иерархических систем с использованием методов декомпозиции на отдельные подсистемы, блоки, модули. А также - практических навыков использования математических моделей химико-технологических процессов и систем для исследования поведения объекта в различных условиях ведения процессов и функционирования гибких автоматизированных производственных систем с использованием средств компьютерной техники.

Максимальное количество баллов за выполнение лабораторного практикума составляет 58 баллов (максимально от 10 до 13 баллов за каждую работу). Количество работ и баллов за каждую работу может быть изменено в зависимости от их трудоемкости. Общий рейтинг по дисциплине представлен далее в разделе 8.1.

Примеры лабораторных работ и разделы, которые они охватывают

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Часы
1	2.3	Наименование лабораторной работы 1. Моделирование одностадийного химико-технологического процесса в аппаратурном модуле периодического действия с использованием комплекса Duration	6
2	3.2	Наименование лабораторной работы 2. Исследование циклического выпуска ассортимента с использованием специализированного программного обеспечения I2S	2
3	3.1	Наименование лабораторной работы 3. Моделирование индивидуальной ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes	4
4	4.3	Наименование лабораторной работы 4. Синтез совмещенной или гибкой ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes	2
5	4.5	Наименование лабораторной работы 5. Размещение третьего продукта на совмещенной ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes	2

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок и семинаров;
- участие в семинарах РХТУ им. И. Менделеева по тематике дисциплины;
- подготовку к выполнению контрольных работ по материалу лекционного курса;
- подготовку к сдаче **зачета** (7 семестр) и лабораторного практикума (7 семестр) по дисциплине.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь период изучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект материала, с обязательным фиксированием библиографических данных источника.

8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Совокупная оценка по дисциплине (зачет) складывается из оценок за выполнение двух контрольных работ (максимальная оценка 27 баллов за две работы), лабораторного практикума, включающего 5 лабораторных работ (максимальная оценка 58 баллов за все лабораторные работы) и выполнения теста по теоретическому материалу дисциплины (максимальная оценка 15 баллов).

По дисциплине «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств» предусмотрены следующие баллы текущего контроля освоения дисциплины:

- Контрольная работа №1 (раздел 2) – 15 баллов;
- Контрольная работа №2 (раздел 4) – 12 баллов;
- Лабораторная работа №1(раздел 2) – 13 баллов;
- Лабораторная работа №2 (раздел 3) – 10 баллов;
- Лабораторная работа №3 (раздел 3) – 12 баллов;
- Лабораторная работа №4 (раздел 4) – 13 баллов;
- Лабораторная работа №5 (раздел 4) – 10 баллов;
- Тест по теоретическому материалу дисциплины – 15 баллов.

8.1. Примеры контрольных работ для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля предусмотрено 2 контрольных работы. Тематика контрольных работ следующая:

- Контрольная работа №1 «Определение длительности технологических операций химико-технологического процесса»;
- Контрольная работа №2 «Синтез многоассортиментных ХТС».

Раздел 2 Пример контрольной работы № 1 «Определение длительности технологических операций химико-технологического процесса». Контрольная работа содержит 1 задачу из 15 баллов.

Вариант 1(а)

Дано:

Химико-технологический процесс реализуется в аппаратном модуле и включает следующие технологические операции: загрузка сырья и загрузка добавляемого потока при температуре реакции, химическое превращение, охлаждение, выгрузка реакционной массы самотеком через нижний штуцер в аппарат следующей стадии. Модуль предназначен для выпуска двух продуктов. В состав модуля входит основной аппарат (емкостной, стальной с рубашкой) и два мерника (один - для сырья, другой - для добавляемого потока). Последовательность технологических операций для каждого из продуктов одинакова.

Исходные данные:

- 1) размеры партий: 1-го продукта $q_1^{вых} = [60;150]$ кг; 2-го продукта $q_2^{вых} = [30;100]$ кг;
- 2) плотности входных потоков: 1-го продукта $\rho_1^{вх} = 800$ кг/м³, 2-го продукта $\rho_2^{вх} = 1100$ кг/м³; плотности добавляемых потоков $\rho_1^{доб} = 1050$ кг/м³; $\rho_2^{доб} = 950$ кг/м³;
- 3) коэффициенты заполнения мерников и аппаратов: верхний $\bar{\varphi} = 0,9$; нижний $\underline{\varphi} = 0,2$;
- 4) расходные коэффициенты добавочных потоков: $s_1^{доб/вых} = 0,25$; $s_2^{доб/вых} = 0,15$;
- 5) стандартные размеры оборудования:

Таблица 1. Стандартный ряд мерников

D, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
H, м	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,9	1,0	1,5	1,8
V, м ³	0,0094	0,0353	0,075	0,157	0,226	0,346	0,502	1,177	2,034

Таблица 2. Диаметры штуцеров

d _{шт} , м	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
---------------------	------	------	------	------	------

Таблица 3. Стандартный ряд емкостных аппаратов

V, м ³	0,01	0,025	0,04	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1,0
m _{ап} , кг	300	320	360	370	420	460	480	500	600	650

- 6) Отношение диаметра аппарата к высоте : d_{ап} : H_{ап} = 1:2.
- 7) коэффициенты расхода: $\mu_1^{сырья} = 0,7$; $\mu_2^{сырья} = 0,8$; $\mu_1^{доб} = 0,6$; $\mu_2^{доб} = 0,7$;
 $\mu_1^{вых} = \mu_2^{вых} = 0,8$;
- 8) длительности химических реакций: $\tau_1^{х.р.} = 3$ часа, $\tau_2^{х.р.} = 4$ часа;
- 9) Данные для расчета теплообменных операций

операция	Продукт 1		Продукт 2	
	t _р , °C	t _к , °C	t _р , °C	t _к , °C
охлаждение	25	10	50	15

Охлаждающий агент - вода:

$$t = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплоёмкость аппарата из стали:

$$C_{реакт} = C_{сталь} = 485 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

Теплоёмкости реакционных масс в аппарате:

$$C_1 = 1800 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K}); C_2 = 1500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

Коэффициенты теплопередачи: $K_1 = 500$ Вт/(м²·К); $K_2 = 480$ Вт/(м²·К)

Расчетная поверхность теплопередачи в выбранном аппарате не должна превышать:

$$F^{т/б} = 1,6 \text{ м}^2$$

Определить:

- постадийные материальные индексы;

- допустимые размеры партий продуктов, поиск вести от минимальных размеров партий $q_1 = 60$ кг, $q_2 = 30$ кг по увеличению;
- требуемые размеры емкостного аппарата и мерников;
- длительности технологических операций загрузки, выгрузки, охлаждения для каждого из продуктов;
- построить временную диаграмму работы аппаратного модуля.

Аналогичное задание на контрольную работу (вариант 1б) выдается другому студенту (напарнику по лабораторной работе). Отличие варианта 1б в том, что поиск ведется от максимальных размеров партий продуктов $q_1 = 150$ кг, $q_2 = 100$ кг по уменьшению. В результате получаются разные размеры основного и вспомогательного оборудования, длительности вспомогательных операций. Полученные результаты студенты должны сравнить и сделать выводы.

Раздел 4. Пример контрольной работы № 2 «Синтез многоассортиментных ХТС». Максимальная оценка – 12 баллов. Контрольная работа содержит 1 задание. Приводятся 2 разных типовых варианта заданий. Студентам выдается один из двух типовых вариантов.

Вариант 1. Структурный синтез ХТС с согласующимися емкостями

Задана следующая структура взаимодействия передающей (j) и принимающей ($j+1$) стадий через согласующую емкость, длительности стадий и объемы потоков:

Стадия	j	$j+1$
Количество аппаратов, N	2	1
Длительности стадий, τ , час		
Продукт 1	6	8
Продукт 2	9	5
Продукт 3	3	7
Объемы потоков:	Выходящих со стадии j , $v_j^{вых}$, м ³	Поступающих на стадию $j+1$, v_{j+1}^{ex} , м ³
Продукт 1	20	30
Продукт 2	60	15
Продукт 3	45	60

1. Требуется построить схему взаимодействия стадий;
2. Определить необходимость использования емкостей для каждого продукта и требуемые размеры емкостей;
3. Выбрать общие емкости из стандартного ряда:
 $V'_{st,j} = [3, 4, 5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 30, 50, 80, 100]$ м³
 (коэффициенты заполнения в емкости не учитывать);
4. Построить временные диаграммы функционирования стадий через согласующую емкость с учетом их выбранных размеров для каждого продукта;

Вариант № 11. Синтез многоассортиментной ХТС периодического действия

Задана многопродуктовая 4^х стадийная совмещенная ХТС для выпуска 2^х продуктов в количестве $PR_1 = 1000$ кг, $PR_2 = 2000$ кг за плановый срок $T_{пл} = 1000$ час.

Диапазоны размеров партий $q_1 = [60 \div 750]$ кг, $q_2 = [50 \div 600]$ кг.

Исходная структура включает по одному аппарату на стадии.

Заданы:

1) Соотношения потоков:

$$S_{ij}^{вх/вых} = \begin{bmatrix} 0,3 & 0,6 & 0,8 & 0,3 \\ 0,8 & 0,5 & 0,75 & 0,5 \end{bmatrix}, S_{ij}^{доб/вых} = \begin{bmatrix} 0,7 & 0,4 & 0,2 & 0,7 \\ 0,2 & 0,5 & 0,25 & 0,5 \end{bmatrix}.$$

2) Плотности потоков, кг/м³:

$$\rho_{i,j}^{вх} = \begin{bmatrix} 1100 & 1050 & 1090 & 1150 \\ 1200 & 1100 & 1130 & 1150 \end{bmatrix}, \rho_{i,j}^{доб} = \begin{bmatrix} 1200 & 950 & 1100 & 1000 \\ 1000 & 950 & 1200 & 1000 \end{bmatrix}.$$

3) Нижние и верхние коэффициенты заполнения для всех аппаратов и продуктов одинаковы и равны: $\underline{\varphi}_{ij} = 0,1$; $\overline{\varphi}_{ij} = 0,9$ ($i = \overline{1,2}$; $j = \overline{1,4}$).

4) Стандартные размеры аппаратов на стадиях, м³:

$$V_j^{st} = \begin{bmatrix} 0,1 & 0,2 & 0,3 & 0,4 & 0,5 \\ 0,4 & 0,5 & 0,84 & 1,0 & 1,25 \\ 0,1 & 0,165 & 0,37 & 0,69 & 1,0 \\ 0,056 & 0,102 & 0,152 & 0,303 & 0,72 \end{bmatrix}.$$

5) Длительности стадий, τ_{ij} , заданы для минимальных размеров партий, час:

$$\tau_{ij} = \begin{bmatrix} 7 & 8 & 4 & 10 \\ 12 & 6 & 8 & 5 \end{bmatrix}.$$

6) Длительности промывок при переходе с продукта на продукт:

$$\theta_{j12} = \theta_{j21} = 15 \text{ час } (j = \overline{1,4})$$

Требуется:

- 1) Определить фактическое время наработки ассортимента при последовательном выпуске продуктов в полном объеме для минимальных и максимальных размеров партий, и при необходимости скорректировать размеры партий пропорционально заданным производительностям.
- 2) Определить плотности выходных потоков на стадиях и постадийные материальные индексы.
- 3) Определить требуемые объемы аппаратов на стадиях для выпуска многоассортиментной продукции для заданных или скорректированных граничных условий, исходя из планового срока выпуска (если имела место корректировка).
- 4) Подобрать стандартное оборудование. Рассчитать реальные коэффициенты заполнения для каждого из продуктов.
- 5) Для одного из вариантов построить временную диаграмму выпуска ассортимента последовательно в полном объеме.

8.2. Примеры вариантов лабораторных работ для текущего контроля знаний по дисциплине

Предусмотрено выполнение 4 взаимосвязанных лабораторных работы 1, 3-5 и лабораторной работы 2 по циклическому выпуску ассортимента:

- Лабораторная работа №1. Моделирование одностадийного химико-технологического процесса в аппаратном модуле периодического действия с использованием программного комплекса Duration;
- Лабораторная работа № 2. Исследование циклического выпуска ассортимента с использованием специализированного программного обеспечения I2S
- Лабораторная работа №3. Моделирование индивидуальной ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes;
- Лабораторная работа №4. Синтез совмещенной или гибкой ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes;
- Лабораторная работа №5. Размещение третьего продукта на совмещенной ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes.

Лабораторные работы выполняются в подгруппах из двух человек. Первая лабораторная работа выполняется на основе вариантов контрольной работы (пример – вариант 1а и аналог 1б).

Лабораторная работа №1 «Моделирование одностадийного химико-технологического процесса в аппаратном модуле периодического действия с использованием программного комплекса Duration».

Вариант 1

Дано:

Химико-технологический процесс реализуется в аппаратном модуле и включает следующие технологические операции: загрузка сырья и загрузка добавляемого потока, самонагревание до температуры реакции, химическое превращение, охлаждение, выгрузка реакционной массы самотеком через нижний штуцер в аппарат следующей стадии. Модуль предназначен для выпуска двух продуктов. В состав модуля входит основной аппарат (емкостной, стальной с рубашкой) и два мерника (один - для сырья (входной поток), другой - для добавляемого потока). Последовательность технологических операций для каждого из продуктов одинакова.

Исходные данные:

- 1) размеры партий: 1-го продукта $q_1^{6bx} = [60;150], кг$; 2-го продукта $q_2^{6bx} = [30;100], кг$;
- 2) плотности входных потоков: 1-го продукта $\rho_1^{6x} = 800 \text{ кг/м}^3$, 2-го продукта $\rho^{6x}_2 = 1100 \text{ кг/м}^3$; плотности добавляемых потоков $\rho_1^{доб} = 1050 \text{ кг/м}^3$; $\rho_2^{доб} = 950 \text{ кг/м}^3$;
- 3) коэффициенты заполнения мерников и аппаратов: верхний $\bar{\varphi} = 0,9$; нижний $\underline{\varphi} = 0,2$;
- 4) расходные коэффициенты добавочных потоков: $s_1^{доб/вых} = 0,25$; $s_2^{доб/вых} = 0,15$;
- 5) стандартные размеры оборудования:

Таблица 1. Стандартный ряд мерников

D, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2
H, м	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,9	1,0	1,5	1,8
V, м ³	0,0094	0,0353	0,075	0,157	0,226	0,346	0,502	1,177	2,034

Таблица 2. Диаметры штуцеров

$d_{ш}, м$	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
------------	------	------	------	------	------

Таблица 3. Стандартный ряд емкостных аппаратов

V, м ³	0,01	0,025	0,04	0,063	0,1	0,16	0,25	0,4	0,63	1,0
m _{ап} , кг	300	320	360	370	420	460	480	500	600	650

б) Отношение диаметра аппарата к высоте : $d_{ап} : H_{ап} = 1:2$.

7) коэффициенты расхода: $\mu_1^{сырья} = 0,7$; $\mu_2^{сырья} = 0,8$; $\mu_1^{доб} = 0,6$; $\mu_2^{доб} = 0,7$;
 $\mu_1^{вых} = \mu_2^{вых} = 0,8$;

8) длительности химических реакций: $\tau_1^{x.p.} = 3$ часа, $\tau_2^{x.p.} = 4$ часа;

9) Данные для расчета теплообменных операций

операция	Продукт 1		Продукт 2	
	t _р , °C	t _к , °C	t _р , °C	t _к , °C
охлаждение	25	10	50	15

Охлаждающий агент - вода:

$$t = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Теплоёмкость аппарата из стали:

$$C_{реакт} = C_{сталь} = 485 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

Теплоёмкости реакционных масс в аппарате:

$$C_1 = 1800 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K}); C_2 = 1500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$$

Коэффициенты теплопередачи: $K_1 = 500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$; $K_2 = 480 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$

Расчетная поверхность теплопередачи в выбранном аппарате не должна превышать:

$$F^{т/6} = 1,6 \text{ м}^2$$

Длительность самонагрева перед химической реакцией:

$$\tau_1^{нагр} = 5 \text{ мин}, \quad \tau_2^{нагр} = 10 \text{ мин.}$$

Требуется выполнить:

- 1) С использованием программы для подбора оборудования в составе аппаратного модуля и расчета длительностей технологических операций - Duration, определить все допустимые размеры емкостного аппарата и мерников и допустимые размеры партий продуктов. Поиск вести от минимальных размеров партий $q_1 = 60 \text{ кг}$, $q_2 = 30 \text{ кг}$ (по увеличению и уменьшению) и от максимальных размеров партий $q_1 = 150 \text{ кг}$, $q_2 = 100 \text{ кг}$ (по уменьшению и увеличению). Полученные результаты расчетов сохранить в протоколы и на их основе сформировать таблицы (см. в примере типового отчета или в требованиях к отчету);
- 2) С использованием программы Duration, определить длительности технологических операций загрузки, выгрузки, охлаждения и длительности технологических циклов работы аппаратного модуля для каждого продукта. Основные результаты внести в таблицы;
- 3) Сравнить полученные в п. 1) и п. 2) результаты машинных расчетов с результатами ручных расчетов, выполненных в контрольной работе;
- 4) По заданию преподавателя проверить ручным расчетом некоторые значения машинного расчета по выбору оборудования и расчету длительностей технологических циклов;
- 5) Сделать выводы по работе.

Лабораторная работа № 2 «Исследование циклического выпуска ассортимента с использованием специализированного программного обеспечения I2S»

Вариант №1

1. С использованием программного приложения определить лучшие последовательности выпуска ассортимента по общему времени наработки и времени простоев оборудования.

Продукты выпускаются по одной партии.

Длительности обработки каждого продукта (i) на конкретном аппарате (j) τ_{ji} , час:

j \ i	1	2	3	4
1	2	1	2	2
2	1	1	3	3
3	2	2	1	2
4	3	3	3	1
5	2	5	3	3

Длительности переналадок аппаратов с производства одного продукта на другой $\theta_{j(i-1)i}$, где i – номер продукта, а j – номер аппарата, час:

Продукты	$\theta_{1(i-1)i}$				$\theta_{2(i-1)i}$				$\theta_{3(i-1)i}$			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0	1	2	1	0	1	2	4	0	1	1	2
2	2	0	3	2	2	0	1	1	3	0	1	1
3	1	2	0	3	2	1	0	2	2	1	0	1
4	1	3	2	0	2	3	1	0	3	1	1	0
Продукты	$\theta_{4(i-1)i}$				$\theta_{5(i-1)i}$							
	1	2	3	4	1	2	3	4				
1	0	2	1	1	0	2	1	2				
2	3	0	2	2	1	0	1	2				
3	2	2	0	2	2	2	0	2				
4	2	1	2	0	1	1	3	0				

2. Для всех последовательностей выпуска ассортимента построить графические зависимости. Ручным расчетом проверить правильность машинного расчета не менее, чем для трех последовательностей (по заданию преподавателя).

3. Для одной последовательности (по заданию преподавателя) построить временную диаграмму вручную.

Задание на лабораторную работу 3

«Синтез индивидуальной ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes»

Вариант 1

Разработка оптимальной схемы производства 15 т/год п-циклогексилацетофенола (производство тетриндола)

Задание на работу:

1. Изучить фрагмент технологического регламента получения продукта (см далее стадии ТП-2.1-ТП-2.3).
2. Представить технологические стадии процесса в виде последовательности технологических операций.

3. Составить уравнения пооперационного и постадийного материального баланса. Подготовить исходные данные для машинного расчета (соотношения потоков, плотности потоков, длительности стадий).
4. Записать математическую постановку задачи синтеза оптимального варианта ХТС.
5. Определить диапазон размера партии продукта, рассчитать характеристический размер технологических аппаратов из стандартных рядов (т.е. выполнить ручной расчет одного из допустимых вариантов схемы (по заданию преподавателя)).
6. Построить временной график работы технологического оборудования и определить продолжительность цикла ХТС.
7. Рассчитать капитальные затраты на оборудование ХТС. Вычислить коэффициент использования технологического оборудования, оценить эффективность работы основных аппаратов ХТС. Использовать пути интенсификации схемных решений.
8. Синтезировать оптимальный вариант многостадийной однопродуктовой ХТС, используя прикладное программное обеспечение комплекса «SoF CES».
9. Сравнить результаты машинного и ручного расчетов. Сделать выводы.

Технологический регламент процесса получения продукта

ТП-2.1. Получение алюминиевого комплекса п-циклогексилацетофенола

П-циклогексилацетофенол получают ацелированием циклогексилбензола уксусным ангидридом в присутствии хлористого алюминия (безводного в хлористом метиле). Процесс проводят при соотношении компонентов циклогексилбензол:алюминий хлористый:уксусный ангидрид 1:2,26:1,3.

При проведении реакции следует строго соблюдать порядок загрузки реагентов, так как нарушения порядка ведет к ухудшению качества выхода п-циклогексилацетофенона. Прибавление хлористого алюминия следует проводить к охлажденному хлористому метилу: при загрузке при комнатной температуре продукт получается более окрашенным.

Реакция экзотермична, при проведении реакции необходимо хорошее наружное охлаждение.

В аппарат Р-23 из мерника М-26 загружают товарный хлористый метилен и отгон со стадии ТП-3. Массу охлаждают до температуры -6°C , и из мерника М-25 загружают уксусный ангидрид с такой скоростью, чтобы температура в реакционной массе не поднималась выше -1°C . Прибавление уксусного ангидрида проходит со скоростью 0,79 кг/ч за 1 час 30 минут. Дают выдержку 15 минут при температуре -3°C и добавляют из мерника М-28 циклогексилбензол со скоростью 1,44 кг/ч, поддерживая температуру -3°C . Затем выдерживают при этой температуре. Реакционную массу выгружают в сборник СБ-29 и передают на ТП-2.2а.

ТП-2.2а. Разложение алюминиевого комплекса п-циклогексилацетофенона

В аппарат Р-30 загружают из мерника М-31 соляную кислоту и при перемешивании из сборника СБ-29 прибавляют хлористометиленовый раствор алюминиевого комплекса со скоростью 16,3 кг/ч, чтобы температура в массе не поднималась выше 180°C . После окончания разложения алюминиевого комплекса соляной кислотой, охлаждение прекращают, реакционную массу передают в мерник.

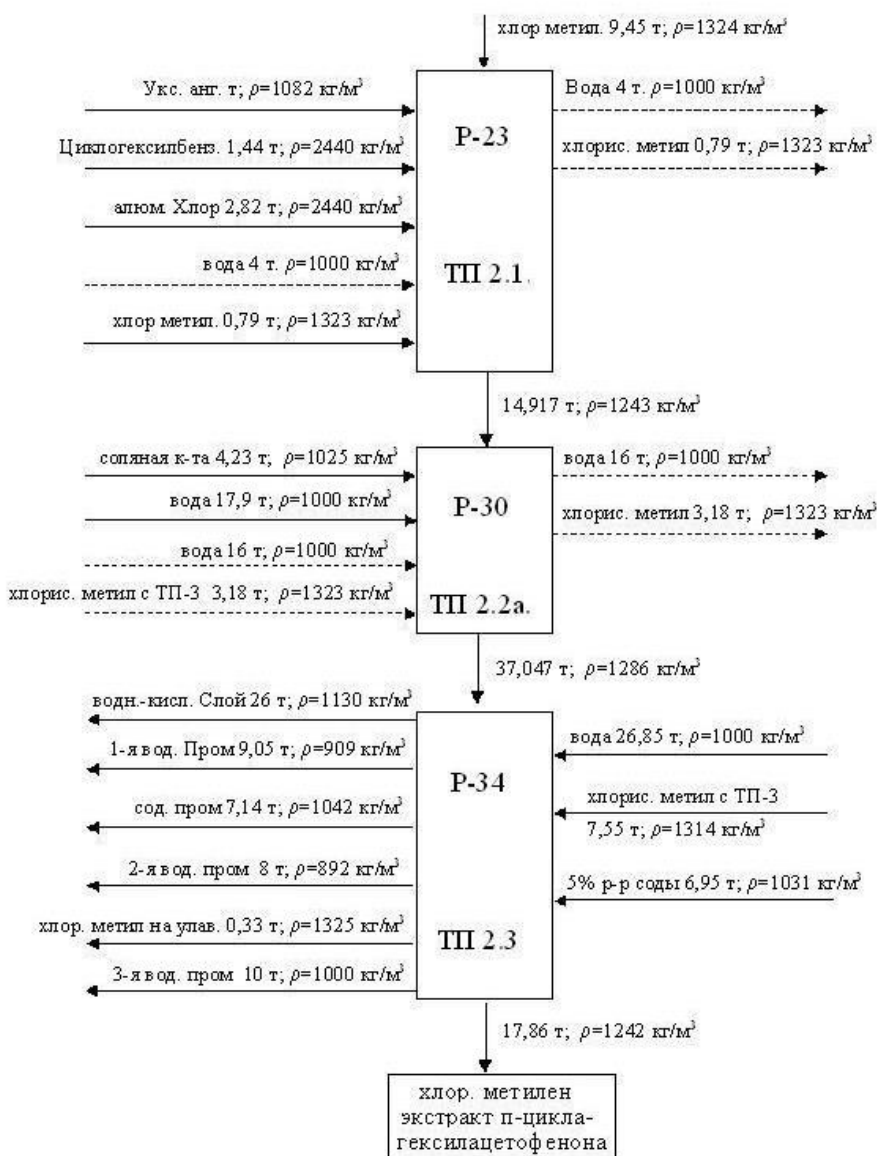
ТП-2.3. Экстракция п-циклогексилацетофенона хлористым метиленом

Реакционную массу из мерника М-32 передают на делительную воронку Р-34 и дают массе отстояться в течение 10 минут для разделения слоев. Нижний хлористометиленовый слой, содержащий циклогексилацетофенон и кислотные примеси, сливают в сборник СБ-38. К верхнему водному слою, содержащему остатки циклогексилацетофенона, загружают хлористый метилен и отгон со стадии ТП-3, перемешивают в течение от 3 до 5 минут, дают массе отстояться в течение 10 минут для разделения слоев. Нижний хлористометиленовый слой сливают в сборник СБ-38. Экстракцию

циклогексилацетофенона из водного слоя повторяют еще раз для извлечения продукта. Верхний – кислый слой после разложения алюминиевого комплекса собирают в сборник СБ-35. Объединенные хлористо-метиленовые экстракты с помощью вакуума загружают в делительную воронку Р-34 из сборника СБ-38, а из мерника М-19 загружают воду, перемешивают 5 – 7 минут, дают отстояться в течение 10 минут для разделения слоев. Нижний слой выгружают в сборник СБ-38, верхний - сборник СБ-36.

Для промывки хлористо-метиленового экстракта от кислоты из сборника СБ-38 с помощью вакуума загружают в делительную воронку Р-34 и из мерника М-21 - раствор соды. Перемешивают в течение 7 минут. Дают отстояться в течение 10 минут для разделения слоев. Нижний хлористо-метиленовый слой сливают в сборник СБ-38, верхний - собирают в сборник СБ-37.

Потоковая схема



Хлористометиленовый экстракт с помощью вакуума загружают в делительную воронку Р-34 и из мерника М-19 загружают воду. Перемешивают в течение 5 – 7 минут, дают массе отстояться в течение 10 минут для разделения слоев. Хлористометиленовый слой сливают в сборник СБ-38. Водную промывку повторяют еще раз. Верхний водный слой сливают в сборник СБ-30, хлористометиленовый слой собирают в сборник СБ-38 и направляют на ТП-3.

**Материальный баланс
ТП-2.1**

Приход				Расход			
Компонент	ρ кг/м ³	т	м ³	Компонент	ρ кг/м ³	т	м ³
Хлористый метилен	1324	9,45	7,14	Реакционная масса	1243	14,917	12,0
Циклогексилбензол	2440	1,44	0,59				
Уксусный ангидрид	1082	1,2	1,11				
Хлористый алюминий	2440	2,82	1,16				
Σ		14,917	10,94	Σ	1243	14,917	12,0
Хлористый метилен	1323	0,79	0,60	Хлористый метилен	1323	0,79	0,60
Вода	1000	4	4	Вода	1000	4	4
Σ		4,79		Σ		4,79	

ТП-2.2 а

Приход				Расход			
Компонент	ρ кг/м ³	т	м ³	Компонент	ρ кг/м ³	т	м ³
Реакционная масса	1243	14,917	12,0	Реакционная масса	1286	37,047	28,81
соляная кислота	1025	4,23	4,1				
вода	1000	17,9	17,9				
Σ		37,047	34	Σ	1286	37,047	28,81
Хлористый метилен	1323	3,18	2,40	Хлористый метилен	1323	3,18	2,40
Вода	1000	16	16	Вода	1000	16	16
Σ				Σ			

ТП-2.3

Приход				Расход			
Компонент	ρ кг/м ³	т	м ³	Компонент	ρ кг/м ³	т	м ³
реакционная масса	1286	37,047	26,48	в-кислый слой	1130	26	23,01
хлористый метилен	1314	7,55	5,75	хлорметилен ул.	1325	0,33	0,25
				Хлор-метилен экстракт циклагексилацетофенона п-	1242	17,86	14,38
Σ		44,6		Σ		44,2	
Вода на промывку	1000	26,85	26,85	1 вода промыв.	909	9,05	9,96
				2 вода промыв.	892	8	8,97
				3 вода промыв.	1000	10	10
сода 5%	1031	6,95	6,74	сода пром.	1042	7,14	8,97

**Задание на лабораторную работу 4
«Синтез совмещенной или гибкой ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes»**

Вариант 1

Разработать оптимальную схему *производства 15 т/год тетриндола и 10 т/год арбидола*.

Технологический регламент для производства 1 продукта (тетриндола) см. в лабораторной работе №3.

Задание на работу

1. Изучить технологические регламенты получения продуктов.
2. Подготовить информацию по технологическим процессам и аппаратуре для машинного расчета многопродуктовой ХТС. Необходимые данные взять из технологических регламентов.
3. Синтезировать допустимые варианты многопродуктовой ХТС и выбрать оптимальный, используя прикладное программное обеспечение комплекса «SoF CES». Представить в отчете алгоритм синтеза, стратегию поиска допустимых и оптимального варианта.
4. Сравнить результаты машинного и ручного расчетов. Сделать выводы.
5. Построить временные графики (диаграмма Гантта) производства продуктов. Сформулировать математическую постановку задачи синтеза многопродуктовой ХТС с фиксированной структурой.

Технологический регламент процесса получения второго продукта (арбидола)

ТП-3.1. Проведение реакции ацилирования

«Ацетоксииндол» получают ацилированием димекарбина уксусным ангидридом при 138-140 °С – температуре кипения уксусного ангидрида. На 1 моль димекарбина расходуют 1,6 моля уксусного ангидрида, т.е. последний является не только ацилирующим агентом, но и растворителем.

В аппарат Р-1 через люк загружают димекарбин и из мерника М-2 уксусный ангидрид. При включенной мешалке массу нагревают до 138-140 °С (температура в рубашке 145±2°С). Нагревание продолжают до остаточного содержания исходного димекарбина не более 2%. На это требуется 1 час. Увеличение времени нагревания усиливает осмос продукта и снижает выход.

По окончании реакции обогрев отключают, реакционная масса самопроизвольно охлаждают до 90±1 °С, мешалку отключают и раствор направляют на Т.П.-3.2.

Т.П.-3.2. Выделение ацетоксииндола

В аппарат Р-4 из мерника М-7 загружают воду и при включенной мешалке пуском в рубашку пара нагревают ее до 80±1 °С. В течение 30 минут со скоростью 4,0 кг/ч прибавляют уксуснокислый раствор ацетоксииндола. При этом ацетоксииндол выпадает в осадок. Использование воды при высаливании приводит к образованию крупногранулированного осадка, что затрудняет его выгрузку и промывку. Повышение температуры воды вызывает вскипание реакционной массы. Массу охлаждают до 21±1 °С пуском воды в рубашку аппарата, выдерживают 30 минут и суспензию фильтруют.

Т.П.-3.3. Фильтрация и промывка ацетоксииндола

Ацетоксииндол фильтруют на емкостном фильтре Ф-8 при остаточном давлении 45-50 кПа. Фильтрующий материал бязь. Осадок на фильтре промывают из мерника М-7 через аппарат Р-4 водой до рН 7 и отжимают.

Маточник передают в сборник Сб-9 и направляют на регенерацию уксусной кислоты. Промывные воды собирают в сборник Сб-10 и направляют на обезвреживание.

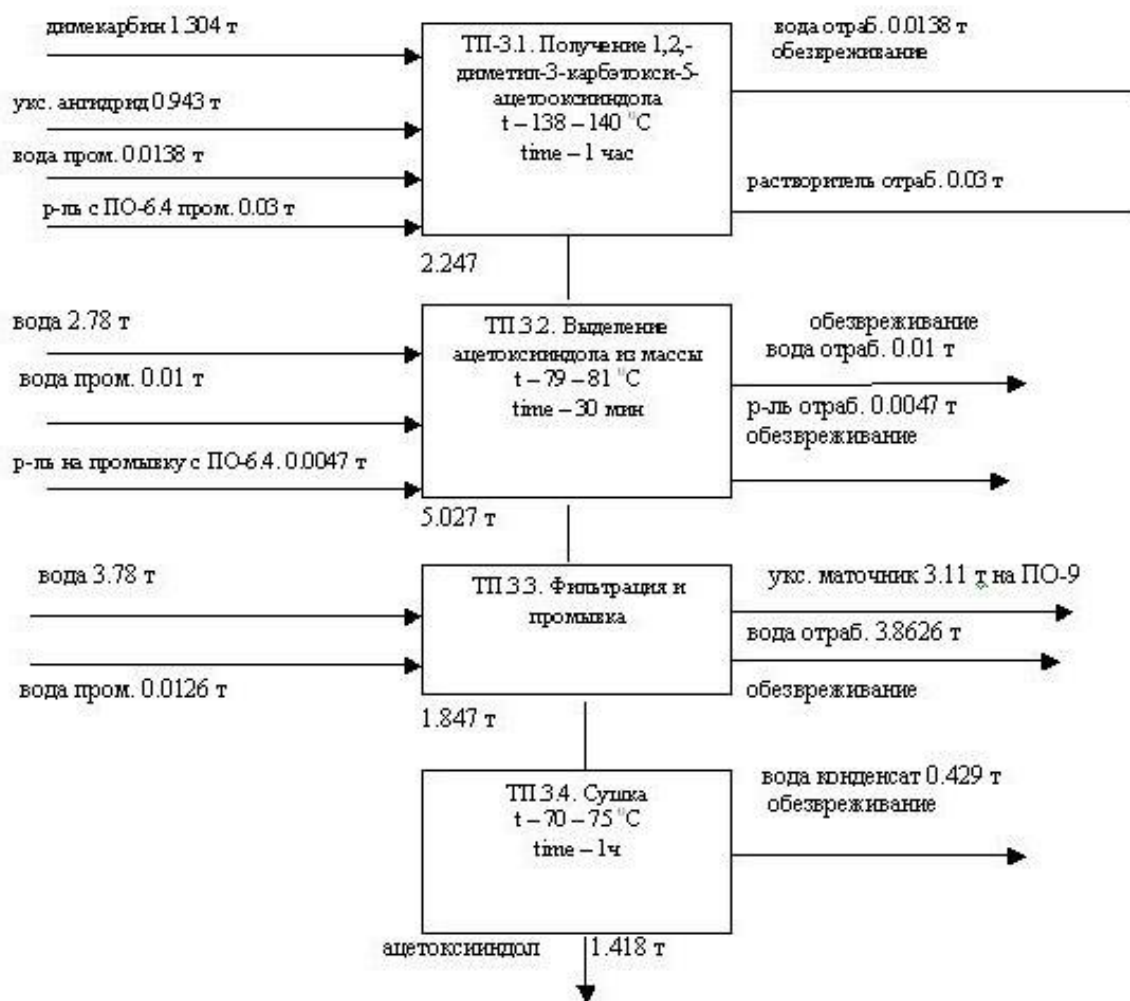
Т.П.-3.4 Сушка ацетоксииндола.

Пасту ацетоксииндола с начальной влажностью 10-15% передают в роторно-вакуумную сушилку барабанного типа Сш-11. Продукт высушивают при остаточном давлении менее 30 кПа и температуре 65 ± 3 °С в течение 1 часа до остаточной влажности 0,1%.

Материальные потоки по стадиям

№ стадии	Аппарат	Реагент	Вход на стадию			Выход со стадии		
			м, т	V, м ³	p, кг/м ³	м, т	V, м ³	p, кг/м ³
ТП-3.1	Р-1	Димекарбин	1,304		163			
		Уксусный ангидрид	0,941		1068			
		РМ на ТП-3.2				2,245		253
Итого			2,245 т			2,245 т		
ТП-3.2	Р-4	РМ с ТП-3.1	2,245		253			
		Вода	2,78	2,78	1000			
		РМ на ТП-3.3				5,025		432
Итого			5,025 т			5,025 т		
ТП-3.3	Ф-8	РМ на ТП-3.3	5,025		432			
		Вода промывная	0,0126	0,126	1000			
		Вода	3,78	3,78	1000			
		Маточник				3,11		
		Вода отработанная				3,8626		
		РМ на ТП-3.4					1,845	
Итого			8,8176 т			8,8176 т		
ТП-3.4	Сш	РМ с ТП-3.3	1,845		213			
		Вода-конденсат				0,427		
		Ацетоксииндол				1,418		172
Итого			1,845 т			1,845 т		

Характеристики процессов стадии ТП-3 (получение ацетоксинидола)



Задание на лабораторную работу 5

«Размещение третьего продукта на совмещенной ХТС периодического и полунепрерывного действия с использованием специализированного программного обеспечения SofCes»

Вариант 1

На полученной в лабораторной работе №3 схеме производства 15 т/год тетриндола и 10 т/год арбидола разместить производство 12 т/год эмоксипина.

Технологические регламенты для производства 1 и 2 продукта см. в лабораторной работе №3 и №4.

Задание на работу.

1. Изучить технологический регламент получения продукта.
2. Представить технологические стадии процесса в виде последовательности технологических операций.
3. Составить уравнения пооперационного и постадийного материального баланса. Подготовить исходные данные для машинного расчета (соотношения потоков, плотности потоков, длительности стадий).
4. Записать математическую постановку задачи синтеза оптимального варианта химико-технологической системы.

5. Определить диапазон размера партии продукта, рассчитать характеристический размер технологических аппаратов и выбрать аппараты из стандартных рядов (т.е. выполнить ручной расчет одного из допустимых вариантов схемы (по заданию преподавателя)).
 6. Построить временной график работы технологического оборудования и определить продолжительность цикла ХТС.
 7. Сравнить результаты машинного и ручного расчетов. Сделать выводы.
- Требуется разработать оптимальную схему производства 5 т/год эмоксипина, основываясь, на полученной в лабораторной работе №3 схеме производства 6 т/год лидокаина и 8 т/год арбидола.

Технологический регламент процесса получения третьего продукта (эмоксипина)

ТП-3.1. Получение эмоксипина. Эмоксипин получают действием соляной кислоты на 2-этил-6-метил-3-оксипиридин в ацетоне при $47\pm 3^{\circ}\text{C}$.

В аппарат Р-64 из мерника М-42 загружают ацетон и через люк - перекристаллизованный 2-этил-6-метил-3-оксипиридин со стадии ТП-2. Включают мешалку и обратный холодильник Т-65. Суспензию нагревают при перемешивании до $47\pm 3^{\circ}\text{C}$ до полного растворения. При уменьшении количества ацетона возможно неполное растворение 2-этил-6-метил-3-оксипиридина. При достижении $47\pm 3^{\circ}\text{C}$ обогрев отключают и из мерника М-53 прибавляют концентрированную соляную кислоту с таким расходом, чтобы не было интенсивного кипения реакционной массы, влекущего унос хлористого водорода. При прибавлении соляной кислоты температура реакционной массы поднимается на $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ и начинает выпадать осадок эмоксипина.

После прибавления соляной кислоты (всего количества) проверяют рН реакционной массы, который должен быть равен 1. Если рН больше 1 прибавляют еще соляную кислоту, перемешивают реакционную массу и снова проверяют рН. Уменьшение количества соляной кислоты (рН больше 1) приводит к получению некачественного эмоксипина.

После прибавления всего количества соляной кислоты суспензию охлаждают при перемешивании до $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ периодическим пуском воды в рубашку аппарата. При быстром охлаждении суспензии осадок эмоксипина оседает на стенках аппарата, что приводит к потерям продукта.

Для полного выделения эмоксипина суспензию передают в аппарат Р-66, дают охлаждение и выдерживают при $8\pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут. Увеличение продолжительности выдержки не приводит к увеличению выхода эмоксипина.

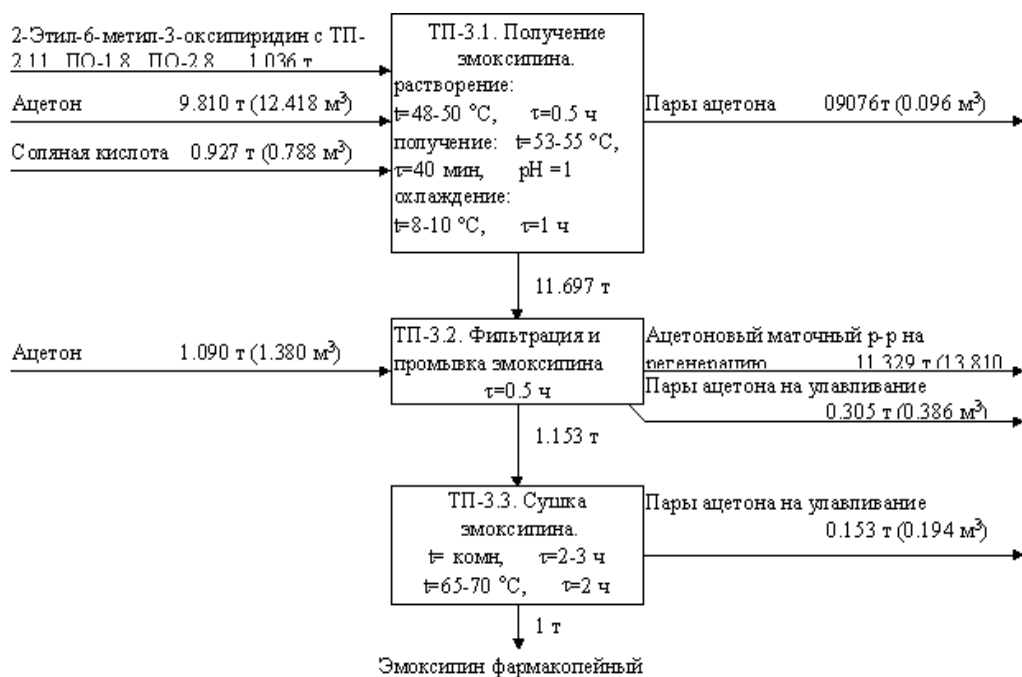
ТП-3.2 Фильтрация и промывка эмоксипина. По окончании выдержки суспензию эмоксипина из аппарата Р-64 переносят на нутч-фильтр Ф-68. Осадок отфильтровывают и промывают на фильтре ацетоном через аппарат Р-64. Полученный эмоксипин передают на стадию сушки в сушилку Сш-70.

Ацетоновый маточный раствор и промывной ацетон передают в сборник Сб-69, откуда направляют на регенерацию ацетона на стадию ПО-2.

ТП-3.3. Сушка эмоксипина. Пасту эмоксипина сушат в вакуум-полочной сушилке Сш-70 типа ПВ 4,5-5,0 НК 01 при $32\pm 3^{\circ}\text{C}$ и разрежении около 40 кПа до постоянной массы.

Эмоксипин можно также сушить в начале 2-3 часа на воздухе, а затем в калориферной сушилке при $65\pm 5^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. Сушка на воздухе необходима для получения эмоксипина стандартного по цвету.

Эмоксипин, не отвечающий требованиям ВФС, очищают через натриевую соль.



Материальные потоки по стадиям

№ стадии	Аппарат	Реагент	Вход на стадию			Выход со стадии		
			м, т	V, м ³	ρ , кг/м ³	м, т	V, м ³	ρ , кг/м ³
ТП-3.1(а)	Р-64	РМ с ТП-2.11 (2-этил-6-метил-3-оксипиридин)	0,812	0,838	967			
		2-этил-6-метил-3-оксипиридин с ПО-1.8 и ПО-2.8	0,224	0,232	967			
		Ацетон	9,810	12,418	790			
		Соляная кислота	0,927	0,788	1176			
		Пары ацетона				0,076	0,096	792
		РМ				11,697	1,342	877
Итого			11,773 т			11,773 т		
ТП-3.1(б)	Р-66	РМ с ТП-3.1(а)	11,697	1,342	877			
		РМ				11,697	1,342	877
Итого			11,697 т			11,697 т		
		РМ с ТП-3.1(б)	11,697	1,342	877			

ТП-3.2	Ф-68	Ацетон	1,090	1,380	790			
		Ацетоновый маточный раствор на регенерацию				11,329	12,907	878
		Пары ацетона				0,305	0,386	790
		РМ				1,153	1,429	807
Итого			12,878 т			12,878 т		
ТП-3.3	Сш-70	РМ с ТП-3.2	1,153	1,429	807			
		Пары ацетона на улавливание				0,153	0,194	789
		Эмоксипин (конечный продукт)				1,000	1,235	810
		Итого	1,153 т			1,153 т		

8.3 Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Для текущего контроля освоения дисциплины, в соответствии с рейтинговой системой – это зачет, создан банк тестовых заданий в системе дистанционного обучения Moodle, размещенный на выделенном сервере кафедры кибернетики химико-технологических процессов (<http://cis.muctr.ru/alk>). В общей сложности создан 151 вопрос. Из данного банка тестовых заданий создано 9 тестов самоконтроля по различным разделам дисциплины для подготовки к тесту текущего контроля и тест текущего контроля знаний по теоретическому материалу дисциплины из 15 баллов. Тест текущего контроля формируется случайным образом из всего банка вопросов по всем разделам дисциплины и сдается обучающимся в конце семестра на зачетной неделе.

Пример банка тестовых заданий (по разделу 1) – гибкие автоматизированные производственных системы (ГАПС) и гибкие химико-технологические системы (ГХТС) (тест самоконтроля для самостоятельной подготовки к тесту текущего контроля знаний по теоретическому материалу дисциплины).

Вопрос 1.1

Каковы основные атрибуты ГА ХТС?

1. Малая производительность
2. Изменчивость ассортимента
3. Многопродуктовость
4. Переменная структура
5. Возможность выпуска на едином оборудовании нескольких продуктов
6. Автоматизация процесса проектирования
7. Интеграция всего цикла производства продукции (сырье, производство, склад)
8. Использование средств автоматизации

Вопрос 1.2

На каких уровнях осуществляется управление гибкой автоматизированной производственной системой?

1. отдельный аппарат
2. индивидуальное производство
3. аппаратурная стадия
4. производство
5. склад сырья
6. склад готовой продукции
7. производство всего ассортимента

Вопрос 1.3

Укажите основное назначение роботизированных комплексов:

1. упаковка
2. фасовка продукции
3. загрузка сырья
4. контроль и управление отдельными операциями
5. перенастройка технологической схемы производства продукции

Вопрос 1.4

Укажите специфические признаки гибких химических производств периодического действия:

1. наличие переналадки оборудования
2. промывка (чистка) оборудования
3. дискретность конструктивных параметров
4. различие материальных потоков при производстве продуктов
5. необходимость согласования работы соседних аппаратов
6. избыточность оборудования
7. многостадийность
8. изменимость ассортимента
9. простои оборудования
10. низкий выход целевого продукта по соотношению к исходному сырью

Вопрос 1.5

Выберите правильные определения:

1. Интегрированная производственная система, ориентированная на многоассортиментную продукцию нефиксированной номенклатуры; она создаётся на основе многофункционального технологического оборудования, средств транспорта и система складов
2. Совокупность взаимосвязанных технологическими потоками и действующих как единое целое аппаратов, в которых осуществляется определённая последовательность технологических операций (подготовка сырья, собственно химическое превращение и выделение целевых продуктов)
3. Непрерывные, дискретно-непрерывные или периодические (дискретные) производства многономенклатурной продукции с часто меняющимся ассортиментом и планом выпуска

- А. ГАПС
Б. ХТС

В. ГАХТС

Вопрос 1.6

В чем преимущество модульного принципа построения гибких химических производств?

1. экономия средств при разработке
2. экономия средств при покупке, монтаже, обслуживании и ремонте
3. взаимозаменяемость оборудования
4. уменьшение количества типов оборудования
5. повышение надежности и эффективности работы

Вопрос 1.7

Выберите правильные сопоставления:

1. модульный принцип организации схем позволяет ...
2. многостадийная ХТС позволяет ...
3. аппаратурный блок позволяет ...

а. реализовать несколько одностадийных химико-технологических процессов на одном аппаратурном оформлении

б. реализовать выпуск одного целевого продукта (полупродукта) в технологическом цикле последовательных ХТП

в. реализовать выпуск одного или нескольких целевых продуктов (полупродуктов) на единой технологической схеме

Вопрос 1.8

В чем заключается основное назначение параметрического синтеза?

1. определение технологических параметров производства
2. поиск конструктивных параметров оборудования
3. определение местоположения согласующих емкостей
4. определение местоположение параллельных аппаратов
5. оптимизация маршрута получения продуктов

Вопрос 1.9

Каково назначение структурного синтеза?

1. определение аппаратурного состава и технологических связей аппаратов при производстве продуктов
2. оценка необходимости использования параллельных аппаратов и определение их местоположения
3. оценка необходимости установки согласующих емкостей, определение их местоположения и размеров
4. определение оптимальных маршрутов получения продуктов
5. определение геометрических размеров оборудования

Вопрос 1.10

Сопоставьте уровни детализации в процессе моделирования и задачи моделирования:

Уровни детализации: 1-структурный, 2-параметрический, 3-содержательный, 4-адекватности, 5-алгоритмический.

Задачи моделирования: а-математическая формулировка задачи, б-проверка адекватности математической модели, в-разработка основных этапов решения задачи, г-формулировка задачи, д-идентификация параметров.

Вопрос 1.11

Непрерывными моделями могут быть:

1. динамические
2. динамические и стохастические
3. детерминированные и стохастические
4. динамические и статические
5. динамические, детерминированные и стохастические

Вопрос 1.12

Примером дискретных детерминированных моделей являются:

1. конечные автоматы
2. вероятностные автоматы
3. интегродифференциальные уравнения

Вопрос 1.13

Расположите в правильной последовательности от низшего уровня к высшему процессную составляющую гибкой химико-технологической системы:

1. многостадийный ХТП
2. технологическая стадия
3. множество одностадийных ХТП
4. индивидуальная производственная ХТС
5. типовая технологическая операция
6. гибкое производство

Вопрос 1.14

Модель технологического аппарата периодического действия формируется из следующих составляющих (выберите правильные):

1. модели смены состояний
2. модели расписания работы аппаратов
3. отображение, ставящего в соответствие множеству типовых технологических операций - множество их моделей
4. отображение, ставящего в соответствие множеству технологических аппаратов множество их моделей
5. модели технологических операций
6. модели взаимодействия аппаратов

Вопрос 1.15

Модель гибкой ХТС формируется из следующих составляющих (выберите правильные):

1. модель расписания работы аппаратов
2. моделей взаимодействия аппаратов
3. моделей технологической структуры
4. моделей организационной структуры ХТС
5. отображение, ставящего в соответствие множеству аппаратов - множество их моделей
6. отображение, ставящего в соответствие индивидуальной (или совмещенной) ХТС - множество их моделей
7. моделей совмещенных ХТС

Тесты формируются случайным образом из общего банка заданий по всем разделам дисциплины.

Пример теста по теоретическому материалу дисциплины

Вопрос 1.

Классифицируйте ХТС в соответствии со следующими классификационными признаками (каждому признаку соответствуют несколько ответов):

- а) по количеству стадий
- б) по типам технологической и организационных структур
- с) по количеству выпускаемой продукции
 1. индивидуальные
 2. многостадийные
 3. полностью совмещенные
 4. дискретно-непрерывные
 5. многоассортиментные
 6. периодические
 7. непрерывные
 8. гибкие
 9. одностадийные
 10. частично совмещенные
 11. совмещенные

Вопрос 2.

В чем различие алгоритма расчета многостадийного производства при использовании соотношений:

- 1 - G_{ij}^{BX}/G_{ij}^{BIX} ;
- 2 - G_{ij}^{BX}/q_i ;
- 3 - $G_{ij}^{BX}/1000$
 - а) произвольный порядок расчета аппаратов
 - б) расчет осуществляется с последнего аппарата схемы
 - с) расчет осуществляется с первого аппарата

Вопрос 3.

Выберите выражения для определения характеристического размера аппарата

1. $\min\{v_j/\overline{\varphi_j}\} \leq V_j$
2. $\max\{v_j/\overline{\varphi_j}\} \leq V_j$
3. $\max\{v_j/\overline{\varphi_j}\} \leq V_j \leq \min\{v_j/\overline{\varphi_j}\}$
4. $\max\{v_j/\overline{\varphi_j}\} \leq V_j \leq \max\{v_j/\overline{\varphi_j}\}$
5. $\min\{v_j/\overline{\varphi_j}\} \leq V_j \leq \min\{v_j/\overline{\varphi_j}\}$

для гибкой технологической схемы при следующих критериях оценки:

- а. затраты на оборудование
- б. максимальная производительность
- в. минимальное время выпуска ассортимента
 1. 1 выражение
 2. 2 выражение
 3. 3 выражение
 4. 4 выражение
 5. 5 выражение

Вопрос 4.

Для наработки ассортимента продукции по одной партии на гибкой схеме с согласующими емкостями выберите соответственно:

1. $\tau_{j,i}^H = \max\{\tau_{j-1,i}^K, (\tau_{j,i-1}^K + \Theta_{j,i-1,i})\}$; $i = 2 \dots N$; $j = 2 \dots M$
2. $\tau_{j,i}^K = \tau_{j,i-1}^K + \Theta_{j,i-1,i} + \tau_{j,i}$; $i = 2 \dots N$; $j = 2 \dots M$
3. $\tau_{j-1,j}^i = \max\{\tau_{j-1,i}^K, (\tau_{j,i-1}^K + \Theta_{j,i-1,i})\} - \tau_{j-1,i}^K$; $i = 2 \dots N$; $j = 2 \dots M$

1. время окончания выпуска заданного продукта на заданном аппарате
2. время хранения реакционной массы заданного продукта в емкости между двумя аппаратами
3. время начала выпуска заданного продукта на заданном аппарате

Вопрос 5.

Выберите правильные комбинации ответов для каждой из производственных ситуаций:

- а) $S = f(Q_i, V_j^z)$
- б) $S = f(Q_i, V_j^{st}, T_{\text{ПЛАН}})$
- в) $S = f(Q_i, q_{\min_j}, q_{\max_j})$

1. для заданного размера партии продукта
2. для заданного диапазона размера партии продукта
3. на нестандартном наборе оборудования
4. для заданной производительности схемы
5. для заданного планового срока выпуска ассортимента
6. на стандартном наборе оборудования

Вопрос 6.

Выберите правильное соотношение для расчета теплового баланса экзотермической реакции в аппарате периодического действия:

1. $\frac{dQ}{dT} = V_r \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_0 - T) - Q_{x.p.} + K \cdot F \cdot (T - T_x)$
2. $\frac{dQ}{dT} = V_r \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_0 - T) - Q_{x.p.} + K \cdot F \cdot (T_x - T)$
3. $\frac{dQ}{dT} = V_r \cdot C_p \cdot (T_0 - T) + K \cdot F \cdot \rho \cdot (T - T_x) - Q_{x.p.}$
4. $\frac{dQ}{dT} = V_r \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T - T_x) + K \cdot F \cdot (T_0 - T) - Q_{x.p.}$

Вопрос 7.

От чего зависит длительность стадии химического превращения для реакции n-го порядка с одинаковыми порядками реакции компонентов в изотермическом реакторе периодического действия:

Выберите один или несколько ответов:

1. от конечной концентрации i-го компонента
2. от константы скорости химической реакции
3. от температуры
4. от степени превращения i-го компонента
5. от начальной концентрации i-го компонента
6. от порядка реакции

Вопрос 8.

Выберите правильные соотношения для расчетов согласующей емкости для индивидуальной схемы:

1. $V_j' \geq U_j^{BELK} \cdot \frac{N_j}{N_{j+1}} \cdot \frac{\tau_{j+1}}{\tau_j}, \tau_j < \tau_{j+1}, i = \overline{1, n}, n' \in N$
2. $\frac{N_j \cdot U_j^{BELK}}{\tau_j} = \frac{N_{j+1} \cdot U_{j+1}^{BELK}}{\tau_{j+1}}$
3. $V_j' \geq U_j^{BELK}, \tau_j > \tau_{j+1}, i = \overline{1, n}, n' \in N$
4. $\max \left\{ \frac{U_j'}{\varphi_j} \right\} \leq V_j' \leq \min \left\{ \frac{U_j'}{\varphi_j} \right\}, i = \overline{1, n}, j = 1, \dots, M$
5. $\begin{cases} \max_{i=1, n} \left(U_{j+1}^{BELK} \cdot \frac{N_j}{N_{j+1}} \cdot \frac{\tau_{j+1}}{\tau_j} \right), \tau_j < \tau_{j+1} \\ \max_{i=1, n-n} U_j^{BELK}, \tau_j \geq \tau_{j+1}, n \in N \end{cases}$
6. $V_j' = \max_{i=1, n} \{V_j'\}$

Вопрос 9.

Выберите соответствующее выражение для скорости химической реакции:

1. $-\frac{dc_i}{d\tau} = k \cdot c_i^{n_1} \cdot c_2^{n_2} \cdot \dots \cdot c_i^{n_i}$
 2. $-\frac{dc_i}{d\tau} = k \cdot c_i^{n_i}$
 3. $-\frac{dc_i}{d\tau} = k \cdot c_i$
- а) первого порядка
 б) n-го порядка при $n_i = \text{const}$
 в) n-го порядка при $n_i = \text{var}$

Вопрос 10.

Сколько одностадийных процессов позволяет реализовать аппаратный модуль:

- а) типовой
 - б) гибкий
 - в) индивидуальный
1. один процесс
 2. несколько процессов одного целевого назначения
 3. несколько типовых процессов

Вопрос 11.

Перечислите А - общесистемные принципы создания ГАПС и Б - специфические особенности:

1. гибкость
2. открытость
3. устойчивость
4. модульность
5. целенаправленность
6. управляемость
7. эмерджентность
8. интегрированность
9. иерархичность

Вопрос 12.

Выберите соотношения для определения размеров партий при заданном сроке выпуска:

Выберите один или несколько ответов:

1. $q_{max} = PR$
2. $N_e = \frac{V_{j+1}^{BX}}{V_j^{BBIK}}$
3. $\frac{PR \tau_I}{q_{min}} \approx T_{ПЛ}$

4. $\frac{s_j \cdot q}{\varphi_{ij}} \leq V_j \leq \frac{s_j \cdot q}{\varphi_{ij}}$
5. $q_{min} = V_{min, M}^{st} \cdot \rho_M \cdot \varphi_M$
6. $q_{max} = V_{max, M}^{st} \cdot \rho_M \cdot \varphi_M$
7. $V_j = sup\{V_j^{st}\}$
8. $\vartheta_{j+1}^{BX} = \frac{\tau_{j+1} \cdot \vartheta_{j+1}^{BYX} \cdot N_{j+1}}{N_j \cdot \tau_{j+1}}$
9. $\frac{\tau_j \cdot \vartheta_j^{BYX}}{N_j} = \frac{\tau_{j+1} \cdot \vartheta_{j+1}^{BX}}{N_{j+1}}$

Вопрос 13.

Сопоставьте поправочные коэффициенты в выражении для длительности операции загрузки(выгрузки) самотёком с их значением:

1. поправка на неидеальность жидкости
2. произведение 2-х поправочных коэффициентов
3. поправка с учётом конструктивных особенностей штуцера
 - a) коэффициент сжатия ртути
 - b) коэффициент расхода
 - c) коэффициент скорости

Вопрос 14.

Модель гибкой ХТС формируется из следующих составляющих (выберите правильные):

Выберите один или несколько ответов:

- a) моделей технологической структуры
- b) отображение, ставящего в соответствие индивидуальной (или совмещенной) ХТС - множество их моделей
- c) отображение, ставящего в соответствие множеству аппаратов - множество их моделей
- d) моделей совмещенных ХТС
- e) моделей взаимодействия аппаратов
- f) модель расписания работы аппаратов
- g) моделей организационной структуры ХТС

Вопрос 15.

В каких задачах моделирования индивидуальных ХТС возможны структурные изменения:

Выберите один ответ:

- a) на стандартном оборудовании
- b) на нестандартном оборудовании
- c) для заданной производительности схемы
- d) для заданного планового срока выпуска ассортимента

Фонд оценочных средств приведен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью основной образовательной программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Рекомендуемая литература

А. Основная литература

1. Оптимизация расписания работы многопродуктовых химико-технологических систем. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, С.А. Левушкина. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2017. – 118 с.

Б. Дополнительная литература

1. Кафаров В.В., Макаров В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы в химической промышленности, М.: Химия, 1990. - 320с.
2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1985. – 448с.
3. Савицкая Т.В., Бельков В.П. Математические модели типовых операций и одностадийных периодических процессов: текст лекций / Под ред. профессора А.Ф. Егорова - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005.- 197 с.
4. Савицкая Т.В., Бельков В.П. Синтез гибких химико-технологических систем (детерминированный и стохастический варианты). Текст лекций / Под ред. профессора А.Ф. Егорова - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2005.– 120 с.
5. Егоров А.Ф. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств. Автоматизированный лабораторный комплекс по курсу / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, В.П. Бельков, А.В. Горанский; под редакцией профессора А.Ф. Егорова – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, - 2008. – 204 с
6. Егоров А.Ф. Разработка автоматизированных лабораторных комплексов: учеб. пособие/ А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая, С.П. Дударов, А.В. Горанский, В.П. Бельков, И.Б. Шергольд; под общей редакцией профессора А.Ф. Егорова – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, - 2006. – 176 с.
7. Дворецкий С.И., Егоров А.Ф., Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования: Учеб. Пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. Гос. Техн. Ун-та, 2003.- 224 с.

9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации

– Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ, размещенные на сайте Междисциплинарной автоматизированной системы обучения (АСО) (<http://cis.muctr.ru/alk>)

Научно-технические журналы:

- «Программные продукты и системы», ISSN (печатной версии) – 0236-235X, ISSN (онлайновой версии) – 2311-2735;
- «Химическая промышленность сегодня», ISSN – 0023-110X;
- «Химическая технология», ISSN – 1684-5811;
- «Стандарты и качество», ISSN – 0038-9692;
- «Контроль качества продукции», ISSN – 2541-9900;
- «Теоретические основы химической технологии», ISSN – 0040-3571;
- «Computers and Chemical Engineering» ISSN – 0098-1354;
- «Информационные технологии в проектировании и производстве», ISSN – 2073-2597;
- «Химическое и нефтегазовое машиностроение», ISSN – 023-1126;
- Журнал «ТРИЗ» и другие.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

1. Каталог оборудования группы компаний ТЭФОС, ООО ТД «Нефтехиммаш КО»

- (Нижний Новгород). [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.tefos.ru (дата обращения: 15.04.2021).
- Лабораторное оборудование компании «БИОХИМПРО». [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biohimpro.ru (дата обращения: 15.04.2021).
 - Официальный дистрибьютор высокотехнологичного оборудования химических процессов от ведущих производителей Китая компания АКІКО. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ooo-akiko.promportal.su/> (дата обращения: 15.04.2021) и другие.

Сайты на актуальные компании производителей и дистрибьюторов лабораторного и промышленного оборудования ежегодно обновляются по материалам международной выставки «Химия» и другие.

9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Для реализации рабочей программы дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- компьютерные классы на 17 посадочных мест с предустановленным базовым программным обеспечением, в том числе с возможностью подключения к сети Интернет.
- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины, реализованных в системе дистанционного обучения Moodle (общее число вопросов – 151);
- банк тестовых заданий для итогового контроля освоения дисциплины, реализованных в системе дистанционного обучения Moodle (общее число вопросов – 151).

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Информационную поддержку изучения дисциплины осуществляет Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева, который обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по дисциплине. Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2021 составляет 1 718 245 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

Полный перечень электронных информационных ресурсов, используемых в процессе обучения, представлен в основной образовательной программе.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «*Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств*» проводятся в форме лекций, практических занятий, лабораторных занятий и самостоятельной работы обучающегося.

11.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:

На кафедре КХТП для проведения занятий по дисциплине имеется 2 учебные аудитории с 17 компьютерами (2 для работы преподавателей, 15 для работы студентов) и 1 выделенный сервер. Все компьютеры имеют доступ к сети Интернет.

Для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине имеются: учебная аудитория, оборудованная мультимедийным оборудованием, имеющая 8 персональных компьютеров, объединенных в локальную сеть с выходом в сеть Интернет, и одно многофункциональное устройство; компьютерный класс, оборудованный 9 компьютерами, объединенными в локальную сеть с выходом в Интернет, и одним принтером.

Кафедра обладает стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

Для реализации информационно-образовательных ресурсов дисциплин вариативной части программы на выделенном сервере кафедры КХТП под управлением Microsoft Windows Server Standart 2008 развернуты веб-сервер apache 2.2.17, Hypertext Preprocessor (php) 5.3.18, система управления базами данных (СУБД) MySQL 5, система дистанционного обучения (СДО) Moodle 2.6.1. Для доступа к Moodle используется веб-браузер Google Chrome или Mozilla FireFox.

11.2. Учебно-наглядные пособия:

По дисциплине «Математическое моделирование и методы синтеза ГХП» доступны учебные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muotr.ru/alk/>. Реализованы лекции по учебным разделам в соответствии с программой дисциплины. Приведены примеры решения практических работ. Доступны комплексы лабораторных работ, включающие типовые примеры выполнения работ и требования к отчетам, варианты заданий, руководство по работе с моделирующим программным обеспечением.

Доступны тестовые задания для самоконтроля знаний и тест текущего контроля по всем темам и разделам с ограничением по времени и по количеству попыток.

При необходимости продолжается также использование в учебном процессе и для самостоятельной подготовки студентов ранее разработанных информационно-образовательных ресурсов кафедры, размещенных на выделенных серверах междисциплинарной автоматизированной системы обучения и автоматизированного лабораторного комплекса <http://cisserver.muotr.ru/alkmw/> и <http://cisserver.muotr.ru/alkmoodle>: компьютерные конспекты лекций; видеоуроки для проведения практических занятий, направленных на приобретение навыков работы со специализированным программным обеспечением; комплексы лабораторных работ; электронные учебные пособия; глоссарии основных понятий и определений в предметной области. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

Бакалавры могут использовать данные электронные ресурсы для самостоятельной подготовки, а в последующем – при выполнении научно-исследовательской работы и выпускной квалификационной работы.

11.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:

На кафедре КХТП для проведения лабораторных занятий по дисциплине имеются персональные компьютеры с предустановленным стандартным и специализированным лицензионным программным обеспечением, приведенным в разделе 11.5.

При необходимости использования аудиовизуального материала на лекциях или при проведении лабораторных работ на кафедре имеются проектор и настенный экран, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

11.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

На кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия; кафедральные библиотеки электронных изданий; учебно-методические разработки кафедры в электронном виде.

На кафедре КХТП электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; специализированное программное обеспечение; базы данных специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов дисциплины «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств».

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы; банки тестовых заданий для самоконтроля, итогового контроля знаний по дисциплине представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muctr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

11.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:

Полный перечень лицензионного программного обеспечения представлен в основной образовательной программе.

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
1.	O365ProPlusOpenStudents ShrdSvr ALNG SubsVL OLV NL 1Mth Acdmc Stdnt STUUseBnft Приложения в составе подписки: Outlook OneDrive Word 365 Excel 365 PowerPoint 365 Microsoft Teams	Контракт № 28-35ЭА/2020 от 26.05.2020	25	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
2	Microsoft Office	Контракт № 62-	36	бессрочная

№ п.п.	Наименование программного продукта	Реквизиты договора поставки	Количество	Срок окончания действия лицензии
	Standard 2013	64ЭА/2013 MicrosoftOpenLicense Номер лицензии 47837477		
3	Microsoft Windows Server - Standard 2008	Государственный контракт № 168-167А/2008 Microsoft Open License Номер лицензии 61068797	9	бессрочно
4	Microsoft Windows 8.1 Professional Get Genuine	Контракт № 62-64ЭА/2013, Microsoft Open License, Номер лицензии 62795478	16	бессрочная

При выполнении лабораторного практикума по дисциплине используется специализированное программное обеспечение:

- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20176622859 «Программное обеспечение для выбора оборудования периодического действия и расчета длительностей технологических операций «Duration». Правообладатели: Сальников Е.Д., Савицкая Т.В. Авторы: Сальников Е.Д., Савицкая Т.В. Заявка №2017614717, дата поступления 18 мая 2017 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 17 ноября 2017 г.,

- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017662858 «Программное обеспечение для синтеза химико-технологических систем «SoF CES». Правообладатели: Сальников Е.Д., Савицкая Т.В. Авторы: Сальников Е.Д., Савицкая Т.В. Заявка №2017614720, дата поступления 18 мая 2017 г. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 17 ноября 2017 г.

- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ N 2019665460 «Программное приложение для задач моделирования многоассортиментных химико-технологических систем», Авторы Чернухин А.В., Сверчков А.М., Савицкая Т.В. Правообладатель : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». Заявка N 2019664173. Дата поступления 11 ноября 2019 г., Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 22 ноября 2019 г.

12. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p>Раздел 1. Подходы к созданию гибких химических производств</p>	<p><i>Знает:</i> основные понятия и определения в области создания гибких автоматизированных производственных систем в химической технологии (понятия технологического и аппаратурного модуля, блока, технологической и организационной структур гибких химико-технологических систем);</p>	<p>Оценка за тест по теоретическому материалу дисциплины (7 семестр)</p> <p>Оценка за <i>зачет</i> (7 семестр)</p>
<p>Раздел 2. Теоретические основы моделирования гибких химических производств модульного типа</p>	<p><i>Знает:</i> основные понятия и определения в области создания гибких автоматизированных производственных систем в химической технологии (понятия технологического и аппаратурного модуля, блока, технологической и организационной структур гибких химико-технологических систем); - модели основных и вспомогательных операций и стадий в аппаратурных модулях периодического действия;</p> <p><i>Умеет:</i> - проводить расчеты по моделированию типовых процессов в аппаратурных модулях периодического действия; - строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем при различных способах наработки продуктов ассортимента;</p> <p><i>Владеет:</i> навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем; - - навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза</p>	<p>Оценка за контрольную работу №1 (7 семестр). Оценка за лабораторную работу №1.</p> <p>Оценка за тест по теоретическому материалу дисциплины (7 семестр).</p> <p>Оценка за <i>зачет</i> (7 семестр)</p>

	<p>индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности</p>	
<p>Раздел 3. Математическое моделирование индивидуальных, совмещенных и гибких химических производств.</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия и определения в области создания гибких автоматизированных производственных систем в химической технологии (понятия технологического и аппаратурного модуля, блока, технологической и организационной структур гибких химико-технологических систем); - способы организации выпуска многоассортиментной химической продукции на оборудовании совмещенной и гибкой ХТС (последовательно, циклически, группами); - модели индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем с различными способами организации выпуска многоассортиментной продукции и модели размещения продуктов дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС; - основные методы и алгоритмы решения задач синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях; <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем при различных способах наработки продуктов ассортимента; - решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических 	<p>Оценка за лабораторные работы №2 и 3 (7 семестр).</p> <p>Оценка за тест по теоретическому материалу дисциплины (7 семестр).</p> <p>Оценка за <i>зачет</i> (7 семестр)</p>

	<p>систем в детерминированных условиях и размещения дополнительного ассортимента на оборудовании синтезированной или действующей ХТС;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем; - - навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности 	
<p>Раздел 4. Синтез индивидуальных и гибких химико-технологических систем в условиях полной определенности информации</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - способы организации выпуска многоассортиментной химической продукции на оборудовании совмещенной и гибкой ХТС (последовательно, циклически, группами); - модели индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем с различными способами организации выпуска многоассортиментной продукции и модели размещения продуктов дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС; - основные методы и алгоритмы решения задач синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях; - основные методы классификации ассортимента продукции на группы совместного выпуска на гибкой химико-технологической системе. 	<p>Оценка за контрольную работу №2 (7 семестр).</p> <p>Оценка за лабораторные работы №4 и 5 (7 семестр).</p> <p>Оценка за тест по теоретическому материалу дисциплины (7 семестр).</p> <p>Оценка за <i>зачет</i> (7 семестр)</p>

	<p><i>Умеет:</i></p> <p>строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем при различных способах наработки продуктов ассортимента;</p> <ul style="list-style-type: none"> - решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях и размещения дополнительного ассортимента на оборудовании синтезированной или действующей ХТС; - проводить классификацию продуктов ассортимента на возможные группы совместного выпуска с использованием теоретико-множественных и матричных методов. <p><i>Владеет:</i></p> <p>навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем;</p> <ul style="list-style-type: none"> - - навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности 	
--	--	--

<p>Раздел 5. Методы и алгоритмы решения задач моделирования и синтеза гибких химико-технологических систем</p>	<p><i>Знает:</i></p> <p>основные методы и алгоритмы решения задач синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях;</p> <p><i>Умеет:</i></p> <p>- решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях и размещения дополнительного ассортимента на оборудовании синтезированной или действующей ХТС;</p> <p><i>Владеет:</i></p> <p>- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности</p>	<p>Оценка за тест по теоретическому материалу дисциплины (7 семестр).</p> <p>Оценка за <i>зачет</i> (7 семестр)</p>
---	--	---

13. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением о порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Дополнения и изменения к рабочей программе дисциплины
«Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств»
основной образовательной программы высшего образования – программы
бакалавриата
по направлению подготовки
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»
Профиль «Основные процессы химических производств и химическая
кибернетика»
Форма обучения: очная

Номер изменения/ дополнения	Содержание дополнения/изменения	Основание внесения изменения/дополнения
1.		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.
		протокол заседания Ученого совета №_____от «___»_____20__г.