

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР  
Н.И. Никифорова  
« 04 » 2021 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов**  
(наименование дисциплины)

**18.04.01 «Химическая технология»**  
(код и наименование направления подготовки)

Профили подготовки: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»

Магистр  
квалификация

очно-заочная  
форма обучения

Нижнекамск, 2021 г.



Составитель ФОС:

доцент кафедры Нефтехимического синтеза  
(должность)



(подпись)

С.В. Вдовина  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,  
протокол от 24 марта 2021 г. № 8

Зав. кафедрой



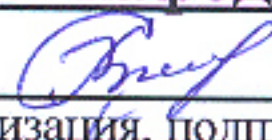
(подпись)

Т.Б. Минигалиев  
(Ф.И.О)

Эксперт:

Руководитель ООП

Вдовина С.В., доцент кафедры Нефтехимического синтеза НХТИ ФГБОУ  
ВО «КНИТУ»



Ф.И.О., должность, организация, подпись



***Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины***

**Компетенция:**

ПК-4 Способен строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, использовать пакеты прикладных программ при выполнении проектных работ.

**Индикаторы достижения компетенции:**

1.1 Знает методологию создания цифровых двойников технологических процессов с помощью математических моделей, комплексы программных продуктов позволяющих создавать цифровые двойники на практике, методы анализа и оптимизации цифровых двойников.

1.2 Умеет с помощью математических моделей создавать цифровые двойники реальных процессов для описания и прогнозирования различных явлений, умеет производить анализ и оптимизацию цифровых двойников, используя пакеты прикладных программ\*;

1.3 Владеет осмысленными навыками применения методов реализующих способность строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, методологией, которая позволяет осуществлять качественный и количественный анализ технологического процесса, навыками использования пакетов прикладных программ при выполнении работ.

<b><i>Индикаторы достижения компетенции</i></b>	<b><i>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</i></b>				<b><i>Наименование оценочного средства</i></b>
	<b><i>Лекции</i></b>	<b><i>Практические занятия, лабораторный практикум</i></b>	<b><i>Лабораторные занятия</i></b>	<b><i>Курсовой проект (работа)</i></b>	
ПК-4.1	<i>Темы 1-11</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1-13</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Лабораторные работы, коллоквиумы, контрольные работы, экзамены</i>
ПК-4.2	<i>Темы 1-11</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1-13</i>	<i>Не предусмотрены</i>	
ПК-4.3	<i>Темы 1-11</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1-13</i>	<i>Не предусмотрены</i>	



**Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
3 семестр			
Мероприятия текущего контроля			
Коллоквиумы	2	8	16
Лабораторные работы	2	10	20
ИТОГО		60	100
4 семестр			
Мероприятия текущего контроля			
Лабораторные работы	8	32	48
Коллоквиумы	2	4	12
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

**Критерии оценки курсового проекта:**

Оценивающие мероприятия	Баллы	
	min	max
<b>Мероприятия текущего контроля</b>		
Введение	7	15
Моделирование узла	12	20
Обработка экспериментальных данных	10	15
Заключение	7	10
Защита курсового проекта	24	40
ИТОГО	60	100



### *Шкала оценивания*

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.04.01 – Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»  
(наименование)

Семестр 2

**Перечень вопросов для экзамена**

по дисциплине Б1.В.04 «Моделирование и оптимизация  
нефтехимических процессов»

1. Дайте определение понятию «Оптимизация ХТП»
2. Перечислить неформальные или эвристические подходы к анализу проблемной ситуации в процессе решения задач оптимизации
3. Написать основное уравнение критерия оптимальности с разъяснением всех переменных
4. Оптимизация с целочисленными переменными
5. Дать определение понятию «Алгоритм»
6. Горизонтальная декомпозиция проблемы оптимизации
7. Дайте определение понятию «Оптимизация ХТП»
8. Вертикальная декомпозиция проблемы оптимизации
9. Этапы процесса постановки решения задач оптимизации
10. Оптимизация с целочисленными переменными
11. Главное назначение первого этапа процесса постановки решения задач оптимизации
12. Горизонтальная декомпозиция проблемы оптимизации
13. Объект оптимизации и критерий оптимальности
14. Перечислить неформальные или эвристические подходы к анализу проблемной ситуации в процессе решения задач оптимизации
15. Дать определение понятию «Алгоритм»

Набор утвержденных экзаменационных билетов хранится на кафедре. Каждый экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Максимальное количество баллов, которое студент может получить за экзамен – 40, из них за ответ на теоретический вопрос – 12 (в сумме за два теоретических вопроса 24 балла), за решение практической задачи – 16 баллов. Минимальное количество баллов за экзамен – 0 .



Экзамен	Мак 40 баллов
Критерии оценки устных ответов обучающихся	Баллы
<p><b>Демонстрирует полное понимание поставленного вопроса. Дает полный развернутый ответ на основной вопрос. Дает логически обоснованный и правильный ответ на дополнительный вопрос.</b></p> <p><b>Оценка «отлично»</b> выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал рекомендуемой литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.</p> <p><b>Знает:</b> методологию создания цифровых двойников технологических процессов с помощью математических моделей, комплексы программных продуктов позволяющих создавать цифровые двойники на практике, методы анализа и оптимизации цифровых двойников.</p> <p><b>Может:</b> с помощью математических моделей создавать цифровые двойники реальных процессов для описания и прогнозирования различных явлений, умеет производить анализ и оптимизацию цифровых двойников, используя пакеты прикладных программ.</p> <p><b>Способен:</b> строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять качественный и количественный анализ технологического процесса, навыками использования пакетов прикладных программ при выполнении работ.</p>	35-40 баллов
<p><b>Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Отвечает на дополнительный вопрос, но обосновать не может.</b></p> <p><b>Оценка «хорошо»</b> выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов.</p> <p><b>Знает:</b> основные принципы создания цифровых двойников технологических процессов с помощью математических моделей, методы анализа и оптимизации цифровых двойников.</p> <p><b>Может:</b> создавать цифровые двойники реальных процессов для описания и прогнозирования различных явлений, умеет производить оптимизацию цифровых двойников, используя пакеты прикладных программ.</p> <p><b>Способен:</b> строить математические модели для описания различных явлений, осуществлять качественный анализ технологического процесса, навыками использования пакетов прикладных программ при выполнении работ.</p>	30-34 балла
<p><b>Дает неполный ответ на основной вопрос. Не дает ответа на дополнительный вопрос.</b></p> <p><b>Оценка «удовлетворительно»</b> выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.</p> <p><b>Знает:</b> общие принципы создания цифровых двойников технологических процессов с помощью математических моделей.</p> <p><b>Может:</b> создавать цифровые двойники реальных процессов.</p> <p><b>Способен:</b> строить математические модели для описания различных явлений, пользоваться навыками использования пакетов прикладных программ при выполнении работ.</p>	24-29 баллов
<p>Нет ответа.</p> <p><b>Оценка «неудовлетворительно»</b> выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на вопросы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</p>	1-23 балла



### ***Общая классификация ошибок***

При оценке знаний и умений учащихся учитываются все ошибки (грубые и негрубые) и недочёты.

**Грубыми считаются ошибки:** незнание определения основных понятий, законов, правил, основных положений теории, незнание формул, общепринятых символов обозначений величин, единиц их измерения; незнание наименований единиц измерения; неумение выделить в ответе главное; неумение применять знания, алгоритмы для решения задач; неумение делать выводы и обобщения; неумение читать и составлять формулы и уравнения реакций; неумение пользоваться первоисточниками, учебником и справочниками; потеря корня или сохранение постороннего корня; отбрасывание без объяснений одного из них; равнозначные им ошибки; вычислительные ошибки, если они не являются опиской; логические ошибки.

**К негрубым ошибкам относятся:** неточность формулировок, определений, понятий, теорий, вызванная неполнотой охвата основных признаков определяемого понятия или заменой одного-двух из этих признаков второстепенными; неточность формулы соединения или уравнения реакции; нерациональный метод решения задачи или недостаточно продуманный план ответа (нарушение логики, подмена отдельных основных вопросов второстепенными); нерациональные методы работы со справочной и другой литературой; неумение решать задачи, выполнять задания в общем виде.

**Недочётами являются:** нерациональные приемы вычислений и преобразований; небрежное выполнение записей, схем процессов.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.04.01 –Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»  
(наименование)

Семестр 1,2

Учебным планом по направлению подготовки 18.04.01 –Химическая технология для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.04 Моделирование и оптимизация нефтехимических процессов.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий.

Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

### Комплект заданий для лабораторной работы

по дисциплине Б1.В.04 «Моделирование и оптимизация  
нефтехимических процессов»

#### Лабораторная работа № 1

«Решение задач «Симплекс-методом»

Найти оптимальный план выпуска различных видов продукции, если прибыль, полученная от реализации продукта П1 равна 2, от П2 – 3 условной единицы. Запасы и число единиц ресурсов, затраченных на изготовление одного вида продукции, заданы в таблице

Вид ресурса	Запас ресурса	Число единиц ресурсов, затраченных на изготовление одной единицы продукции	
		П1	П2
P1	18+n	1	3+2m
P2	16+m	2+n	1
P3	5+2m	0	1+m
P4	21-n	3+n	0

Вариант задачи выбирается по номерам групп и студентов: mn - двухзначный номер студента.

#### Лабораторная работа № 2

«Процесс постановки решения задач оптимизации»



По экспериментальным данным получить зависимость выходной величины от входной и проверить ее на адекватность.

y \ x	1	2	3	4	5	6
1	5	3	2.33	2	1.3	1.08
2	2.5	1.35	0.85	0.65	0.36	0.33
3	0.5	0.86	1.13	1.33	1.5	1.64
4	7.12	5.7	4.15	3.63	3.37	3.22
5	4	3.2	2.56	2.05	1.64	1.31
6	1	2.51	3.39	4.01	4.5	4.89
7	0.2	0.57	1.04	1.6	2.24	2.94
8	0.67	0.4	0.29	0.22	0.18	0.15
9	3.15	16.82	22.49	29.57	35.12	38.23
10	0.12	1	6.59	19.42	42.22	77.13
11	0.3	1.2	1.75	2.05	2.15	2.25
12	0.87	2	3.05	3.67	4.1	4.45
13	0.15	0.59	0.98	1.25	1.45	1.61
14	2	2.9	3.43	3.81	4.1	4.33
15	2.1	1.47	1.03	0.72	0.5	0.35

### Лабораторная работа № 3

#### «Математическая модель»

Через насадочный аппарат длиной  $L=10$  м, внутренним диаметром  $D=0.065$  м и коэффициентом заполнения насадкой  $G=0.7$  протекает жидкость с объемной скоростью  $f=1$  л/с. Получить математическую модель структуры гидродинамического потока в аппарате

На вход аппарата подается 250 грамм индикатора в виде -функции и на выходе аппарата замеряем его концентрацию, представляющую собой дифференциальную функцию распределения времени пребывания. Результаты эксперимента представлены в таблице.

t,с	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
1	5.4	0.3	0.1	4.3	0.5	0.1	6.5	1	0.1
2	14.4	2	0.8	12.2	2.8	0.5	16.5	4.9	1.1
3	21.7	2.9	2.6	19.3	6.8	1.8	23.6	10.6	3.6
4	25.8	8.7	5.5	24.2	11.3	3.9	26.8	16.1	7.2
5	27.1	12.6	9	26.6	15.5	6.8	26.7	20	11.3
6	26.1	16.1	12.5	27	18.9	9.9	24.5	22	14.9
7	23.8	18.9	15.6	25.9	21.2	13	21.3	22.3	17.6
8	20.9	20.9	17.8	23.8	22.2	15.6	17.7	21.2	19.1
9	17.4	22	19.1	21.3	22.3	17.6	14.3	19.3	19.5
10	14.7	22.4	19.5	18.5	21.6	18.9	11.2	16.9	19
12	9.5	21.2	18.2	13.2	18.5	19.4	6.6	11.9	16
14	5.8	18.5	15.2	8.9	14.6	17.9	3.6	7.7	12.1
16	3.4	15.2	12.6	5.8	10.8	15.2	1.9	4.6	8.4
18	1.9	11.9	8.4	3.6	7.7	12.1	1	2.7	5.4
20	1.1	8.9	5.7	2.2	5.2	9.1	0.5	1.5	3.4
22	0.6	6.5	3.8	1.3	3.4	6.6	0.2	0.8	2
24	0.3	4.6	2.4	0.8	2.2	4.7	0.1	0.4	1.2



26	0.2	3.3	1.5	0.5	1.4	3.2	0.2	0.6	
28	0.1	2.2	0.9	0.3	0.9	2.1	0.1	0.4	
30	21.7	1.5	0.5	0.2	0.5	1.4	0.2		
32	1	0.3	0.1	0.3	0.9	0.1			
34	0.7	0.2	0.2	0.6					
36	0.4	0.1	0.1	0.4					
38	0.3	0.2							
40	0.2	0.1							
42	0.1								

#### Лабораторная работа № 4

«Цифровой двойник материального потока. Расчет свойств компонентов и смеси»

**Задание 1.1** Определить температуру конденсации смеси при давлении 2 кгс/см<sup>2</sup>. Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 50 °С и избыточном давлении 2 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
н-Бутан	18,63
Изобутан	21,14
α-Бутилен	7,07
Транс-Бутилен	9,98
Цис-Бутилен	8,26
Дивинил	11,92
Бутадиен-1,2	3,84
Циклобутан	6,39
Бутин-1	9,14
Винилацетилен	3,63

**Задание 1.2** Определить давление смеси на линии насыщения при температуре 78 °С. Рассчитать долю пара, динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 145 °С и избыточном давлении 1,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
н-Пентан	1,12
Дивинил	2,18
н-Гексан	5,60
Ацетилен	7,41
Вода	8,00
Диметиловый эфир	6,42
Ацетон	31,20
ТМК	4,52
Этанол	23,10
Изопропанол	10,45



**Задание 1.3** Определить температуру конденсации смеси при давлении 4 кгс/см<sup>2</sup>. Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 110 °С и избыточном давлении 1 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
Пентен-1	2,31
2,3 - диметилбутен-1	4,15
Метилциклопентан	6,10
2,3-диметилпентан	9,25
3-этилпентан	26,70
2-метилгексан	2,62
Толуол	3,14
Вода	5,64
Транс-бутилен	30,40
Цис-бутилен	9,69

**Задание 1.4** Определить давление смеси на линии насыщения при температуре 84 °С. Рассчитать долю пара, динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 131 °С и избыточном давлении 4,15 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
Азот	0,12
Метан	1,46
2-метилгексан	41,00
2,4-диметилпентан	12,60
н-гептан	0,65
2,3 - диметилбутен-1	2,42
Циклогексан	8,17
Изобутилен	31,58
Этанол	0,15
Изопропанол	1,85

**Задание 1.5** Определить температуру конденсации смеси при давлении 3 кгс/см<sup>2</sup>. Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 60 °С и давлении 2,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
н-Бутан	2,65
Изобутан	5,41
α-Бутилен	1,31
Транс-Бутилен	0,14
Цис-Бутилен	0,79
Дивинил	9,57
Бутадиен-1,2	10,1
Циклобутан	34,52
Бутин-1	28,9
Винилацетилен	6,61



**Задание 1.6** Определить давление смеси на линии насыщения при температуре 90 °С. Рассчитать долю пара, динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 115 °С и избыточном давлении 1,8 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
н-Пентан	4,65
Дивинил	8,94
н-Гексан	15,7
Ацетилен	17,6
Вода	0,46
Диметиловый эфир	0,82
Ацетон	4,82
ТМК	21,21
Этанол	10,85
Изопропанол	14,95

**Задание 1.7** Определить температуру конденсации смеси при давлении 2,6 кгс/см<sup>2</sup>. Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 94 °С и избыточном давлении 1,9 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
Пентен-1	11,94
2,3 - диметилбутен-1	0,45
Метилциклопентан	0,91
2,3-диметилпентан	24,65
3-этилпентан	10,94
2-метилгексан	5,55
Толуол	6,42
Вода	7,81
Транс-бутилен	30,21
Цис-бутилен	1,12

**Задание 1.8** Определить давление смеси на линии насыщения при температуре 100 °С. Рассчитать долю пара, динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 112 °С и избыточном давлении 2,3 кгс/см<sup>2</sup>.

Наименование компонента	Масс. %
Азот	4,34
Метан	6,17
2-метилгексан	0,46
2,4-диметилпентан	10,64
н-гептан	24,51
2,3 - диметилбутен-1	0,47
Циклогексан	16,45
Изобутилен	20,86
Этанол	5,76
Изопропанол	10,34



## Лабораторная работа № 5

«Операция разделения. Сепаратор, 3-фазный сепаратор»

**Задание 2.1.1** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Пентан	1,12
Дивинил	2,18
н-Гексан	5,60
Ацетилен	7,41
Вода	8,00
Диметиловый эфир	6,42
Ацетон	31,20
ТМК	4,52
Этанол	23,10
Изопропанол	10,45
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

**Задание 2.1.2** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Бутан	18,63
Изобутан	21,14
α-Бутилен	7,07
Транс-Бутилен	9,98
Цис-Бутилен	8,26
Дивинил	6,92
Бутадиен-1,2	3,84
Циклобутан	6,39
Бутин-1	9,14
Винилацетилен	3,63
Вода	5,00
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000



**Задание 2.1.3** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Пентан	1,12
Дивинил	2,18
н-Гексан	5,60
Ацетилен	7,41
Вода	8,00
Диметиловый эфир	6,42
Ацетон	31,20
ТМК	4,52
Этанол	23,10
Изопропанол	10,45
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

**Задание 2.1.4** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Бутан	18,63
Изобутан	21,14
α-Бутилен	7,07
Транс-Бутилен	9,98
Цис-Бутилен	8,26
Дивинил	6,92
Бутадиен-1,2	3,84
Циклобутан	6,39
Бутин-1	9,14
Винилацетилен	3,63
Вода	5,00
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000



**Задание 2.1.5** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Пентан	1,12
Дивинил	2,18
н-Гексан	5,60
Ацетилен	7,41
Вода	8,00
Диметиловый эфир	6,42
Ацетон	31,20
ТМК	4,52
Этанол	23,10
Изопропанол	10,45
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

**Задание 2.1.6** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Бутан	18,63
Изобутан	21,14
α-Бутилен	7,07
Транс-Бутилен	9,98
Цис-Бутилен	8,26
Дивинил	6,92
Бутадиен-1,2	3,84
Циклобутан	6,39
Бутин-1	9,14
Винилацетилен	3,63
Вода	5,00
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000



**Задание 2.1.7** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.  
 Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Пентан	1,12
Дивинил	2,18
н-Гексан	5,60
Ацетилен	7,41
Вода	8,00
Диметиловый эфир	6,42
Ацетон	31,20
ТМК	4,52
Этанол	23,10
Изопропанол	10,45
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

**Задание 2.1.8** Разделить исходную сырьевую смесь в 3-х фазном сепараторе на паровую, легкую углеводородную и тяжелую углеводородную фазу. Определить состав и расходы потоков.  
 Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
н-Бутан	18,63
Изобутан	21,14
α-Бутилен	7,07
Транс-Бутилен	9,98
Цис-Бутилен	8,26
Дивинил	6,92
Бутадиен-1,2	3,84
Циклобутан	6,39
Бутин-1	9,14
Винилацетилен	3,63
Вода	5,00
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000



*Критерии оценки лабораторных работ в 3 семестре*

<i>Критерий оценки (за выполнение одной лабораторной работы)</i>	<i>Балл</i>
Лабораторная работа отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. При ответе на вопросы студент демонстрирует хорошую степень владения представленным материалом. Ответы формулируются аргументированно. Отсутствие ошибочных ответов.	<b>12</b>
Лабораторная работа отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. При ответе на вопросы студент дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Есть небольшой процент ошибочных ответов.	<b>10</b>
Лабораторная работа выполнена с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных. У студента отсутствует четкий ответ на поставленные вопросы.	<b>8</b>
Лабораторная работа не выполнена.	<b>0</b>

### Лабораторная работа № 6

«Операции разделения. Покомпонентный делитель»

**Задание 2.2.1** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_3 - C_4$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Пропан	3,0
n-Бутан	6,8
i-Бутан	1,5
n-Пентан	18,9
Циклогексан	22,0
2,3 – диметилбутан	16,2
Гептен-1	31,2
3,3-диметилпентан	0,4
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	6,0
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6400
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	6,0
- куб	6,2
Доля пара	
- верх	1
- куб	0



**Задание 2.2.2** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_2 - C_3$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Этан	28,6
Этилен	15,4
Пропан	14,1
i-Бутан	1,3
n-Пентан	4,5
Циклогексан	6,0
2,3 – диметилбутан	6,1
3,3-диметилпентан	24
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	14
Температура, °C	25
Масс. Расход, кг/ч	12000
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

**Задание 2.2.3** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_3 - C_4$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Пропан	3,0
n-Бутан	6,8
i-Бутан	1,5
n-Пентан	18,9
Циклогексан	22,0
2,3 – диметилбутан	16,2
Гептен-1	31,2
3,3-диметилпентан	0,4
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	6,0
Температура, °C	80
Масс. Расход, кг/ч	6400



**Задание 2.2.4** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_2 - C_3$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Этан	28,6
Этилен	15,4
Пропан	14,1
i-Бутан	1,3
n-Пентан	4,5
Циклогексан	6,0
2,3 – диметилбутан	6,1
3,3-диметилпентан	24
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	14
Температура, °C	25
Масс. Расход, кг/ч	12000
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

**Задание 2.2.5** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_3 - C_4$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Пропан	3,0
n-Бутан	6,8
i-Бутан	1,5
n-Пентан	18,9
Циклогексан	22,0
2,3 – диметилбутан	16,2
Гептен-1	31,2
3,3-диметилпентан	0,4
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	6,0
Температура, °C	80
Масс. Расход, кг/ч	6400
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	6,0
- куб	6,2
Доля пара	
- верх	1
- куб	0



**Задание 2.2.6** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_2 - C_3$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Этан	28,6
Этилен	15,4
Пропан	14,1
i-Бутан	1,3
n-Пентан	4,5
Циклогексан	6,0
2,3 – диметилбутан	6,1
3,3-диметилпентан	24
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	14
Температура, °C	25
Масс. Расход, кг/ч	12000
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

**Задание 2.2.7** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_3 - C_4$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Пропан	3,0
n-Бутан	6,8
i-Бутан	1,5
n-Пентан	18,9
Циклогексан	22,0
2,3 – диметилбутан	16,2
Гептен-1	31,2
3,3-диметилпентан	0,4
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	6,0
Температура, °C	80
Масс. Расход, кг/ч	6400
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	6,0
- куб	6,2
Доля пара	
- верх	1
- куб	0



**Задание 2.2.8** Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды  $C_2 - C_3$ .  
Определить состав и расходы потоков.

Параметры потока питания:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Этан	28,6
Этилен	15,4
Пропан	14,1
i-Бутан	1,3
n-Пентан	4,5
Циклогексан	6,0
2,3 – диметилбутан	6,1
3,3-диметилпентан	24
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	14
Температура, °C	25
Масс. Расход, кг/ч	12000
Параметры потоков	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

## Лабораторная работа № 7

«Гидравлический расчет трубопроводов. Смеситель / Ветвитель»  
технологических потоков.

**Задание 3.1.1** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,2:0,35:0,25:0,2

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
н-Пентан	1,12	н-Бутан	18,63
Дивинил	2,18	Изобутан	21,14
н-Гексан	5,60	α-Бутилен	7,07
Ацетилен	7,41	Транс-Бутилен	9,98
Вода	8,00	Цис-Бутилен	8,26
Диметиловый эфир	6,42	Дивинил	6,92
Ацетон	31,20	Бутадиен-1,2	3,84
ТМК	4,52	Циклобутан	6,39
Этанол	23,10	Бутин-1	9,14
Изопропанол	10,45	Винилацетилен	3,63
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	1,8	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,6
Температура, °С	50	Температура, °С	76
Масс. Расход, кг/ч	5600	Масс. Расход, кг/ч	4900



**Задание 3.1.2** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,4:0,12:0,28:0,2

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
Пентен-1	2,31	Азот	0,12
2,3 - диметилбутен-1	4,15	Метан	1,46
Метилциклопентан	6,10	2-метилгексан	41,00
2,3-диметилпентан	9,25	2,4-диметилпентан	12,60
3-этилпентан	26,70	н-гептан	0,65
2-метилгексан	2,62	2,3 - диметилбутен-1	2,42
Толуол	3,14	Циклогексан	8,17
Вода	5,64	Изобутилен	31,58
Транс-бутилен	30,40	Этанол	0,15
Цис-бутилен	9,69	Изопропанол	1,85
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,2	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,5
Температура, °С	80	Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	6300	Масс. Расход, кг/ч	7000

**Задание 3.1.3** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,55:0,15:0,1:0,2

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
н-Пентан	4,65	Пентен-1	11,94
Дивинил	8,94	2,3 - диметилбутен-1	0,45
н-Гексан	15,7	Метилциклопентан	0,91
Ацетилен	17,6	2,3-диметилпентан	24,65
Вода	0,46	3-этилпентан	10,94
Диметиловый эфир	0,82	2-метилгексан	5,55
Ацетон	4,82	Толуол	6,42
ТМК	21,21	Вода	7,81
Этанол	10,85	Транс-бутилен	30,21
Изопропанол	14,95	Цис-бутилен	1,12
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	1,2	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,0
Температура, °С	30	Температура, °С	52
Масс. Расход, кг/ч	3250	Масс. Расход, кг/ч	4350



**Задание 3.1.4** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,55:0,15:0,1:0,2

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
Азот	4,34	н-Пентан	4,65
Метан	6,17	Дивинил	8,94
2-метилгексан	0,46	н-Гексан	15,7
2,4-диметилпентан	10,64	Ацетилен	17,6
н-гептан	24,51	Вода	0,46
2,3 - диметилбутен-1	0,47	Диметиловый эфир	0,82
Циклогексан	16,45	Ацетон	4,82
Изобутилен	20,86	ТМК	21,21
Этанол	5,76	Этанол	10,85
Изопропанол	10,34	Изопропанол	14,95
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	1,8	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,4
Температура, °С	64	Температура, °С	61
Масс. Расход, кг/ч	5470	Масс. Расход, кг/ч	9430

**Задание 3.1.5** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,1:0,45:0,3:0,15

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
н-Пентан	1,12	н-Бутан	18,63
Дивинил	2,18	Изобутан	21,14
н-Гексан	5,60	α-Бутилен	7,07
Ацетилен	7,41	Транс-Бутилен	9,98
Вода	8,00	Цис-Бутилен	8,26
Диметиловый эфир	6,42	Дивинил	6,92
Ацетон	31,20	Бутадиен-1,2	3,84
ТМК	4,52	Циклобутан	6,39
Этанол	23,10	Бутин-1	9,14
Изопропанол	10,45	Винилацетилен	3,63
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	1,6	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,7
Температура, °С	80	Температура, °С	64
Масс. Расход, кг/ч	5800	Масс. Расход, кг/ч	7300



**Задание 3.1.6** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,3:0,12:0,38:0,2

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
Пентен-1	2,31	Азот	0,12
2,3 - диметилбутен-1	4,15	Метан	1,46
Метилциклопентан	6,10	2-метилгексан	41,00
2,3-диметилпентан	9,25	2,4-диметилпентан	12,60
3-этилпентан	26,70	н-гептан	0,65
2-метилгексан	2,62	2,3 - диметилбутен-1	2,42
Толуол	3,14	Циклогексан	8,17
Вода	5,64	Изобутилен	31,58
Транс-бутилен	30,40	Этанол	0,15
Цис-бутилен	9,69	Изопропанол	1,85
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	3,3	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,4
Температура, °С	86	Температура, °С	49
Масс. Расход, кг/ч	7900	Масс. Расход, кг/ч	2600

**Задание 3.1.7** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,42:0,2:0,18:0,2

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
н-Пентан	4,65	Пентен-1	11,94
Дивинил	8,94	2,3 - диметилбутен-1	0,45
н-Гексан	15,7	Метилциклопентан	0,91
Ацетилен	17,6	2,3-диметилпентан	24,65
Вода	0,46	3-этилпентан	10,94
Диметиловый эфир	0,82	2-метилгексан	5,55
Ацетон	4,82	Толуол	6,42
ТМК	21,21	Вода	7,81
Этанол	10,85	Транс-бутилен	30,21
Изопропанол	14,95	Цис-бутилен	1,12
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	1,6	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,0
Температура, °С	39	Температура, °С	72
Масс. Расход, кг/ч	6420	Масс. Расход, кг/ч	4940



**Задание 3.1.8** Составить схему смешения и разделения технологических потоков.

1. Используя операцию Смеситель, рассчитать параметры смеси двух потоков. Определить состав и расход выходного потока (Смеси).

2. Используя операцию Ветвитель, разделить имеющийся поток Смесь на четыре потока.

Соотношение массового расхода потоков 0,3:0,16:0,14:0,4

Параметры потоков:

Поток 1		Поток 2	
Состав, масс. %			
Азот	4,34	н-Пентан	4,65
Метан	6,17	Дивинил	8,94
2-метилгексан	0,46	н-Гексан	15,7
2,4-диметилпентан	10,64	Ацетилен	17,6
н-гептан	24,51	Вода	0,46
2,3 - диметилбутен-1	0,47	Диметиловый эфир	0,82
Циклогексан	16,45	Ацетон	4,82
Изобутилен	20,86	ТМК	21,21
Этанол	5,76	Этанол	10,85
Изопропанол	10,34	Изопропанол	14,95
Параметры			
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	1,4	Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	2,6
Температура, °С	73	Температура, °С	74
Масс. Расход, кг/ч	5540	Масс. Расход, кг/ч	9640

## Лабораторная работа № 8

«Гидравлический расчет трубопроводов. Операция клапан»

**Задание 3.2.1** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.1 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,1
Поток 2	0,2
Поток 3	0,15

**Задание 3.2.2** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.2 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	1,1
Поток 2	0,8
Поток 3	0,65



**Задание 3.2.3** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.3 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,05
Поток 2	0,16
Поток 3	0,2

**Задание 3.2.4** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.4 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,4
Поток 2	0,24
Поток 3	0,63

**Задание 3.2.5** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана. Используя схему задания 3.1.5 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,09
Поток 2	0,11
Поток 3	0,47

**Задание 3.2.6** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.6 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,16
Поток 2	0,79
Поток 3	0,38

**Задание 3.2.7** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.7 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,5
Поток 2	0,43
Поток 3	0,16

**Задание 3.2.8** Используя операцию Клапан, рассчитать давление потока на выходе из клапана.

Используя схему задания 3.1.8 рассчитать давление трех выходящих потоков с учетом сопротивления клапана:

	Сопротивление, кгс/см <sup>2</sup>
Поток 1	0,14
Поток 2	0,29
Поток 3	0,37



## Лабораторная работа № 9

«Цифровой двойник аппарата: теплообменное оборудование. Холодильник / Нагреватель»

**Задание 4.1** Сырьевой поток поступая в блок подогрева, проходит через два нагревателя. Температура сырья после первого нагревателя составит  $105^{\circ}\text{C}$ . Известна энергетическая нагрузка на второй нагреватель (26 кВт). Сопротивление не учитывать. Определить энергетическую нагрузку на первый аппарат и температуру потока на выходе из второго аппарата.

Характеристика входного потока:

Состав	
Наименование компонента	Масс. %
Этан	28,6
Этилен	15,4
Пропан	14,1
i-Бутан	1,3
n-Пентан	4,5
Циклогексан	6,0
2,3 – диметилбутан	6,1
3,3-диметилпентан	24
Параметры	
Давление, кгс/см <sup>2</sup> (изб.)	14
Температура, $^{\circ}\text{C}$	25
Масс. Расход, кг/ч	12000

## Лабораторная работа № 10

«Цифровой двойник аппарата: теплообменное оборудование. Теплообменник»

**Задание 4.2** Рассчитать теплообменный аппарат.

Смесь углеводородов охлаждается в двух последовательно расположенных теплообменных аппаратах. В первом аппарате смесь охлаждается с  $80^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$ . Во втором с  $50^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$

Определить расход хладагента необходимого для охлаждения смеси углеводородов.

Исходные данные для расчета:

Пространство аппарата	Межтрубное	Трубное
Состав, % масс.:	Вода оборотная	Углеводороды
Вода	100	-
Пропан	-	3,0
n-Бутан	-	6,8
Изобутан	-	1,5
n-Пентан	-	18,9
Циклогексан	-	22,0
2,3-диметилбутан	-	16,2
Гептен-1	-	31,2
3,3-диметилпентан	-	0,4
Параметры:		
Расход, кг/ч	-	6400
Начальная температура, $^{\circ}\text{C}$	25	80/50
Конечная температура, $^{\circ}\text{C}$	40	50/30
Рабочее давление, МПа (изб)	0,6	0,6



### Лабораторная работа № 11

«Цифровой двойник аппарата: ректификационная колонна»

**Задание 5.** Составить схему выделения изопрена из  $C_5$  – пиролизной фракции.

Характеристика колонного оборудования:

Параметры	К-1	К-2	К-3
Диаметр	2000 мм	4500 мм	3600 мм
Высота общая	31980 мм	89520 мм	81240 мм
Расчетное давление верха	0,5 МПа (5,0 кгс/см <sup>2</sup> )	0,6 МПа (6,0 кгс/см <sup>2</sup> )	0,9 МПа (9,0 кгс/см <sup>2</sup> )
Расчетное давление куба	0,55 МПа (5,5 кгс/см <sup>2</sup> )	0,65 МПа (6,5 кгс/см <sup>2</sup> )	0,95 МПа (9,5 кгс/см <sup>2</sup> )
Расчетная температура верха	74 <sup>0</sup> С	74 <sup>0</sup> С	85 <sup>0</sup> С
Расчетная температура куба	157 <sup>0</sup> С	105 <sup>0</sup> С	107 <sup>0</sup> С
Число тарелок	40	157	153
Расстояние между тарелками	450мм	450мм	400мм
Тип тарелок	Колпачковые, однопоточные	Клапанные, двухпоточные	Клапанные, двухпоточные
Тарелка питания	28	44	84
Давление, кгс/см <sup>2</sup> , абс. - конденсатора - кипятильника	5 5,5	6 6,5	9 9,5
Спецификации:	1. Расход дистиллята 2700 кг/ч 2. Доля ДЦПД в дистилляте 0,001	1. Расход куб. продукта 1000 кг/ч 2. Доля Пиперилена в дистилляте 0,001	1. Флегмовое число 1  2. Доля изопрена в кубе 0,4

#### Критерии оценки лабораторных работ в 4 семестре

Критерий оценки (за выполнение одной лабораторной работы)	Балл
Лабораторная работа отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. При ответе на вопросы студент демонстрирует хорошую степень владения представленным материалом. Ответы формулируются аргументированно. Отсутствие ошибочных ответов.	6
Лабораторная работа отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. При ответе на вопросы студент дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Есть небольшой процент ошибочных ответов.	5
Лабораторная работа выполнена с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных. У студента отсутствует четкий ответ на поставленные вопросы.	4
Лабораторная работа не выполнена.	0



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет технологический  
Кафедра НХС

Направление подготовки/специальность: 18.04.01 – Химическая технология  
(код и наименование)

Профиль/специализация: «Процессы и технологии глубокой переработки нефти»  
(наименование)

Семестр 1,2

**Комплект заданий для коллоквиумов**  
по дисциплине «Моделирование и оптимизация  
нефтехимических процессов»

**Коллоквиум № 1**  
**«Процесс постановки решения задач оптимизации»**

1. Общая постановка задачи оптимизации и основные определения. Математическая модель. Безусловный и условный экстремумы.
2. Аналитический метод нахождения экстремума функции нескольких переменных. Использование электронных таблиц для решения задач оптимизации: поиск максимума и минимума.
3. Принципы построения численных методов поиска условного экстремума.
4. Методы поиска экстремума функции
5. Методы оптимизации ХТП. Задачи линейного программирования. Симплекс-метод
6. Методы оптимизации ХТП. Аналитические методы
7. Модели химических реакторов. РИС
8. Модели химических реакторов. РИВ
9. Практическое приложение теории расписаний в оптимизации технологических процессов. Пример создания цифрового двойника реального ХТП с использованием программной среды HYSYS.
10. Динамическое программирование. Общая постановка задачи ДП

**Коллоквиум № 2**  
**«Математическая модель»**

1. Аналитические модели
2. Математическое программирование
3. Градиентные модели
4. Автоматические с самонастраивающимися моделями
5. Статистические модели



Максимальное количество баллов за выполнение 1 и 2 коллоквиумов (3 семестр) студент получает по 20 баллов, минимальное количество баллов – 0 .

<i>Критерий оценки</i>	<i>Балл</i>
Отчет отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. Отсутствие ошибочных ответов.	<b>20</b>
Отчет отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. Есть небольшой процент ошибочных ответов.	<b>16</b>
Отчет выполнен с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных.	<b>12</b>
Не выполнено.	<b>0</b>

### **Коллоквиум № 3** «Методы моделирования»

1. Имитационное моделирование;
2. Классификация СИМ;
3. Методы имитационного моделирования;
4. Экспертное моделирование;
5. Структура и классификация ЭС;
6. Ситуационное моделирование.

### **Коллоквиум № 4**

«Методы планирования эксперимента в химии и химической технологии»

1. Создание цифровых двойников ХТП
2. Понятие компьютерного моделирования. Моделирование в программной среде HYSYS
3. Описание ХТП с применением ДУЧП
4. Дифференциальные уравнения в частных производных
5. Дифференциальные уравнения в частных производных: классификация, граничные условия
6. Разностный метод решения ДУЧП
7. Решение уравнений первого порядка
8. Решение эллиптического уравнения
9. Решение гиперболического уравнения
10. Решение параболического уравнения

Максимальное количество баллов за выполнение 3 и 4 коллоквиумов (4 семестр) студент получает по 6 баллов, минимальное количество баллов – 0 .

<i>Критерий оценки</i>	<i>Балл</i>
Отчет отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. Отсутствие ошибочных ответов.	<b>6</b>
Отчет отличается последовательностью, правильностью полученных результатов, выводов. Есть небольшой процент ошибочных ответов.	<b>4</b>



Отчет выполнен с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных.	<b>2</b>
Не выполнено.	<b>0</b>