

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



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР
Н.И. Никифорова
_____ 2023 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Б1.В.04 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов

Направление подготовки:

18.04.01 «Химическая технология»

Программа подготовки:

«Разработка и создание высокотехнологичных химических производств»

Квалификация:

Магистр

Форма обучения:

Очная, очно-заочная

Нижнекамск 2023

Составитель ФОС:

доцент
(должность)


(подпись)

Т.Б. Минигалиев
(Ф.И.О)


ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры НХС, протокол от
12 апреля 2023 г. № 08

Зав. кафедрой


(подпись)

Р.З. Агзамов
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель программы магистратуры, разработчик учебного плана
Вдовина С.В., доцент кафедры Нефтехимического синтеза НХТИ ФГБОУ ВО
«КНИТУ» 

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

Индекс Компетенции	Содержание компетенции	Этапы формирования компетенции				Наименование оценочного средства
		Лекции	Практические занятия, лабораторный практикум	Лабораторные занятия	Курсовая работа	
ПК-4	способностью организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей	Не предусмотрены	Не предусмотрены	Тема 1 - 6	Тема 1 - 8	III семестр: лабораторные работы № 1-3, экзамен IV семестр: лабораторные работы № 4-6, экзамен, курсовая работа
ПК-4	способностью строить и использовать математические модели для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, способность использовать пакеты прикладных программ при выполнении проектных задач	Не предусмотрены	Не предусмотрены	Тема 1 - 6	Тема 1 - 8	III семестр: лабораторные работы № 1-3, экзамен IV семестр: лабораторные работы № 4-6, экзамен, курсовая работа
ПК-4	способностью проводить технологические и технические расчеты по проектам, технико-экономический и функционально-стоимостный анализ эффективности проекта	Не предусмотрены	Не предусмотрены	Тема 1 - 6	Тема 1 - 8	III семестр: лабораторные работы № 1-3, экзамен IV семестр: лабораторные работы № 4-6, экзамен, курсовая работа
ПК-4	способностью разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию, а также предложения и мероприятия по реализации разработанных проектов и программ	Не предусмотрены	Не предусмотрены	Тема 1 - 6	Тема 1 - 8	III семестр: лабораторные работы № 1-3, экзамен IV семестр: лабораторные работы № 4-6, экзамен, курсовая работа

Перечень оценочных средств по дисциплине

Оценивающие мероприятия	Кол-во	Баллы	
		min	max
3 семестр			
Оценочные средства			
Лабораторные работы	3	60	100
ИТОГО		60	100
4 семестр			
Оценочные средства			
Лабораторные работы	3	36	60
Экзамен	1	24	40
ИТОГО		60	100

Критерии оценки курсовой работы:

Оценочные средства	Баллы	
	min	max
Мероприятия текущего контроля		
Введение	7	15
Моделирование узла	12	20
Обработка экспериментальных данных	10	15
Заключение	7	10
Защита курсовой работы	24	40
ИТОГО	60	100

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

ПК-4.1 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

ПК-4.2 Умеет с помощью математических моделей создавать цифровые двойники реальных процессов для описания и прогнозирования различных явлений, производить их анализ и оптимизацию, используя пакеты прикладных программ

ПК-4.3 Владеет осмысленными навыками применения методов реализующих способность 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	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины (указать все темы из РПД)				Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические Занятия, лабораторный практикум	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
ПК-4.1	Тема 1-7	Тема 1-7	Тема 1-7	Не предусмотрены	Контрольная работа
ПК-4.2	Тема 1-7	Тема 1-7	Тема 1-7	Не предусмотрены	Контрольная работа
ПК-4.3	Тема 1-7	Тема 1-7	Тема 1-7	Не предусмотрены	Контрольная работа

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	
				Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на

			предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.
--	--	--	--	---

Краткая характеристика оценочных средства

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	2	3	4
1.	Лабораторная работа	<p>Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта.</p> <p>Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования</p>	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы, вопросы к коллоквиуму
2.	Контрольная работа	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.	Тематика контрольной работы
3.	Курсовой проект	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.	Тематика курсового проекта

III семестр

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Технологический факультет
Кафедра Химической технологии органических веществ
Перечень вопросов для экзамена
по дисциплине Б1.В.06 «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. Схема решения задач оптимизации ХТП по методу горизонтальной декомпозиции
7. Дать определение понятию «Математическая модель»
8. Схема решения задач оптимизации ХТП по методу вертикальной декомпозиции
9. Этапы постановки решения задач оптимизации
10. Оптимизация с целочисленными переменными
11. Главное назначение первого этапа постановки решения задач оптимизации
12. Основные признаки алгоритма
13. Объект оптимизации и критерий оптимальности
14. Порядок выполнения численных расчетов в процессе решения задач оптимизации
15. Характеристика переменных. Типы переменных
16. Возможные варианты результатов анализа индексной строки симплекс-таблицы
17. Дать определение понятию «Симплекс»
18. Этапы постановки решения задач оптимизации
19. Основные признаки алгоритма
20. Записать общий вид целевой функции и множества допустимых альтернатив ($\Delta\beta$) для задач, решаемых симплекс-методом

Критерии оценки:

Для очно-заочной формы обучения:

Оценка «отлично» или 36-40 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют об уверенных знаниях и умении студента.

Оценка «хорошо» 32-35 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о достаточных знаниях и умении студента.

Оценка «удовлетворительно» 25-31 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о недостаточных знаниях и ограниченном умении студента.

Оценка «неудовлетворительно» 0-24 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о слабых знаниях и неумении студента.

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 химической технологии органических веществ

Учебным планом по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.06 «Моделирование и оптимизация нефтехимических процессов».

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованной лаборатории 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.

Лабораторная работа № 1

«Материальные потоки. Расчет свойств компонентов и смеси»

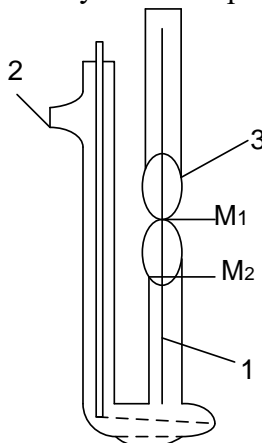
Цель работы: Изучить материальные потоки, определить свойства компонентов

Реактивы: н-Бутан, изобутан, α-бутилен, транс-бутилен, цис-бутилен, дивинил, бутадие-н-1,2, циклобутан, бутин-1, винилацетилен

Ход работы: Вязкость - одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой.

Сущность определения кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определенного объема жидкости через капилляр вискозиметра под действием собственной силы тяжести. Для определения кинематической вязкости при положительных и отрицательных температурах используют вискозиметр капиллярного типа ВПЖ-2 (ГОСТ 10028-81).

Вискозиметр ВПЖ-2 (рис. 1) представляет собой стеклянную U-образную трубку, в одно колено которой впаян капилляр, переходящий в два расширения. Между расширениями имеется метка M_1 , а внизу нижнего расширения - метка M_2 .



1 - капилляр вискозиметра, 2 - отводная трубка, 3 - расширение вискозиметра

Рисунок 1 - Вискозиметр ВПЖ-2

В верхней части второго колена есть небольшой отвод, на который надевается резиновая трубка при заполнении вискозиметра исследуемой жидкостью. В нижней части оба колена соединяются с помощью расширения, служащего резервуаром для стока испытуемой жидкости.

Вискозиметры выпускают с капиллярами различного диаметра. На расширениях вискозиметра указывают тип стекла, дату изготовления и диаметр капилляра. Каждый вискозиметр снабжен выпускным аттестатом, в котором указывается постоянная вискозиметра.

Для поддержания заданной температуры продукта при определении вязкости применяют термостат или термостатирующие устройства. В зависимости от температуры, при которой определяется кинематическая вязкость, термостат заполняют водой от 0 °С до 90 °С. Для нагрева жидкостей используют нагревательные приборы, для охлаждения применяют лед.

Для определения кинематической вязкости испытуемого продукта подбирают вискозиметр с таким расчетом, чтобы время истечения через капилляр было не менее 200 с. Делается это следующим образом. Зная вязкость в сантистоксах ($1\text{сст} = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) продукта по техническим условиям при температуре определения, делят ее на 200 и получают постоянную вискозиметра, по которой и подбирают вискозиметр с нужным диаметром капилляра.

Перед определением вязкости вискозиметр сначала тщательно промывают авиационным бензином, дистиллированной водой или спиртом этиловым ректификованным. Затем просушивают в сушильном шкафу и продувают чистым теплым воздухом. При сильном загрязнении вискозиметр промывают хромовой смесью.

В термостате устанавливают необходимую температуру, которую поддерживают во время определения с точностью до 0,1 °С. Температуру определяют с помощью лабораторного термометра, устанавливаемого таким образом, чтобы его ртутный шарик находился на уровне середины капилляра вискозиметра.

В чистый и сухой вискозиметр пипеткой вносят 15 мл раствор. Вискозиметр помещают в термостат на 15 минут с температурой в строго вертикальном положении так, чтобы над уровнем воды возвышались только кран и боковые трубки. После термостатирования засасывают раствор в трубку выше верхней метки и измеряют по секундомеру время истечения вещества между верхней и нижней метками.

Измерение времени истечения повторяют несколько раз. Расхождение между результатами параллельных измерений не должно превышать 0,2 сек.

Кинематическая вязкость определяется следующим образом:

$$V = \frac{g}{9,807} \cdot T \cdot K,$$

где V- кинематическая вязкость жидкости, мм²/с

T - время истечения жидкости, с

g - ускорение свободного падения, м²/с

K - постоянная вискозиметра (K=0,03080 мм²/с²)

В конце работы сделать выводы.

Контрольные вопросы:

Используя программный пакет Unisim Design выполните задание:

1) Определить температуру конденсации смеси при давлении 2 кгс/см². Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 50 °С и избыточном давлении 2 кгс/см².

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

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/см².

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

3) Определить температуру конденсации смеси при давлении 4 кгс/см². Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 110 °С и избыточном давлении 1 кгс/см².

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

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/см².

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

5) Определить температуру конденсации смеси при давлении 3 кгс/см². Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 60 °С и давлении 2,5 кгс/см².

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

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/см².

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

7) Определить температуру конденсации смеси при давлении 2,6 кгс/см². Рассчитать динамическую вязкость, массовые плотность, теплопроводность и теплоемкость продукта при температуре 94 °С и избыточном давлении 1,9 кгс/см².

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

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/см².

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 № 2

«Операции разделения. Сепаратор, 3-фазный сепаратор»

Цель: уметь определять тип смеси и практически осуществлять разделение однородной и неоднородной смеси.

Оборудование: фильтровальная бумага, спиртовка, фарфоровая чашечка, магнит, стакан, стеклянная палочка, штатив, воронка.

Вещества: песок, железные опилки, соль, вода, древесные опилки.

Ход работы:

Часть 1. Отстаивание. (разделение гетерогенных смесей).

Растворите смесь песка и древесных опилок в воде, для этого, песок и древесные опилки перенесите в стакан с водой и размешайте стеклянной палочкой.

Разделите получившуюся смесь. Метод отстаивания основан на различной плотности веществ или различной степени смачиваемости. Отстаивание происходит под действием силы тяжести: наиболее тяжелые частицы оседают на дно за определенный период времени. Не требует сложной аппаратуры и дополнительных энергозатрат.

Аккуратно снимите с поверхности воды, всплывшие опилки.

Проанализируйте опыт. Сделайте вывод.

Часть 2. Фильтрация. (разделение гетерогенных смесей)

Растворите песок в воде. Для этого песок перенесите в стакан с водой и размешайте стеклянной палочкой.

Разделите получившуюся смесь фильтрованием. Для этого:

А) приготовьте бумажный фильтр, вложите его в воронку и смочите водой, используя стеклянную палочку.

Б) Проведите фильтрацию. Помните, что жидкости надо наливать в воронку столько, чтобы она не доходила до краев 0,5 см, иначе смесь может протекать между фильтром и стенками воронки, не очищаясь от примесей.

3. Проанализируйте опыт. Сделайте вывод.

Часть 3. Действие магнитом. (разделение гетерогенных смесей).

На один листочек бумаги насыпьте приблизительно 1 см³ порошкообразной серы, а на другой – столько же порошкообразного железа.

Отметьте цвет этих веществ. Половину порошка серы и железа насыпьте в отдельные пробирки с водой и наблюдайте за тем, что происходит.

Возьмите вторую половину серы и железа. Проверьте на этих порошках действие магнита.

Приготовьте смесь из порошков железа и серы. Затем оставшуюся смесь, всыпьте в стакан с водой. Что наблюдаете?

Проанализируйте опыт и сделайте вывод.

Оформите общий вывод.

Контрольные вопросы:

Используя программный пакет Unisim Design выполните задание:

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 ² (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

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 ² (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000

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 ² (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

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 ² (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000

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 ² (изб.)	2,2
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6300

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 ² (изб.)	3,5
Температура, °С	44
Масс. Расход, кг/ч	7000

Лабораторная работа № 3

«Операции разделения. Покомпонентный делитель»

Цель работы.

Разделить смесь на компоненты. Найти температуру и состав сырья, при котором выход газообразных продуктов максимален.

Приборы.

Установка (рис. 1) включает в себя следующие приборы:

- 1 – делительная воронка (питание реактора),
- 2 – термопара,
- 3 – электропечь для обогрева ректора,
- 4 – холодильник,
- 5 – приемник,
- 6 – газосчетчик,
- 7 – прибор показания температуры,
- 8 – регулятор температуры (ЛАТР),
- 9 – реактор.

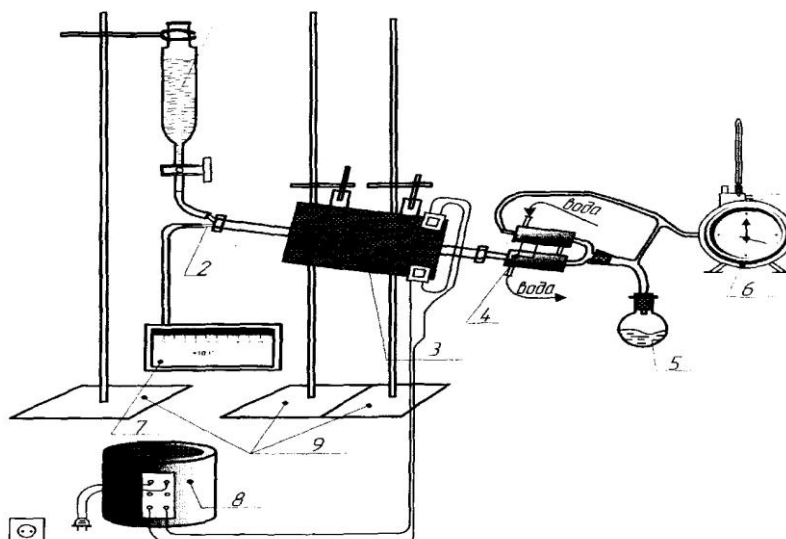


Рисунок 1 – Установка пиролиза углеводородов.

Реактивы.

В качестве сырья используем 3-х компонентную смесь: гексан, бензол, изопрен.

Выполнение работы.

Пиролиз углеводородного сырья ведется на установке (рис. 1) при различных температурах и составе сырья.

Перед началом опыта проверяют правильность сборки, надежность и герметичность всех соединений установки. Включают электропечь 3 для обогрева реактора. После того как температура в реакторе достигнет заданной температуры, в холодильник 4 подают воду. Заданную температуру в реакторе поддерживают с помощью терморегулятора 8.

Приготовленную смесь углеводородов подают в дозатор 1. Момент подачи сырья в реакционную зону принимают за начало опыта. Все эксперименты необходимо проводить при постоянной объемной скорости подачи углеводородного сырья (время истечения сырья 30-35 мин).

По окончании опыта фиксируют объем газов прошедших через газовые часы 6 и массу жидкой фазы. Составляют материальный баланс процесса, рассчитывают выход газообразных продуктов пиролиза. Сравнивают значения выхода газообразных продуктов, наихудший результат отбрасывают и рассчитывают новый состав смеси углеводородов. Эксперименты проводят пока не будет достигнуто предельное значение выхода газообразных продуктов, после ухудшения показателя процесса работу прекращают.

Оформление результатов

Составляют материальный баланс процесса пиролиза:

1. Рассчитывают массу поданного сырья

$$m_{см} = V_{см} \cdot \rho_{см},$$

где $V_{см}$, $\rho_{см}$ - объем (мл) и плотность (г/мл) углеводородной смеси. Плотность смеси рассчитывают по формуле

$$\rho_{смеси} = x_1 \cdot \rho_1 + x_2 \cdot \rho_2 + x_3 \cdot \rho_3,$$

x_1 , x_2 , x_3 - объемные проценты соответственно гексана, изопрена, бензола, %об;
 ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 - плотности соответственно гексана, изопрена, бензола, г/мл.

2. Рассчитывают массу газообразных продуктов пиролиза, условно считая, что в основном они содержат этилен

$$m_{газ} = \frac{V}{V_{н.у.}} \cdot M_{эт}$$

где V - объем газообразных продуктов по газосчетчику, л; $V_{н.у.}$ - молярный объем газа при нормальных условиях; $V_{н.у.} = 22,4$ л/моль; $M_{эт}$ - молярная масса этилена, $M_{эт} = 28$ г/моль.

3. Массу жидких продуктов находят по разности масс сухого приемника и приемника с жидкой фракцией.

4. Рассчитывают массу кокса, отложенного внутри реактора

$$m_{кокс} = m_{см} - m_{газ} - m_{жид}$$

Результаты заносят в таблицу 1.

Таблица 1. - Материальный баланс процесса пиролиза

Приход, г		Расход, г	
1. Углеродное сырье в том числе гексан изопрен бензол		1. Жидкие продукты пиролиза 2. Газообразные продукты пиролиза 3. Кокс	

Рассчитывают выход газообразных продуктов: $\eta = \frac{m_2}{m_{cv.}} \cdot 100\%$

Контрольные вопросы:

Используя программный пакет Unisim Design выполните задание:

1) Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды C₃ – C₄. 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 ² (изб.)	6,0
Температура, °C	80
Масс. Расход, кг/ч	6400
Параметры потоков	
Давление, кгс/см ² (изб.)	
- верх	6,0
- куб	6,2
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

2) Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды C₂ – C₃. 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 ² (изб.)	14
Температура, °C	25
Масс. Расход, кг/ч	12000
Параметры потоков	
Давление, кгс/см ² (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

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 ² (изб.)	6,0
Температура, °C	80
Масс. Расход, кг/ч	6400

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 ² (изб.)	14
Температура, °C	25
Масс. Расход, кг/ч	12000

Параметры потоков	
Давление, кгс/см ² (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

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 ² (изб.)	6,0
Температура, °С	80
Масс. Расход, кг/ч	6400
Параметры потоков	
Давление, кгс/см ² (изб.)	
- верх	6,0
- куб	6,2
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

б) Из исходной смеси углеводородов полностью отделить углеводороды C₂ – C₃. 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 ² (изб.)	14
Температура, °С	25
Масс. Расход, кг/ч	12000
Параметры потоков	
Давление, кгс/см ² (изб.)	
- верх	20
- куб	21
Доля пара	
- верх	1
- куб	0

Критерии оценки лабораторных работ

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине Б1.В.06 «Моделирование и оптимизация нефтехимических процессов» в 3 семестре студент должен выполнить следующие виды работ:

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	2	4
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	2	4
Выполнение необходимого эксперимента	2	4
Обработка результатов исследования, построение графиков	3	4

Анализ результатов исследования и вывод по работе	3	4
ИТОГО :	12	20

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 12 баллов, максимум в 20 баллов. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству.

IV семестр

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
Технологический факультет
Кафедра химической технологии органических веществ
Перечень вопросов для экзамена
по дисциплине Б1.В.06 «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»

Критерии оценки:

Оценка «отлично» или 36-40 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют об уверенных знаниях и умении студента.

Оценка «хорошо» 32-35 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о достаточных знаниях и умении студента.

Оценка «удовлетворительно» 24-31 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о недостаточных знаниях и ограниченном умении студента.

Оценка «неудовлетворительно» 0-23 баллов - ответы на вопросы свидетельствуют о слабых знаниях и неумении студента.

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 химической технологии органических веществ

Учебным планом по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.06 «Моделирование и оптимизация нефтехимических процессов».

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованной лаборатории 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.

Лабораторная работа № 4

«Оптимизация технологической схемы парофазной дегидратации метилфенилкарбинола»

В промышленности стирол может быть получен при дегидратации метилфенилкарбинола, образующемся в стирольном варианте Халкон-процесса.

Цель работы.

Получить стирол дегидратацией МФК, определить выход, конверсию процесса, оптимальные параметры.

Реактивы.

Метилфенилкарбинол, катализатор $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Оборудование.

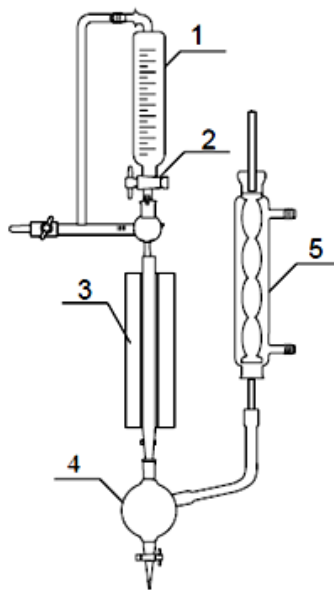


Рисунок 1 – Схема установки дегидратации МФК

1-пусковая бюретка; 2-трехходовой кран; 3-реактор с нагревательной печью; 4-приемник; 5-обратный холодильник.

Проведение опыта.

Реактором служит стальная или медная трубка объемом 100 мл (можно для этой цели брать стеклянную трубку). Реактор заполняют окисью алюминия (в форме цилиндриков или шариков), помещают в нагревательную электропечь и собирают всю установку (рис.1). Печь может быть наклонной или вертикальной. Катализатор поддерживается при помощи небольшого слоя стеклянной ваты. Температуру замеряют термопарой, которую помещают внутрь трубки или между стенками трубки и печи.

Если катализатор свежий, то перед дегидратацией его сушат при температуре 330-350°C до тех пор, пока не прекратится выделение паров воды, которые конденсируются, вода собирается в приемнике.

В бюретку наливают нужное количество спирта (какого и какое количество – задается преподавателем) и при температуре 250-320° пропускают его через реактор с объемной скоростью 1 - 1,5 ч⁻¹ (т.е. 1- 1,5 л жидкого спирта на 1 л катализатора в 1 ч), что при объеме катализатора 100 см³ соответствует пропусканию 100 – 150 см³ спирта в 1 ч (15 – 20 капель в минуту).

Спирт при входе в реактор быстро испаряется, дегидратация происходит в паровой фазе. Образующиеся олефин и вода, а также остатки неразложенного спирта поступают в приемник с обратным холодильником. Вода и неразложенный спирт конденсируются в холодильнике и стекают в приемник. Олефин охлаждается в холодильнике и поступает через счетчик пузырьков, реометр и осушитель в реактор сернокислотной гидратации.

Включают электрообогрев печи 3 и доводят температуру в реакторе до 550-600°C и устанавливают расход ИПБ в реакторе порядка 1 мл/мин.

По окончании опыта отключают обогрев печи. Полученный катализат из приемника 4 сливают в предварительно взвешенную колбочку с притертой пробкой и снова взвешивают. Разность весов дает количество полученного катализата (в.ч.).

Методика проведения анализа продуктов

Исследование проводят на хроматографе «КристалЛюкс-4000М», в котором реализованы функции автоматического регулирования температуры термостатов, расходов и давления газа-носителя, автоматического поджига детекторов, контроль горения пламени в процессе работы, измерения сигналов детекторов. Параметры хроматографа приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры хроматографа «КристалЛюкс-4000М»

Наименование показателя	Значение
Длина стеклянной колонки, м	100
Внешний диаметр колонки, мм	0,95
Температура детектора, °C	300
Температура испарителя, °C	300
Расход газа-носителя, см ³ /мин.	85
Расход воздуха, см ³ /мин.	450
Расход водорода, см ³ /мин.	85
Объем вводимой в испаритель пробы, мл.	0,1
Режим хроматографирования колонок	
Начальная температура, °C	50
Время удерживания, мин.	5
Скорость нагрева, °C/мин.	1
Конечная температура, °C	105
Давление колонки, атм.	1,20

Для количественной идентификации хроматограмм используется метод внутренней нормализации, который основан на определении соотношений между концентрациями компонентов смеси. Расчет состоит в приведении к 100 % суммы произведений площадей пиков Q на поправочные (градуировочные) коэффициенты K, чувствительности детектора к данному компоненту:

$$C_i = K_i Q_i \cdot 100 / \sum_{i=1}^n (K_i Q_i)$$

В зависимости от выбора коэффициентов концентрацию (C) можно выразить в массовых или объемных процентах. Достоинство метода внутренней нормализации заключается в том, что искажения, имеющиеся в одинаковой степени у всех пиков, в конечном счете, не влияют на точность результатов. Контроль значений параметров, влияющих на качество хроматографического анализа, осуществляется в основном, автоматически и при наличии недопустимых отклонений появляются соответствующие сообщения.

Оформление результатов.

Составляют материальный баланс опыта (табл.1), определяют конверсию метилфенилкарбинола и выход целевого стирола на загруженный и прореагировавший спирт.

Таблица 1 – Материальный баланс опыта

Взято	г	% масс.	Получено	г	% масс.

Конверсию, селективность и выход определить исходя из значений состава смеси, полученных при количественной идентификации хроматограмм.

Конверсия определяется отношением массы прореагировавшего МФК к массе исходного МФК:

$$X = \frac{m_{\text{МФК}} - C_{\text{МФК}} \cdot m_{\text{смеси}}}{m_{\text{МФК}}} \cdot 100\%$$

Где $m_{\text{МФК}}$, $m_{\text{смеси}}$ – масса исходного МФК и полученной смеси соответственно.

Селективность находится отношением концентрации стирола к сумме концентраций пиков, не считая пик МФК:

$$S = \frac{C_{\text{стирол}}}{\sum_{i=1}^N C_i}$$

Выход определяется произведением селективности и конверсии:

$$E = X \cdot S$$

Контрольное задание:

Пользуясь программным пакетом «UniSim Design» смоделировать и оптимизировать технологическую схему парофазной дегидратации метилфенилкарбинола

Блок подогрева сырья:

- Пароперегревательная печь П-1, предназначенная для перегрева водяного пара загрязненного органикой за счет тепла сгорания топливного газа.

Технические характеристики П-1 представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Технические характеристики печи П-1

Характеристика оборудования	Показатель
-----------------------------	------------

Поверхность радиантной секции змеевиков каждой печи	200 м ²
Поверхность конвекционной секции змеевиков каждой печи	260 м ²
Общая тепловая нагрузка,	20398059 x 10 ³
	28310693 x 10 ³
	(4871760-6761570) Дж /час
	(Ккал/час)
Производительность каждой печи по пару	20-25 т/час
Температура пара на входе в печь	160 °С
Температура пара на выходе из печи	650-700°С
Температура дымового газа на выходе из радиантной камеры печи	803-907°С
Температура дымового газа на выходе из печи	270-350°С
Давление пара на входе в печь	0,6 (6,0) МПа (кгс/см ²)

- Теплообменный аппарат поз. Т-1, предназначенный для подогрева топливного газа паровым конденсатом.

Технические характеристики Т-1 представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Технические характеристики теплообменного аппарата Т-1

Характеристика оборудования	Показатель
Поверхность теплообмена	104 м ²
Диаметр аппарата	800 мм
Трубки, мм 25х2, 5х3000	404 шт.
Температура расчетная	200 °С
Температура разрешенная	
в трубном пространстве	110 °С
в межтрубном пространстве	70 °С
Давление расчетное	
в трубном пространстве	1,0 (10) МПа (кгс/см ²)
в межтрубном пространстве	1,6 (16) МПа (кгс/см ²)
Давление разрешенное	
в трубном пространстве	0,6 (6,0) МПа (кгс/см ²)
в межтрубном пространстве	0,6 (6,0) МПа (кгс/см ²)

- Перегреватель поз. Т-2, предназначен для перегрева смеси паров метилфенилкарбинола и водяного пара перегретым паром.

Технические характеристики перегревателя поз. Т-2 представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Технические характеристики теплообменного аппарата Т-2

Характеристика оборудования	Показатель
-----------------------------	------------

Поверхность теплообмена	790 м ²
Диаметр	1200 мм
Трубки 25x2x9000 мм	1125 шт.
Температура расчетная	
в межтрубном пространстве	600 °С
в трубном пространстве	340 °С
Температура разрешенная	
в межтрубном пространстве	500 °С
в трубном пространстве	320 °С
Давление расчетное	
в межтрубном пространстве	0,6 (6,0) МПа (кгс/см ²)
в трубном пространстве	0,1 (1,0) МПа (кгс/см ²)
Давление разрешенное	
в трубном пространстве	0,09 (0,9) МПа (кгс/см ²)
в межтрубном пространстве	0,06 (0,6) МПа (кгс/см ²)

- Кипятильник поз. Т-4, предназначенный для разогрева кубовой жидкости колонны поз. Кт-1 за счет тепла водяного пара.

Лабораторная работа № 5

«Оптимизация технологической схемы разделения нефти»

Цель: Определить количество воды, плотность и вязкость сырой нефти.

1. Определение воды в нефти и нефтепродуктах методом Дина-Старка

Метод Дина и Старка Метод Дина и Старка распространенный, точный метод определения количественного содержания воды в нефтях и нефтепродуктах. Он основан на азеотропной перегонке пробы нефти или нефтепродукта с растворителями. Прибор Дина и Старка изображён на рис. 1. (Внимание! Опыт необходимо выполнять в вытяжном шкафу!)

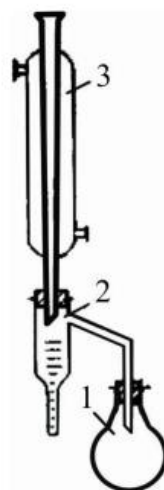


Рисунок 1 - Прибор Дина и Старка: 1 – круглодонная колба; 2 – насадка Дина–Старка; 3 – холодильник

Подготовка к анализу.

Пробу нефти или нефтепродукта тщательно встряхните в течение 5 минут. Мерным цилиндром в чистую и сухую, предварительно взвешенную стеклянную колбу 1 (рис. 1) поместите 3 мл нефти или нефтепродукта и добавьте 5 мл растворителя (толуола). Колбу при помощи шлифа присоедините к отводной трубке 2, а к верхней части приемника-ловушки на шлифе присоедините холодильник 3. Во избежание конденсации паров воды из воздуха верхний конец холодильника закройте ватой.

Проведение анализа.

Содержимое колбы 1 (нефть или нефтепродукт) нагрейте с помощью нагревателя колб или на электрической плитке. Для равномерного кипения перед началом нагревания в колбу поместите несколько кипелок. Перегонку необходимо проводить так, чтобы из трубки холодильника в приемник-ловушку падали 2–4 капли воды в секунду. Нагрев необходимо прекратить после того, как объем воды в приемнике-ловушке (насадке Дина-Старка) перестанет увеличиваться и верхний слой растворителя приобретет прозрачную окраску. Продолжительность перегонки должна быть не менее 30 мин и не более 60 мин. Если на стенках трубки холодильника присутствуют капельки воды, то их необходимо столкнуть в приемник-ловушку стеклянной палочкой. После охлаждения испытуемого продукта до комнатной температуры прибор необходимо разобрать. Если количество воды в приемнике-ловушке не более 0,3 мл и растворитель мутный, то приемник-ловушку помещают на 20-30 мин в горячую воду для осветления и снова охлаждают до комнатной температуры. После охлаждения приёмника-ловушки определите объем воды в нем с точностью до одного верхнего деления.

Объемную долю воды X , %, рассчитайте по формуле:

$$X = (V \cdot 100) / V_1,$$

где V – объем воды, собравшейся в приемнике-ловушке, мл; V_1 – объем нефти или нефтепродукта, взятый для испытания, мл.

Количество воды в приемнике-ловушке 0,03 мл и меньше считается следовыми количествами.

По полученному результату сделать выводы.

2. Определение плотности нефти.

Плотность является одной из характеристик, дающий возможность в совокупности с другими константами судить о фракционном и химическом составе данного нефтепродукта. Плотность всегда зависит от температуры, при которой ее определяют. При возрастании температуры плотность уменьшается. Плотность нефтепродукта принято определять при температуре 20°C и относить к плотности воды при 40°C, принятой за единицу.

Относительная плотность нефтепродукта обозначается ρ_{40}^{20} , где верхняя цифра показывает температуру нефтепродукта, нижняя – температуру воды.

Плотность нефтепродуктов может изменяться в результате испарения наиболее легких фракций или смешения разных продуктов.

Оборудование.

Ареометры общего назначения АОН-1, цилиндр на 100 мл, термометры ртутные стеклянные лабораторные.

Проведение испытания.

Помещают образец, температура которого соответствует температуре проведения испытания, в чистый цилиндр для ареометра с установившейся температурой, избегая разбрызгивания нефтепродукта и попадания пузырьков воздуха, а также сводя к минимуму испарение компонентов летучих продуктов, имеющих более низкую температуру кипения.

Удаляют пузырьки, собравшиеся на поверхности образца, прикасаясь к ним чистой фильтровальной бумагой.

Помещают цилиндр с образцом в вертикальном положении в месте, где нет циркуляции воздуха и в котором температура окружающей среды в процессе проведения испытания не изменяется более чем на 2 °С. Если испытание проводят при температурах, отличающихся от температуры окружающей среды более чем на 2 °С, необходимо использовать термостат для исключения чрезмерных изменений температуры.

Погружают ареометр в жидкость и освобождают его, чтобы он пришел в равновесие. Избегают смачивания стержня ареометра на участке выше уровня, на котором он свободно плавает. Наблюдают за формой мениска, когда ареометр в результате надавливания опускается на 1 или 2 мм ниже уровня равновесия, а затем возвращается в

исходное равновесное положение. Если форма мениска изменяется, чистят стержень ареометра. Повторяют эти действия до тех пор, пока форма мениска не будет оставаться постоянной.

При испытаниях непрозрачных вязких жидкостей обеспечивают медленное погружение ареометра в жидкость.

При испытаниях прозрачных маловязких жидкостей надавливают на ареометр так, чтобы он погрузился в жидкость приблизительно на два деления, а затем отпускают его. Верхняя часть стержня ареометра, находящаяся выше уровня жидкости, должна быть сухой, поскольку наличие на ней жидкости влияет на считываемые показания.

Ареометр приводят в медленное вращение так, чтобы он свободно плавал вдали от стенок цилиндра. Следует подождать, пока ареометр примет состояние покоя, а все образовавшиеся пузырьки воздуха выйдут на поверхность. Удаляют пузырьки с поверхности перед считыванием показаний.

Когда ареометр останавливается, свободно плавая вдали от стенок цилиндра, считывают его показание на шкале, округляя последнее до ближайшей 1/5 деления шкалы.

При испытаниях прозрачных жидкостей записывают показание ареометра в том месте его шкалы, где основная поверхность жидкости пересекает шкалу, располагая уровень глаз несколько ниже уровня жидкости и медленно поднимая его, пока поверхность, сначала видимая как деформированный эллипс, не станет прямой линией, пересекающей шкалу ареометра.

При испытаниях непрозрачных жидкостей снимают показания в том месте шкалы ареометра, до которого поднимается поверхность испытуемого образца, при этом уровень глаз должен находиться несколько выше плоскости поверхности жидкости.

Сразу же после считывания показаний шкалы ареометра осторожно вынимают его из жидкости и перемешивают образец в вертикальном направлении термометром. Записывают значение температуры испытуемого образца, округляя его до 0,1 °С. Если эта температура отличается от температуры, считанной в начале испытаний, более чем на 0,5 °С, повторяют измерения ареометром, а затем термометром до тех пор, пока температура не станет стабильной в пределах $\pm 0,5$ °С. Если температура не становится стабильной, помещают цилиндр для ареометра и его содержимое в термостат и последовательно повторяют все действия.

В нефтеперерабатывающей промышленности наиболее широко используется величина API (плотность, выраженная в единицах Американского института нефти). Плотность API, измеряется в градусах и находится по формуле:

$$API = \frac{141,5}{\text{относительная плотность}} - 131,5$$

Обработка результатов эксперимента

Обработка экспериментальных данных производится, исходя из отчета ареометра при температуре 25⁰С равен 0,795. Этому показанию по таблице соответствует температурная поправка на 1⁰С, равная 0,000778, т.е.

$$\rho_{\frac{20}{4}} = 0,795 + 0,000778 (25 - 20) = 0,7988$$

Результаты опытов записываем в таблицу 2.

Таблица 2

Испытуемый нефтепродукт	Плотность по ГОСТ 3900 85, кг/м ³			Плотность по API, ⁰		
	Опыт 1	Опыт 2	Ср.2-х опытов	Опыт 1	Опыт 2	Ср.2-х опытов
Бензин						
Керосин						
Дизельное топливо						

По полученным результатам сделать выводы.

3. Определение вязкости.

Вязкостью называется свойство жидкости сопротивляться перемещению ее частиц под воздействием приложенной силы.

Вязкость является основным показателем качества, характеризующим эксплуатационные свойства топлив и масел. От вязкости масел зависит уменьшение износа трущихся деталей, потерь энергии на трение, уплотнение поршней в цилиндрах двигателя, скорость перемещения деталей, несущая способность подшипников.

От правильного выбора вязкости нефтепродукта для определенных конкретных условий во многом зависит надежность и экономичность работы машин и механизмов.

Различают вязкости абсолютные (динамическую, кинематическую) и условную.

Динамической вязкостью (или коэффициентом динамической вязкости) называется сила сопротивления двух слоев жидкости площадью 1 см², находящихся на расстоянии 1 см друг от друга и перемещающихся один относительно другого со скоростью 1 см/сек.

За единицу динамической вязкости принят пуаз; на практике обычно пользуются сотой частью пуаза, называется сантипуазом.

Определение динамической вязкости заключается в установлении времени истечения под постоянным давлением определенного объема (равного объему шарика вискозиметра) испытуемого нефтепродукта через капиллярную трубку вискозиметра, для которого заранее установлена его постоянная.

Кинематическая вязкость представляет собой отношение динамической вязкости к плотности жидкости при той же температуре.

За единицу кинематической вязкости принят стокс; на практике пользуются сотой частью стокса, называемой сантистоксом.

Определение кинематической вязкости заключается в установлении времени истечения определенного объема (равного объему шарика вискозиметра) испытуемого нефтепродукта через капиллярную трубку вискозиметра Пинкевича, для которого заранее установлена его постоянная.

Кинематическую вязкость ν испытуемого нефтепродукта в сантистоксах вычисляют по формуле

$$\nu = Ct_1,$$

где C – постоянная вискозиметра;

t_1 – среднее арифметическое учитываемых отсчетов истечения испытуемого нефтепродукта в сек.

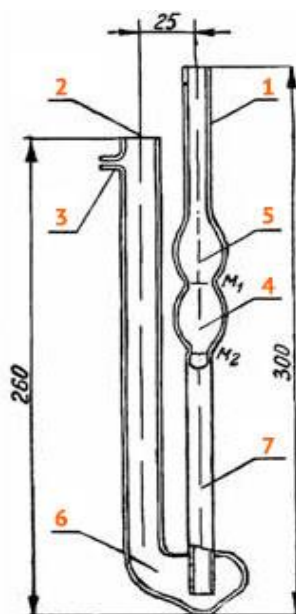


Рисунок 2 – Вискозиметр ВПЖ-2

Устройство и принцип работы вискозиметра ВПЖ-2

Вискозиметр капиллярный ВПЖ-2 - прибор в виде U-образной трубки, колено (1) спаяно с капилляром (7). Измерение вязкости вискозиметром основано на определении времени, за которое определенный объем жидкости истечет через капилляр.

Порядок работы.

Для определения времени течения на отводную трубку (3) надевают резиновую трубку. Потом, зажав колено (2) вискозиметр переворачивают и погружают колено (1) в резервуар с жидкостью. Жидкость засасывают (при помощи груши либо насоса) до отметки M_2 , при этом в жидкости не должны образовываться пузырьки воздуха. В момент, когда жидкость достигает отметки M_2 , прибор вынимают из сосуда и сразу же переворачивают в исходное положение. Снимают с колена (1) лишнюю жидкость и надевают на него резиновую трубку. Затем вискозиметр помещают в термостат таким образом, чтобы расширение (5) находилось ниже, чем уровень жидкости в термостате. Выдерживают в термостате больше 15 минут при заданной температуре и потом засасывают жидкость в колено до уровня одной трети расширения (5). Сообщают колено (1) с атмосферой и устанавливают время снижения уровня мениска от отметки M_1 до отметки M_2 .

Устанавливают температуру в термостате $(40,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$. Дополнительно

Рассчитывают кинематическую вязкость (ν_i , $\text{мм}^2/\text{с}$) по формуле:

$$\nu_i = \tau_i \times K,$$

где K – установленная постоянная капилляра вискозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$.

Проводят два измерения кинематической вязкости. Вычисляют размах результатов $CR_{0,95}(2)$, %, по формуле:

$$CR_{0,95}(2) = \frac{\nu_{\max} - \nu_{\min}}{\nu_{\max}} 100,$$

где ν_{\max} – наибольший результат измерений кинематической вязкости, $\text{мм}^2/\text{с}$;

ν_{\min} – наименьший результат измерений кинематической вязкости, $\text{мм}^2/\text{с}$.

Если r больше значения критического диапазона $CR_{0,95}(2) = 0,1$ %, повторно проводят два измерения, вычисляют r , которое не должно превышать $CR_{0,95}$. В противном случае устанавливаются и устраняются причины разброса результатов и снова повторяют измерения кинематической вязкости. За результат измерений кинематической вязкости принимают среднеарифметическое значение.

Результаты представить в виде таблицы:

i	τ_i	v_i

По полученным результатам сделать выводы.

Контрольное задание:

Пользуясь программным пакетом «UniSim Design» смоделировать и оптимизировать технологическую схему разделения нефти:

Исходные данные для создания математической модели

Список технологического оборудования установки разделения нефти представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Технологическое оборудование

№ п/п	Позиция аппарата	Назначение аппарата	Примечание
Колонное оборудование			
1	К-1	Предварительный испаритель сырья	Основные характеристики приведены в таблице 2.2
2	К-2	Колонна атмосферной перегонки нефти	Основные характеристики приведены в таблице 2.3
3	К-6	Отпарная колонна	Основные характеристики приведены в таблице 2.4
4	К-7	Отпарная колонна	Основные характеристики приведены в таблице 2.5
5	К-9	Отпарная колонна	Основные характеристики приведены в таблице 2.6
Теплообменное оборудование			
6	T-5	Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой	Основные характеристики приведены в таблице 2.7
7	T-7	Двухсекционный кожухотрубчатый теплообменный аппарат с плавающей головкой	Основные характеристики приведены в таблице 2.8
8	T-10	Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой	Основные характеристики приведены в таблице 2.9
9	T-15	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.10
10	T-28	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.11
11	T-30	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.12
12	T-32	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.13
13	T-33	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.14
14	T-34	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.15
15	T-46	Аппарат воздушного охлаждения	Основные характеристики приведены в таблице 2.16

Таблица 2 – Характеристика колонны К-1

Характеристика	Показатель
Высота	32,5 м
Диаметр	5 м
Объем	500 м ³
Тип тарелок	Клапанные
Число тарелок	
- двухпоточные	10 шт.
- четырехпоточные	14 шт.
Расстояние между тарелками	700 мм
Параметры:	
Температура расчетная	
- верха колонны	130 °С
- куба колонны	220 °С
Давление расчетное	
- верха колонны	2,5 кгс/см ² (абс.)
- куба колонны	5 кгс/см ² (абс.)

Лабораторная работа № 6

«Оптимизация технологической схемы термического крекинга углеводородов»

Цель работы.

Найти состав сырья, при котором выход жидких продуктов максимален.

Приборы.

Установка (рис. 1) включает в себя следующие приборы:

- 1 – делительная воронка (питание реактора),
- 2 – термопара,
- 3 – электропечь для обогрева ректора,
- 4 – холодильник,
- 5 – приемник,
- 6 – газосчетчик,
- 7 – прибор показания температуры,
- 8 – регулятор температуры (ЛАТР),
- 9 – реактор.

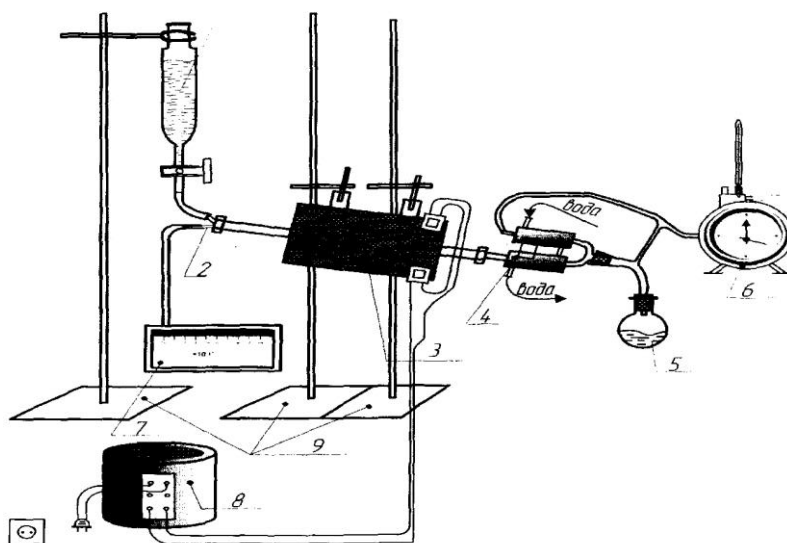


Рисунок 1 – Установка термического крекинга углеводородов.

Реактивы.

В качестве сырья используем 3-х компонентную смесь: гексан, бензол, изопрен.

Выполнение работы.

Термический углеводородного сырья ведется на установке (рис. 1) при температуре 500 °С.

Перед началом опыта проверяют правильность сборки, надежность и герметичность всех соединений установки. Включают электропечь 3 для обогрева реактора. После того как температура в реакторе достигнет 500 °С, в холодильник 4 подают воду. Заданную температуру в реакторе поддерживают с помощью терморегулятора 8.

Приготовленную смесь углеводородов подают в дозатор 1. Момент подачи сырья в реакционную зону принимают за начало опыта. Все эксперименты необходимо проводить при постоянной объемной скорости подачи углеводородного сырья (время истечения сырья 30-35 мин).

По окончании опыта фиксируют объем газов прошедших через газовые часы 6 и массу жидкой фазы. Составляют материальный баланс процесса, рассчитывают выход газообразных продуктов пиролиза. Сравнивают значения выхода газообразных продуктов, наихудший результат отбрасывают и рассчитывают новый состав смеси углеводородов. Эксперименты проводят пока не будет достигнуто предельное значение выхода газообразных продуктов, после ухудшения показателя процесса работу прекращают.

Оформление результатов

Составляют материальный баланс процесса пиролиза:

3. Рассчитывают массу поданного сырья

$$m_{см} = V_{см} \cdot \rho_{см},$$

где $V_{см}$, $\rho_{см}$ - объем (мл) и плотность (г/мл) углеводородной смеси. Плотность смеси рассчитывают по формуле

$$\rho_{смеси} = x_1 \cdot \rho_1 + x_2 \cdot \rho_2 + x_3 \cdot \rho_3,$$

x_1 , x_2 , x_3 - объемные проценты соответственно гексана, изопрена, бензола, %об;

ρ_1, ρ_2, ρ_3 - плотности соответственно гексана, изопрена, бензола, г/мл.

4. Рассчитывают массу газообразных продуктов пиролиза, условно считая, что в основном они содержат этилен

$$m_{газ} = \frac{V}{V_{н.у.}} \cdot M_{эт}$$

где V - объем газообразных продуктов по газосчетчику, л; $V_{н.у.}$ - молярный объем газа при нормальных условиях; $V_{н.у.} = 22,4$ л/моль; $M_{эт}$ - молярная масса этилена, $M_{эт} = 28$ г/моль.

3. Массу жидких продуктов находят по разности масс сухого приемника и приемника с жидкой фракцией.

4. Рассчитывают массу кокса, отложенного внутри реактора

$$m_{кокс} = m_{см} - m_{газ} - m_{жид}$$

Результаты заносят в таблицу 1.

Таблица 1. - Материальный баланс процесса пиролиза

Приход, г		Расход, г	
1. Углеродное сырье в том числе гексан изопрен		1. Жидкие продукты пиролиза 2. Газообразные продукты пиролиза 3. Кокс	

бензол			
--------	--	--	--

Рассчитывают выход жидких продуктов: $\eta = \frac{m_{ж}}{m_{св.}} \cdot 100\%$

Контрольное задание:

Пользуясь программным пакетом «UniSim Design» смоделировать и оптимизировать технологическую термического крекинга углеводородов:

Основной сложностью, возникающей при эксплуатации установок по переработке данного вида сырья является неоднородность по фракционному составу образующихся продуктов вследствие неоднородности сырья. В работе поставлена задача по определению параметров работы установки инвариантной составу сырья.

Состав и физико-химические свойства продуктов переработки некондиционного каучука при различных температурах представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства продуктов переработки НВСМ-И

Наименование параметров	Температура процесса термкрекинга, °С			Метод испытаний
	300	400	450	
10% перегоняется при температуре, °С	197	182	176	ГОСТ 2177
50% перегоняется при температуре, °С	271	270	262	
90% перегоняется при температуре, °С	293	319	298	
Вязкость, мм ² /с	3,34	3,46	3,48	ГОСТ 33
Плотность, кг/м ³	848	853	855	ГОСТ Р 51069-97

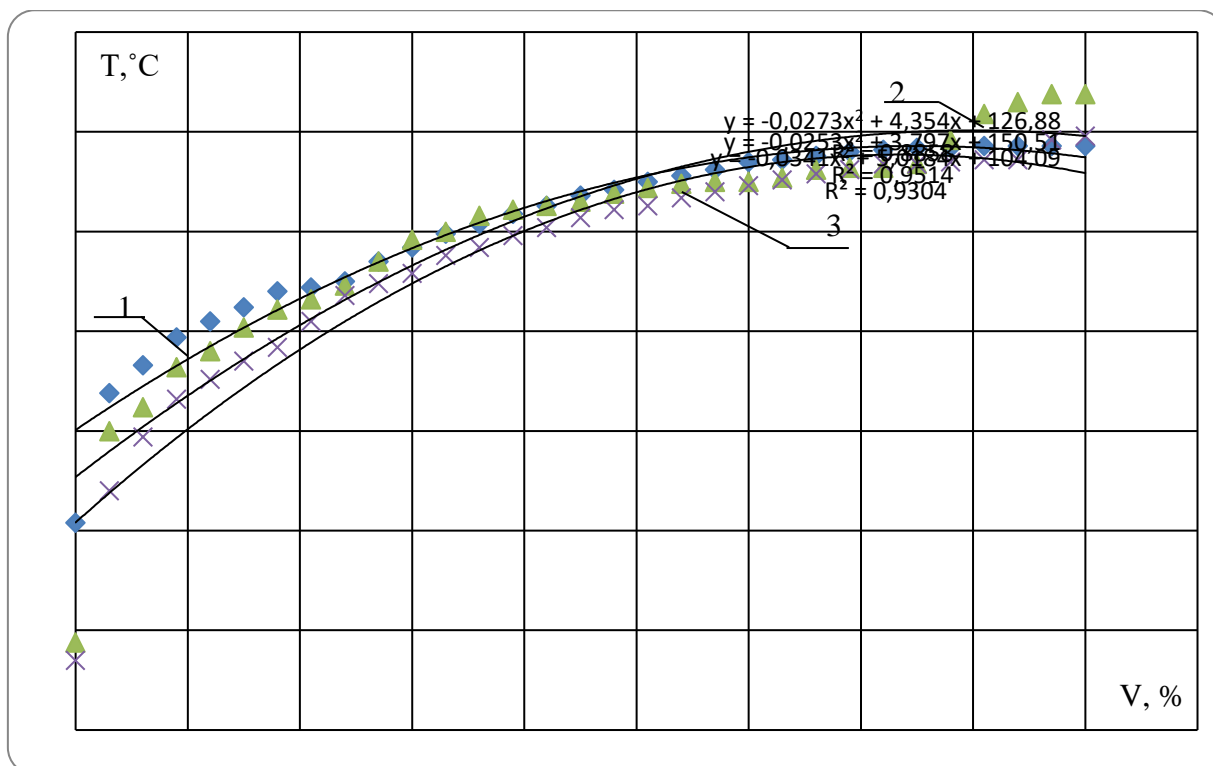
Получаемые при фракционировании исходной углеводородной фракции продукты должны соответствовать следующим требованиям:

- фракция «бензин крекинга» ТУ 0251-001-47073029-2003;
- фракция «топливо дизельное» ГОСТ 305-2013;
- фракция «топливо печное» ГОСТ 10585-99

Образующиеся в процессе термического разложения углеводородные фракции по своему химическому составу схожи с углеводородными фракциями, образующимися при атмосферной перегонке девонской нефти.

Создание математической модели процесса фракционирования углеводородов осуществляли с помощью программы UniSimDesign, позволяющей создавать и анализировать статические модели, применяемые для реализации проектных решений, мониторинга эксплуатационных характеристик, поиска и устранения неполадок, повышения эффективности эксплуатации и планирования деятельности предприятия [97].

Для процесса фракционирования углеводородов использован пакет свойств Пенга-Робинсона, который содержит модифицированные параметры бинарного взаимодействия для всех библиотечных пар углеводород-углеводород, а также для большинства пар углеводород-неуглеводород.



1 - для $T_{кр}=300\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 - для $T_{кр}=400\text{ }^{\circ}\text{C}$; 3 - для $T_{кр}=450\text{ }^{\circ}\text{C}$

Рисунок 1 – Кривые разгонки углеводородных фракции процесса термического разложения НВСМ-И, соответствующие различным температурам крекинга

Объектом моделирования является колонна фракционирования углеводородов производительностью 10 тысяч тонн в год по сырью. В качестве исходных данных для моделирования приняты экспериментально определенные кривые разгонки, представленные на рисунке 1.

Проверку полученной математической модели на адекватность осуществляли сравнением расчетных показателей, полученной модели с показателями работы и достигнутых параметров реальной установки ЭЛОУ-АВТ.

Процесс создания математической модели можно разбить на два этапа.

1. Начальный – выбор термодинамического пакета и создание списка компонентов. Список компонентов содержит индивидуальные компоненты (от C_1 до C_4) и псевдокомпоненты, представляющие жидкие углеводороды (от C_5 и выше). Процедура характеристики продукта термического разложения преобразует лабораторные данные разгонки и псевдокомпоненты.

2. Моделирование схемы – атмосферной колонны разделения углеводородных фракций.

Пакет свойств в программе UniSimDesign объединяет всю информацию, необходимую для расчета фазового равновесия и физических свойств, что позволяет задать всю информацию внутри единого пакета.

Схема материальных потоков колонны фракционирования углеводородов, представлена на рисунке 2.

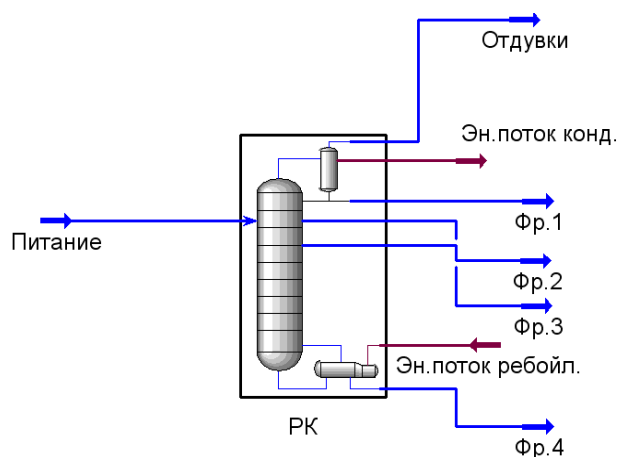


Рисунок 2 – Схема материальных потоков углеводородной фракции процесса термического разложения

Написать вывод.

Критерии оценки лабораторных работ

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине Б1.В.06 «Моделирование и оптимизация нефтехимических процессов» в 4 семестре студент должен выполнить следующие виды работ:

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	2	4
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	2	4
Выполнение необходимого эксперимента	2	4
Обработка результатов исследования, построение графиков	3	4
Анализ результатов исследования и вывод по работе	3	4
ИТОГО :	12	20

Таким образом, каждая лабораторная работа оценивается минимум в 12 баллов, максимум в 20 баллов. После выполнения всех работ рассчитывается итоговый балл по данному оценочному средству.

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

Технологический факультет

Кафедра Химической технологии органических веществ

Темы для курсовой работы

по дисциплине Б1.В.06 «Моделирование и оптимизация
нефтехимических процессов»

1. Моделирование узла разделения широкой фракции легких углеводородов;
2. Моделирование узла висбрекинга гудрона;
3. Моделирование узла разделения продуктов каталитического крекинга;
4. Моделирование узла получения метил-третбутилового эфира;
5. Моделирование узла атмосферной перегонки нефти;
6. Моделирование узла получения изоамилена дегидрированием изопентана;
7. Моделирование процесса синтеза оксигенатных присадок;
8. Моделирование технологии получения оксиалкилированного фенилдиамина;
9. Моделирование технологии получения N-оксипропилированного толуидина;
10. Моделирование процесса получения стирола паровозной дегидратацией метилфенилкарбинола;
11. Моделирование узла получения этиленгликоля гидратацией окиси этилена;
12. Моделирование узла получения нонилфенола алкилированием фенола тримерами пропилена;
13. Моделирование узла получения изопрена дегидрированием изоамилена;
14. Моделирование узла получения водорода паровой конверсией метана;
15. Моделирование технологии получения модификаторов резиновых смесей и синтетических каучуков.

Требования к содержанию курсовой работы

Курсовая работа должна содержать:

- название темы;
- введение, актуальность темы, цели и задачи;
- объекты исследования, описания процесса получения объекта исследования, развернутую методику моделирования узла (процесса);
- полученные экспериментальные данные;
- заключение;
- список литературы.

Объем отчета составляет 25-35 страниц машинописного текста формата А4.

Защита курсовой работы

На основании курсовой работы составляется устный доклад, раскрывающий основные цели и задачи, моделирование узла (проекта), результаты проведенной работы. Заслушивание докладов проходит в кабинете 29 института за работой круглого стола.

Правила оформления курсового проекта

Оформляется отчет по требованиям, предъявляемым к текстовым документам [ЕСКД ГОСТ 2.105 - 95]. Текстовые документы выполняют с применением ЭВМ (шрифт 14 размера, Times New Roman, межстрочный интервал - одинарный).