

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

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.07 Современные технологии и оборудование по переработке
тяжелых нефтяных остатков**
(наименование дисциплины)

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

«Процессы и технологии глубокой переработки нефти»
(программа подготовки)

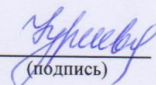
магистр
квалификация

очно-заочная
форма обучения

Нижнекамск, 2023 г.

Составитель ФОС:

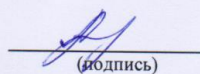
доцент кафедры Нефтехимического синтеза
(должность)


(подпись)

Э.Н.Нуриева
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Нефтехимического синтеза,
протокол от 12 апреля 2023 г. № 8

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»

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

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

Компетенция:

ПК-3 Способен владеть знаниями, позволяющими анализировать тенденции развития технологий нефтехимических производств, совершенствовать действующие, внедрять новые технологии на основе рациональных и альтернативных источников сырья.

Индикаторы достижения компетенции:

3.1 Знает теоретические основы промышленных технологических процессов современных нефтехимических производств; основные направления развития и совершенствования технологий промышленных производств; принципы построения технологических схем производств; способы рационального использования сырья и утилизации производственных отходов.

3.2 Умеет разрабатывать и совершенствовать технологию производства продуктов органического и нефтехимического синтеза; разрабатывать технологические схемы химических производств; анализировать способы рационального использования сырья и утилизации производственных отходов, проводить анализ контроля качества технологического процесса.

3.3 Владеет теоретическими основами промышленных технологических процессов органического и нефтехимического синтеза; навыками разработки и совершенствования технологии производства продуктов органического и нефтехимического синтеза; принципами построения технологических схем химических производств; способами рационального использования сырья и утилизации производственных отходов; способами анализа контроля качества технологического процесса; навыками устранения технологического брака.

<i>Индикаторы достижения компетенции</i>	<i>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</i>				<i>Наименование оценочного средства</i>
	<i>Лекции</i>	<i>Практические занятия, лабораторный практикум</i>	<i>Лабораторные занятия</i>	<i>Курсовой проект (работа)</i>	
ПК-3.1	<i>Темы 1-6</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1-3</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Лабораторные работы, коллоквиумы, зачет с оценкой</i>
ПК-3.2	<i>Темы 1- 6</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1-3</i>	<i>Не предусмотрены</i>	
ПК-3.3	<i>Темы 1- 6</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Темы 1-3</i>	<i>Не предусмотрены</i>	

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

для очно-заочной (4 семестр) формы обучения

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>3</i>	<i>12</i>	<i>20</i>
<i>Коллоквиум</i>	<i>2</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Зачет с оценкой</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

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 (незачтено)	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: «Химическая технология органических веществ»,
(наименование)

Семестр 4 (очно-заочная)

Вопросы для подготовки к зачету с оценкой

по дисциплине Б1.В.07 Современные технологии и оборудование по переработке тяжелых
нефтяных остатков
(наименование дисциплины)

1. Сырье установок переработки остаточного сырья
2. Катализаторы процесса каталитического крекинга
3. Особенности переработки тяжелых нефтяных остатков
4. Технология и оборудование процесса висбрекинга гудрона
5. Сырье, оперативные параметры, продукция установок каталитического крекинга.
6. Технология и оборудование процесса газификации остаточного сырья
7. Сырье, оперативные параметры, продукция установок замедленного коксования
8. Технология и оборудование процесса каталитического крекинга остаточного сырья
9. Акваконверсия остаточного сырья
10. Технология и оборудование процесса гидрокрекинга остаточного сырья
11. Сырье, оперативные параметры продукция установок гидрокрекинга остаточного сырья
12. Технология и оборудование установок замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков.
13. Катализаторы гидротермических процессов.
14. Производство битумов
15. Деасфальтизация гудрона
16. Термокаталитический крекинг
17. Гидровисбрекинг остаточного сырья
18. Реакторы процесса каталитического крекинга.
19. Аппаратурное оформление процесса гидрокрекинга
20. Адсорбционно-контактная очистка тяжелого нефтяного сырья
21. Процессы гидрооблагораживания остаточного сырья
22. Аппаратурное оформление процесса висбрекинга гудрона.
23. Процессы термической конверсии нефтяного тяжелого сырья
24. Аппаратурное оформление установок замедленного коксования остаточного сырья
25. Процессы каталитической переработки нефтяного тяжелого сырья
26. Закономерности термических превращений при термоллизе нефтяного сырья
27. Гидрокрекинг остаточного сырья
28. Особенности переработки тяжелого нефтяного сырья
29. Деасфальтизация гудрона с каталитическим крекингом
30. Адсорбционно-контактная очистка тяжелого нефтяного сырья

31. Теоретические основы процесса каталитического крекинга
32. Производство битумов
33. Получение светлых нефтепродуктов из остаточного сырья
34. Гидрокрекинг остаточного сырья
35. Сырье установок переработки остаточного сырья
36. Каталитический крекинг вакуумного газойля
37. Висбрекинг гудрона
38. Применение водорода при переработке тяжелого нефтяного сырья
39. Установки замедленного коксования
40. Газификация остаточного сырья

Максимальное количество баллов, которое студент может получить за зачет с оценкой -40, минимальное количество баллов— 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: «Химическая технология органических веществ»,
(наименование)

Семестр 4 (очно-заочная)

Комплект вопросов для коллоквиумов
по дисциплине Б1.В.07 Современные технологии и оборудование по переработке
тяжелых нефтяных остатков

4 семестр

Коллоквиум №1

1. Особенности переработки тяжелых нефтяных остатков.
2. Сырье установок переработки остаточного сырья
3. Теоретические основы процесса висбрекинга гудрона
4. Технологические основы процесса висбрекинга гудрона

Коллоквиум №2

1. Теоретические основы процесса каталитического крекинга остаточного сырья.
2. Технологические основы процесса каталитического крекинга остаточного сырья.
3. Теоретические основы процесса гидрокрекинга остаточного сырья
4. Технологические основы процесса гидрокрекинга остаточного сырья
5. Теоретические основы процесса замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков.
6. Технологические основы процесса замедленного коксования тяжелых нефтяных остатков.

Критерии оценки:

Студент должен сдать 2 коллоквиума для очно-заочной формы обучения:

Для коллоквиумов №1,2: максимально 40 баллов - за полный, развернутый ответ на поставленные вопросы; минимально 24 баллов - за неполный ответ с допущением грубых ошибок при определении сущности раскрываемых понятий, теорий, явлений.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижнекамский 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: «Химическая технология органических веществ»,
(наименование)

Семестр 4 (очно-заочная)

Учебным планом по направлению подготовки 18.04.01 –Химическая технология для обучающихся предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.07 Современные технологии и оборудование по переработке тяжелых нефтяных остатков.

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 лабораторных работ
по дисциплине **Б1.В.07 Современные технологии и оборудование по переработке**
тяжелых нефтяных остатков
Семестр:4 (очно-заочная)

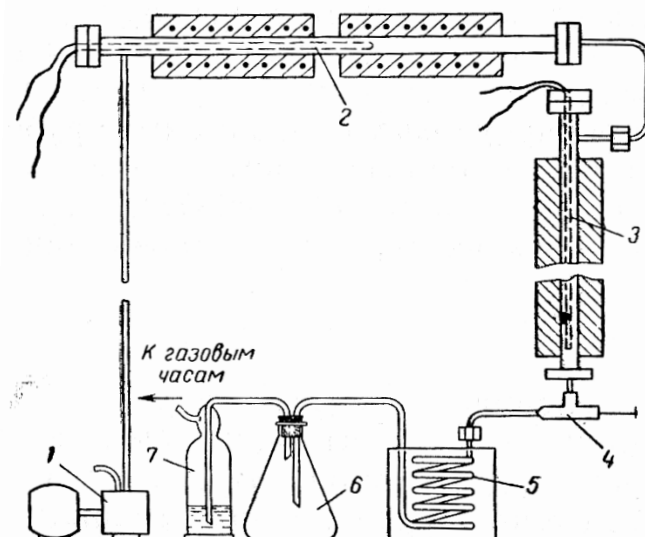
Лабораторная работа №1 «Термический крекинг остаточного сырья в непрерывном режиме»

а) Аппаратура, реактивы и материалы

- лабораторная установка термического крекинга непрерывного действия (рисунок 1);
- технические весы; лед;
- поглотительное масло (соляр);
- исследуемое сырье (гудрон).

б) Проведение эксперимента

Условия проведения опыта в основном зависят от качества сырья: чем легче сырье, тем выше температура на выходе из реактора; продолжительность опыта также зависит от сырья, так как определяется глубиной его разложения или выходом газа (в % от сырья). Режим лабораторной установки устанавливают для каждого вида сырья одновременной регулировкой температуры в реакторе, давления на выходе из него и производительности сырьевого насоса. При установившемся режиме установки — постоянных температуре, давлении и производительности сырьевого насоса — скорость газообразования (т. е. объем газа, выделяющегося в единицу времени, например в 1 мин) тоже постоянна, поэтому глубину крекинга можно контролировать по выходу газа, как показано ранее.



1 – сырьевой насос; 2 – трубчатый подогреватель; 3 – реактор;
4 – редукционный вентиль; 5 – холодильник; 6 – приемник; 7 – абсорбер.

Рисунок 1 – Схема проточной лабораторной установки
термического крекинга под давлением

Во время подготовки аппаратуры к опыту включают электрообогрев вначале реактора, а затем подогревателя. Приемников для дистиллята следует приготовить два, один для режимного пробега, другой — для сбора дистиллята во время пускового периода; его можно не взвешивать. Перед началом опыта к холодильнику присоединяют только приемник (невзвешенный) и газовые часы. Сырье заливают в мерный цилиндр емкостью 3 л, откуда его подают к насосу.

Результаты опыта записывают по форме, представленной в таблице 4 и таблице 5:

Таблица 1 – Форма записи результатов эксперимента

Крекинг.....	(наименование сырья)
Условия опыта	
температура, °С.....	
давление, МПа.....	
средняя производительность насоса, л/мин...	
Продолжительность опыта при установившемся режиме, ч.....	
Пропущено сырья, л (г).....	
Масса приемника, г.....	
с крекинг-продуктом.....	
пустого.....	
Масса крекинг продукта, г.....	
Масса абсорбера, г.....	
после опыта.....	
до опыта.....	
Прирост массы абсорбента, г.....	
Показания газовых часов, л.....	
после опыта.....	
до опыта.....	
Отбор газа, л (г).....	
Потери, г.....	

Таблица 2 – Форма записи результатов эксперимента

Время	Температура, °С				Давление в реакторе, МПа (кгс/см ²)	Уровень сырья в мернике, мм
	в подогревателе	вверху реактора	в середине реактора	внизу реактора		
Начало опыта _____ ч _____ мин						
Через _____ ч _____ мин						
_____ ч _____ мин						
_____ ч _____ мин						
.....						
Конец опыта _____ ч _____ мин						
Средние данные пробега						

Когда температура в реакторе достигнет 350 - 400 °С, пускают насос и начинают подавать сырье через подогреватель в реактор. Отрегулировав постоянную скорость подачи сырья (от 400 до 500 мл/ч), постепенно доводят температуру до заданной и одновременно повышают давление при помощи редукционного вентиля. Температуру в реакторе регулируют при помощи ЛАТРов, а также увеличивая или уменьшая подачу сырья в реактор. Таким образом, совместной регулировкой температуры, давления и подачи сырья устанавливают требуемую глубину крекинга по соотношению производительности и выхода газа — установку «выводят на режим». Продолжительность этого периода зависит от практических навыков и при нормальных условиях составляя около 2 ч. После того как достигнуты заданные условия опыта и режим установлен, меняют приемник для дистиллята на другой (взвешенный) и присоединяют абсорбер. Если требуется провести анализ газа, то между газовыми часами и абсорбером устанавливают газометр для отбора газа.

Продолжительность опыта при установившемся режиме от 2 до 4 ч. С момента смены приемника и в течение всего опыта записывают температуру, давление и скорость подачи сырья по приведенной выше форме. Перед прекращением опыта выключают электрообогрев, вновь меняют приемник (на первый, использованный в период пуска), отключают абсорбер и фиксируют время окончания опыта и показания газовых часов. Подачу сырья прекращают, когда температура в реакторе снизится до 300 - 320 °С; во время снижения температуры постепенно открывают редукционный вентиль, снижая таким образом давление в реакторе до атмосферного.

в) Обработка результатов

Жидкие продукты крекинга, полученные смешением дистиллята из приемника с продуктом подвергают разгонке. Крекинг-бензин отбирают до 200 °С, затем, отгоняют промежуточную фракцию 200 - 350 °С, которую на промышленной установке направляют в печь глубокого крекинга. Атмосферную разгонку ведут примерно до 250 °С в парах, после этого колбу охлаждают и дальнейшую разгонку ведут в вакууме. Таким образом, материальный баланс разгонки дает выход бензина, промежуточной фракции и остатка. Полученные выходы пересчитывают на загрузку. Общий материальный баланс опыта представлен в таблице 3.

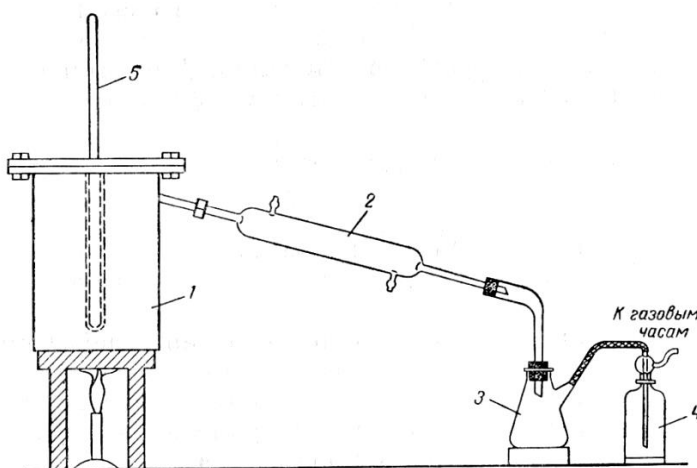
Таблица 3 – Общий материальный баланс

Взято	Выход	
	г	% (масс.)
Сырье.....		100
Всего.....		100
Получено		
Газ.....		
Бензин до 200 °С.....		
Фракция 200 – 350 °С.....		
Крекинг – остаток.....		
Потери.....		
Итого.....		100

Лабораторная работа №2 «Периодическое коксование тяжелого нефтяного сырья в кубике»

а) Аппаратура, реактивы и материалы

- лабораторная установка периодического коксования в кубике или автоклаве (рисунок 1);
- технические весы;
- ледяная баня;
- газовые часы;
- вода;
- поглотительное масло (соляр);
- исследуемое сырье (гудрон, крекинг-остаток).



1 – кубик; 2 – холодильник (металлический); 3 – приемник;
4 – абсорбер; 5 – термометр.

Рисунок 1 – Схема лабораторной установки периодического действия

б) Проведение эксперимента

В кубик загружают 400 - 500 г сырья (гудрона, крекинг-остатка) и закрывают крышкой (при закручивании гаек не следует подтягивать их ключом подряд, а обязательно накрестлежащие, чтобы не перекосить крышку кубика). К отводной трубке кубика привинчивают холодильник; далее присоединяют предварительно взвешенные приемники, абсорбер и газовые часы. Для отбора пробы газа на анализ параллельно

газовым часам (через тройник) присоединяют газометр. Приемник и абсорбер ставят в ледяную баню и записывают начальные показания газовых часов.

Кубик разогревают при помощи газовых горелок (трех — четырех). Спустя некоторое время после включения нагрева температура в парах начинает повышаться и в приемнике появляются первые порции дистиллята. Затем начинается процесс разложения и коксования сырья, температура становится примерно постоянной (около 400 °С) и наблюдается значительное выделение газа. Когда процесс коксования подходит к концу, выделение дистиллята почти прекращается, а газообразование усиливается; наконец, выделение газа также прекращается. После этого еще 30 - 40 мин нагревают кубик (для прокаливания кокса) и затем тушат горелки.

в) Обработка результатов

По окончании опыта определяют массу отогнанного дистиллята, прирост массы абсорбера и массу газа (определив его плотность). Когда кубик охладится, его открывают, после чего тщательно очищают стенки кубика от кокса и взвешивают весь оставшийся кокс.

Материальный баланс опыта составляется по форме, представленной в таблица 6.

Таблица 1 – Материальный баланс процесса периодического коксования

Таблица 1. Материальный баланс процесса периодического коксования		
Взято	г	% (масс.)
Сырье.....		100
Всего.....		100
Получено		
Дистиллят в приемнике.....		
Прирост массы абсорбента.....		
Газ.....		
Кокс.....		
Потери.....		
Всего.....		100

Дистиллят из приемника перегоняют с отбором бензиновой фракции до 200 °С. Выход этой фракции и остатка выше 200 °С пересчитывают в проценты на исходное сырье. Прирост массы абсорбента относят к бензину. Таким образом, конечный материальный баланс процесса периодического коксования составляется по форме, представленной в таблице 7.

Таблица 2 – Конечный материальный баланс процесса периодического коксования

Взято	г	% (масс.)
Сырье.....		100
Всего.....		100
Получено		
Бензин до 200 °С.....		
Остаток выше 200 °С.....		
Газ.....		
Кокс.....		
Потери (по разности).....		
Всего.....	100	

Лабораторная работа №3 «Каталитический крекинг тяжелых продуктов крекинга некондиционных высокомолекулярных соединений»

а) Аппаратура, реактивы и материалы

лабораторная установка каталитического крекинга (рисунок 1);

исследуемое сырье;

катализатор (NaX-БКО);

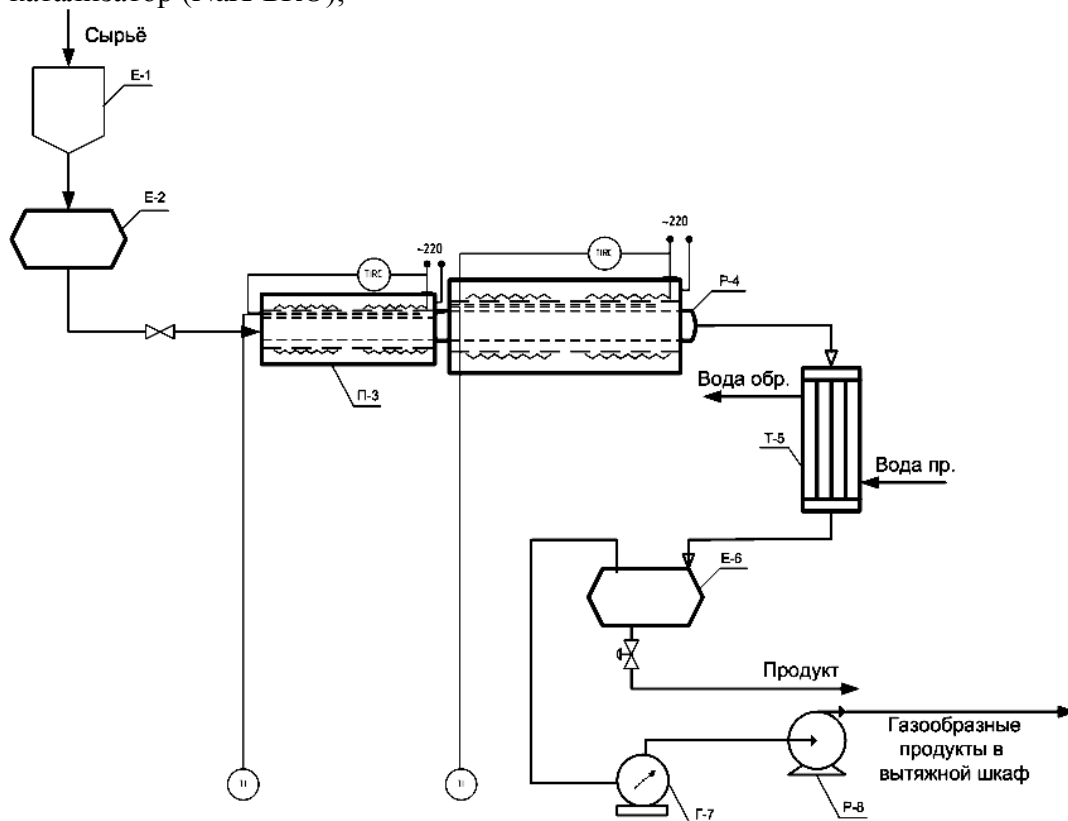


Рисунок 1. Схема лабораторной установки каталитического крекинга

б) Проведение эксперимента

Процесс каталитического крекинга проводится на установке со стационарным слоем катализатора, в качестве которого был используется цеолитный катализатор NaX-БКО (насыпная плотность — $0,65 \text{ г/см}^3$, средний диаметр частиц — $2-4,5 \text{ м}$, форма гранул экструдат). Температура в зоне реакции варьировалась в пределах от 400 до $550 \text{ }^\circ\text{C}$, объемная скорость подачи сырья — от 1 до 5 ч^{-1} .

Исходное сырье после подачи из мерной емкости Е-1 в промежуточную ёмкость Е-2, снабженной краном для регулирования подачи сырья, поступает на предварительный нагрев и испарение в печь-пиролизер П-3. В печи исходное сырье нагревается до $300 \text{ }^\circ\text{C}$, а для повышения скорости теплопередачи трубка пиролизера представляет собой дефлегматор. Из печи нагретое сырье подается в реактор Р-4, в котором с помощью электрообогревателя поддерживается необходимая температура процесса. Объем реактора составляет 100 см^3 . Пары продуктов после реактора проходят теплообменник Т-5 и поступают в емкость-сепаратор Е-6, где накапливается жидкая фаза. Из емкости-сепаратора Е-6 газовая фаза попадает в газовые часы, с помощью которых происходит замер их количества, а затем сбрасывается через вентилятор Н-7 в атмосферу.

в) Обработка результатов

Жидкие продукты крекинга, полученные смешением дистиллята из приемника с продуктом подвергают разгонке. Крекинг-бензин отбирают до $200 \text{ }^\circ\text{C}$, затем, отгоняют промежуточную фракцию $200 - 350 \text{ }^\circ\text{C}$, которую на промышленной установке направляют в печь глубокого крекинга. Атмосферную разгонку ведут примерно до $250 \text{ }^\circ\text{C}$ в парах, после этого колбу охлаждают и дальнейшую разгонку ведут в вакууме. Таким образом,

материальный баланс разгонки дает выход бензина, промежуточной фракции и остатка. Полученные выходы пересчитывают на загрузку. Общий материальный баланс опыта представлен в таблице 3.

Таблица 1 – Общий материальный баланс

Взято	Выход	
	г	% (масс.)
Сырье.....		100
Всего.....		100
Получено		
Газ.....		
Бензин до 200 °С.....		
Фракция 200 – 350 °С.....		
Крекинг – остаток.....		
Потери.....		
Итого.....		100

Критерии оценки лабораторных работ в 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.	20
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.	16
Лабораторная работа выполнена с грубыми ошибками, полученные результаты значительно отличаются от истинных. У студента отсутствует четкий ответ на поставленные вопросы.	12
Лабораторная работа не выполнена.	0