

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Инженерно-физический факультет
Кафедра химии и химической технологии
Направление подготовки 18.03.01 – Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы Химическая техноло-
гия природных энергоносителей и углеродных материалов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой

_____ Ю.А. Гужель

« ____ » _____ 20__ г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ

Исполнитель

студент группы 818-об

_____ Е.Д. Сиротенко

(подпись, дата)

Руководитель

доцент, канд. хим. наук

_____ С.А. Лескова

(подпись, дата)

Консультант по безопасности

жизнедеятельности

доцент, канд., техн. наук

_____ А.В. Козырь

(подпись, дата)

Нормоконтроль

проф., док. хим. наук

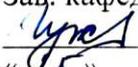
_____ Т.А. Родина

(подпись, дата)

Благовещенск 2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Инженерно-физический
Кафедра Химии и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой
 Ю.А. Гужель
« 25 » 05 2022 г.

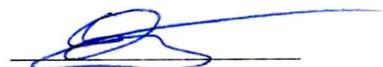
ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Сиротенко Егора Дмитриевича

1. Тема выпускной квалификационной работы: «Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ» утверждена Приказом от 04.04.2022 г №115-ОД
2. Срок сдачи студентом законченной работы 23.06.2022 г.
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: производительность вакуумного блока по сырью 254 275 кг/ч. Остаточное давление верха колонны 13 кПа. Остаточное давление зоны питания колонны 19 кПа. Расход пара 5000 кг/ч. Рабочая и нормативная документация, учебная литература, технологические схемы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов): Литературный обзор по процессам первичной переработке нефти и способам увеличения отбора вакуумного газойля. Характеристика сырья и готовой продукции установки ЭЛОУ-АВТ. Описание технологической схемы вакуумного блока. Составление материального и теплового балансов вакуумной колонны. Модернизация вакуумного блока. Обоснование модернизации. Основные требования безопасности при эксплуатации установки.
5. Перечень материалов приложения: Технологическая схема установки вакуумного блока.
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе Козырь А.В., канд. техн. наук, доцент; раздел «Безопасность и экологичность производства»
7. Дата выдачи задания 25.05.2022 г

Руководитель выпускной квалификационной работы: Лескова Светлана Анатольевна,
доцент, канд. хим. наук

Задание принял к исполнению 25.05.2022 г.



РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 63 с., 9 рисунков, 20 таблиц, 21 источник, один лист графической части формата А4.

ПЕРВИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА НЕФТИ, АТМОСФЕРНЫЙ БЛОК, ВАКУУМНЫЙ БЛОК, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОЦЕССА, ВАКУУМНЫЙ ГАЗОЙЛЬ, УВЕЛИЧЕНИЕ ОТБОРА, ПЕРЕКРЕСТНОТОЧНЫЕ НАСАДКИ, МНОГОПОТОЧНЫЕ ЗМЕЕВИКИ, ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

В выпускной квалификационной работе представлена характеристика процесса получения вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ. Проанализирована технологическая схема процесса и выявлены недостатки при эксплуатации. Предложены варианты технических решений модернизации, с целью увеличения отбора вакуумного газойля.

Выполнен расчет действующего и модернизированного вакуумного блока. Представлены основные требования безопасности при работе установки производства вакуумного газойля.

					ВКР.181136.180301.ПЗ							
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>		
<i>Разраб.</i>		<i>Сиротенко Е.Д.</i>			Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			<i>У</i>				
<i>Провер.</i>		<i>Лескова С.А.</i>								<i>3</i>	<i>63</i>	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Родина Т.А.</i>						АмГУ, ИФФ, 818-об гр.				
<i>Зав.каф.</i>		<i>Гужель Ю.А.</i>										

СОДЕРЖАНИЕ

Определения, обозначения, сокращения	6
Введение	7
1 Литературный обзор	9
1.1 Атмосферно-вакуумная перегонка нефти	9
1.2 Перегонка мазута под вакуумом	11
1.3 Область применения вакуумного газойля	12
1.4 Методы модернизации вакуумного блока	13
1.4.1 Узел ввода сырья	13
1.4.2 Вакуумсоздающие системы	14
1.4.3 Перекрестноточные насадки	16
1.4.4 Модернизация печи нагрева мазута	18
2 Технологическая часть	20
2.1 Характеристика сырья и готовой продукции	20
2.2 Технологическая схема вакуумного блока	21
2.3 Технологический расчет вакуумной колонны	25
2.3.1 Материальный баланс колонны	25
2.3.2 Тепловой баланс колонны	27
2.3.3 Расчет скорости пара и диаметра колонны	30
2.3.4 Расчет гидравлического сопротивления насадки	32
2.4 Расчет модернизированной вакуумной колонны	38
2.4.1 Замена насадки в вакуумной колонне	38
2.4.2 Замена печи нагрева мазута	40
3 Механический расчет вакуумной колонны	46
4 Безопасность и экологичность производства	56
4.1 Нормы и требования при эксплуатации ЭЛОУ-АВТ	56

					ВКР.181136.180301.ПЗ					
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>	<i>Сиротенко Е.Д.</i>				Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Лескова С.А.</i>							У	4	63
<i>Н. Контр.</i>	<i>Родина Т.А.</i>				АмГУ, ИФФ, 818-об гр.					
<i>Зав.каф.</i>	<i>Гужель Ю.А.</i>									

4.2 Влияние вакуумного газойля на экологию в условиях аварийной и безаварийной эксплуатации	57
4.2.1 Безаварийная эксплуатация вакуумного блока	57
4.2.2 Аварийная эксплуатация вакуумного блока	58
4.2.3 Влияние модернизации установки на экологию	59
Заключение	61
Библиографический список	62

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей бакалаврской работе применяются следующие сокращения с соответствующими определениями:

АТ – атмосферная трубчатка;

ВТ – вакуумная трубчатка;

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод;

КВС – конденсационно-вакуумсоздающая система;

КПД – коэффициент полезного действия;

НХС – нефтехимический синтез;

НЦО – нижнее циркуляционное орошение;

ПАВ – поверхностно-активные вещества;

ПДК – предельно допустимые концентрации;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

ЭЛОУ-АВТ – электрообессоливающая установка атмосферно-вакуумная трубчатка.

					ВКР.181136.180301.ПЗ					
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>		<i>Сиротенко Е.Д.</i>			Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Лескова С.А.</i>						У	6	63
<i>Н. Контр.</i>		<i>Родина Т.А.</i>			АмГУ, ИФФ, 818-об гр.					
<i>Зав.каф.</i>		<i>Гужель Ю.А.</i>								

ВВЕДЕНИЕ

На нефтеперерабатывающих заводах в процессе первичной переработки нефти осуществляется вакуумная перегонка мазута. Основной продукцией данного процесса является: вакуумная дизельная фракция, легкий вакуумный газойль, тяжелый вакуумный газойль, остаточный продукт – гудрон.

Отбор целевых фракций является одним из главных критериев, характеризующих эффективность работы установки. На промышленных установках первичной переработки извлечь фракции полностью не удается.

Сокращение рынка котельного топлива и увеличение ресурса сырья установок каталитического крекинга повышают важность глубокой переработки мазута, что делает проблему увеличения отбора вакуумного газойля актуальной.

Работу вакуумного блока характеризует показатель глубины отбора вакуумных фракций, главной задачей является увеличение их отбора и сведение к минимуму попадание их в гудрон.

Повысить эффективность работы вакуумного блока можно путем модернизации, используя новые технические решения. Например, применение перекрестноточных насадок высокой производительности и низким гидравлическим сопротивлением; установка технологической печи с многопоточным змеевиком, благодаря чему сырье будет меньше подвергаться деструкции; обеспечение равномерного распределения паровой и жидкой фазы по сечению колонны за счет узла ввода сырья.

Целью дипломной работы является разработка технических решений по повышению эффективности отбора вакуумного газойля.

Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Сиротенко Е.Д.</i>				У	7	63
<i>Провер.</i>		<i>Лескова С.А.</i>				АмГУ, ИФФ, 818-об гр.		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Родина Т.А.</i>						
<i>Зав.каф.</i>		<i>Гужель Ю.А.</i>						

1. Провести анализ работы установки получения вакуумного газойля с целью выявления проблем эксплуатации;
2. Предложить варианты технических решений для модернизации вакуумного блока;
3. Выполнить технологический расчет действующей установки получения вакуумного газойля и модернизированной с учетом применения новых технических решений;
4. Провести механический расчет вакуумной колонны.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						8
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Атмосферно-вакуумная перегонка нефти

Установки первичной переработки нефти составляют основу всех нефтеперерабатывающих заводов. Данная установка имеет название ЭЛОУ-АВТ и сочетает в себе аппаратуру для электрообезвоживания и электрообессоливания сырой нефти с последующей атмосферно-вакуумной переработкой [1].

В состав установки входит три основных блока:

1. Блок ЭЛОУ, предназначенный для обезвоживания и обессоливания сырой нефти;

2. Блок АТ (ректификации), основное назначение которого разделение отбензиненной нефти на бензин, керосиновую фракцию, фракции дизтоплива и мазут;

3. Блок ВТ, где осуществляется процесс перегонки мазута под вакуумом с получением вакуумного дизельного топлива, газойля и гудрона.

Сырая нефть, характеристика которой представлена в таблице 1, подается в блок ЭЛОУ, где под воздействием электрического поля, повышенной температуры и ПАВ происходит разрушение нефтяной эмульсии с последующим удалением солей и воды.

Таблица 1 – Характеристика сырья установки ЭЛОУ-АВТ

Регламентируемые показатели:	Соответствие регламенту:
1	2
Массовая доля серы, %:	
Малосернистая (1 класс)	0,60
Сернистая (2 класс)	0,61 – 1,80
Высокосернистая (3 класс)	1,81 – 3,50
Особо высокосернистая (4 класс)	3,50

					ВКР.181136.180301.ПЗ						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Сиротенко Е.Д.							У		9	63
Провер.	Лескова С.А.							АмГУ, ИФФ, 818-об гр.			
Н. Контр.	Родина Т.А.										
Зав.каф.	Гужель Ю.А.										

1	2		
Плотность при 20 °С, кг/м ³			
Особо легкая (0 тип)	830,0		
Легкая (1 тип)	830,1 – 850,0		
Средняя (2 тип)	850,1 – 870,0		
Тяжелая (3 тип)	870,1 – 895,0		
Битуминозная (4 тип)	895,0		
Норма для нефти по группам:	1	2	3
Массовая доля воды, %	0,5	0,5	1,0
Содержание хлористых солей, мг/дм ³	100	300	900
Массовая доля механических примесей, %	0,05		
Давление насыщенных паров, кПа	66,7		
Содержание хлорорганических соединений, ppm	10,0		
Норма для нефти вида:	1	2	
Массовая доля сероводорода, ppm	20	100	
Массовая доля метил- и этилмеркаптанов в сумме, ppm	40	100	

Данный этап позволяет значительно продлить срок службы оборудования, за счет уменьшения коррозии. Так же это способствует увеличению сроков службы катализаторов и повышению качества получаемой продукции [2].

После блока ЭЛОУ обезвоженная и обессоленная нефть направляется на установки первичной перегонки с целью получения дистиллятных фракций и мазута при атмосферном давлении, а затем для получения газойля и гудрона уже при вакууме.

Нефть проходит через печь, нагревается и поступает в секцию питания ректификационной колонны, где происходит однократное ее испарение с последующим разделением паров дистиллятной фракции от мазута в сепарационной секции.

Пары, поднимаясь из секции питания навстречу флегме орошения, разделяются ректификацией на целевые фракции, а из мазута за счет отпаривания водяным паром в нижней отпарной секции выделяются легкокипящие фракции. Отпаривание боковых погонов производят в стриппингах водяным паром или «глухим» подогревом.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	Лист
						10
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Орошение в ректификационной колонне создается за счет конденсации паров на верху колонны и в промежуточных ее сечениях. В вакуумной колонне процесс разделения проходит аналогично, отличаясь лишь пониженным давлением, позволяющим уменьшить температуру процесса и избежать деструкции.

Переработка нефти может осуществляться по разному, а отличие способов будет сводиться к получению различных топливных и масляных фракций. Главным образом можно выделить три основных направления переработки: топливный; топливно-масляный и комплексный (с получением сырья для НХС).

В свою очередь топливный вариант включает в себя как глубокую, так и не глубокую переработку. При не глубокой переработке получают светлые фракции и мазут с большим содержанием легкокипящих компонентов (применяется в качестве котельного топлива). В то время, как при глубокой переработке происходит более полное выделение светлых фракций из кубового остатка [3].

При работе НПЗ по топливно-масляному варианту в схему включаются установки по переработке тяжелых остатков, позволяющие в значительной мере углубить степень переработки нефти. Так, главным образом, увеличивается отбор масляных фракций.

На сегодняшний день улучшение отбора фракций на установках АВТ является важной задачей.

1.2 Перегонка мазута под вакуумом

Основное назначение блока вакуумной перегонки мазута – получение вакуумного газойля широкого фракционного состава (350 °С – 500 °С), используемого как сырье установок каталитического крекинга, гидрокрекинга или пиролиза, и, в некоторых случаях, термического крекинга с получением дистиллятного крекинг-остатка, направляемого далее на коксование с целью получения высококачественного нефтяного кокса [4].

Вакуумный газойль – продукт переработки мазута – маловязкая масса

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

темно-коричневого цвета с зеленоватым оттенком, плотностью более 0,91 г/см³, кислотным числом (в пересчете на гидроксид калия) до 4, имеющий в составе парафиновые и нафтеновые углеводороды – 70 %, ароматические углеводороды – около 30 % и малое количество примесей (азот, сера).

При проведении процесса перегонки мазута под вакуумом наиболее значимым является обеспечение оптимальных условий, обеспечивающих максимальную четкость разделения [5]. Исходя из информации, основывающейся на опыте работы действующих технологических установок, известно что при нагревании мазута до температур превышающих 410 °С, происходит интенсификация процесса термического разложения вакуумного газойля. Данный процесс влечет за собой такие негативные последствия как: образование газов разложения в большом количестве, закоксовывание и прогар змеевиков, осмоление широкой масляной фракции.

Чтобы избежать этого, необходимо строго соблюдать параметры технологического режима и использовать технологические печи с многопоточными змеевиками.

С целью понижения температуры куба колонны необходима подача квенча – холодного потока гудрона. Для понижения перепада давлений на участке испарения мазута в печи, концевые змеевики изготавливают из труб большего диаметра и уменьшают перепад высоты между узлом ввода мазута в вакуумную колонну и выходом его из печи. В вакуумной колонне применяют насадки с низким гидравлическим сопротивлением; используют вакуумсоздающую систему, обеспечивающую достаточно глубокий вакуум. Для снижения времени контакта гудрона в отгонной секции используют ограниченное количество тарелок и уменьшают диаметр низа колонны [6, 7].

1.3 Область применения вакуумного газойля

Одним из видов бюджетного горючего является газойль, но как самостоятельный продукт его не применяют из-за невысоких потребительских качеств. Однако широкое применение газойль нашел в качестве добавок и сырья

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

для установок крекинга. Основная сфера применения вакуумного газойля – установки каталитического крекинга и гидрокрекинга, которые помогают выделить легкие дистилляты и широкие масляные фракции.

Легкий газойль используют в качестве добавки к дизельному топливу, а тяжелый газойль в качестве компонента котельного топлива.

Другой способ применения фракции вакуумного газойля – получение маловязкого или печного топлива.

Из вакуумного газойля можно получить маловязкое или печное топливо, которое используется в судовой промышленности, путем добавления депрессорно-реологической присадки. Она предназначена для снижения вязкости и температуры застывания вакуумных газойлей, тяжелых топлив и высокопарафинистых мазутов [8].

Возможно использование вакуумного газойля для отопления зданий различного назначения; для эксплуатации дизель-генераторов; в сфере сельскохозяйственной и дорожно-строительной спецтехники; в качестве дешевого резервного топлива.

1.4 Методы модернизации вакуумного блока

1.4.1 Узел ввода сырья

В процессах вакуумной перегонки, важным условием является максимальный отбор целевого продукта без его разложения.

Работа вакуумной колонны в части отбора дистиллятов и их качества зависит от того, насколько полно разделена паровая и жидкая фаза, и насколько равномерно происходит распределение их по сечению колонны.

Влиять на данные требования можно с помощью узла ввода сырья, поэтому его проектирование имеет большое значение.

Тангенциальный ввод сырья в колонну является наиболее оптимальным, так как позволяет производить ввод потока без брызг, максимально удаляя жидкую фазу с пластины и делая процесс массообмена более эффективным. Однако, возможны и другие конструктивные решения [9]. На рисунке 1 представлены варианты ввода потоков в зону питания вакуумной колонны.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						13
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

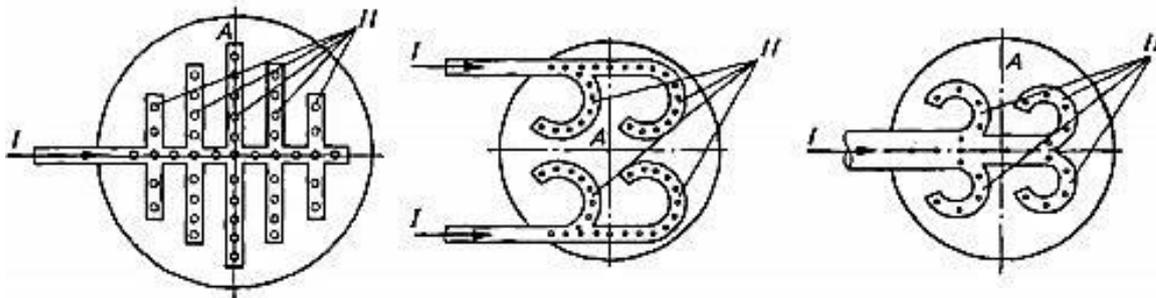


Рисунок 1 – Варианты ввода парожидкостного потока в зону питания:
 А – сечение зоны питания вакуумных колонн; I – общий поток питания;
 II – парожидкостные потоки в коллекторах-распределителях

Использование поливихревых тарелок с местной циркуляцией жидкости также позволяет интенсифицировать процесс. Данные тарелки обладают низким сопротивлением и эффективно работают при малой плотности орошения (до $20 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$), а также образуют тонкий газонасыщенный слой барботажа – данные преимущества помогают решить проблему равномерного распределения жидкости по тарелкам [10, 11].

1.4.2 Вакуумсоздающие системы

Работа вакуумного блока зависит от конденсационно-вакуумсоздающей системы (КВС). В первых вакуумсоздающих системах для конденсации паров применяли воду, которая загрязнялась нефтепродуктами, сернистыми соединениями и насыщалась газами, получающимися в процессе вакуумной разгонки мазута. Позже воду решили заменить нефтепродуктом. Применение дизельной фракции в качестве рабочего агента в барометрическом конденсаторе позволило использовать дизельные фракции и в качестве эжектирующего агента. Замена водяного пара в эжекторах на жидкостной эжектирующий агент, а также сочетание процессов конденсации и эжектирования позволяет повысить КПД процесса во много раз [12]. В настоящее время наибольшее распространение получили системы:

1. С применением барометрического конденсатора, в котором осуществляется конденсация паров;

2. С применением поверхностных конденсаторов с закрытой конденсацией паров;

3. С предвключенными паровыми эжекторами, отсасывающими газы и пары непосредственно из колонны.

Принципиальная схема многоступенчатой системы, представлена на рисунке 2.

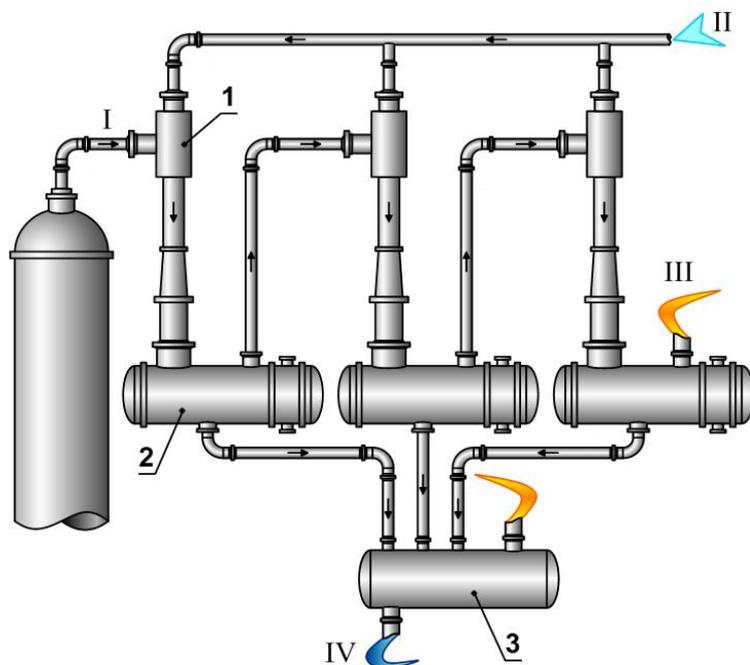


Рисунок 2 – Многоступенчатая система создания вакуума с паровыми эжекторами:

1– колонна; 2 – жидкостной эжектор; 3 – промежуточные эжекторы;
4 – стояк; 5 – разделительная емкость; 6 – холодильник; 7 – насосы.

I – мазут; II – гудрон; III – несконденсированные пары и газы;

IV – циркулирующий нефтепродукт; V – газ; VI – избыток нефтепродукта;

VII – дистилляты

Увеличение числа ступеней создания вакуума (эжектирования) позволяет уменьшить расход энергии на сжатие газов, мощность насосов и достигнуть высокой глубины вакуума. При включении всех ступеней эжектирования остаточное давление на верху колонны достигает 5 – 7 мм рт. ст. (0,67 кПа – 0,93 кПа) [13].

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		15

1.4.3 Перекрестноточные насадки

На данный момент наиболее широкое распространение для увеличения отбора вакуумного газойля при вакуумной перегонке мазута получил способ, связанный с насадочными контактными устройствами перекрестноточного типа, представленными на рисунке 3.

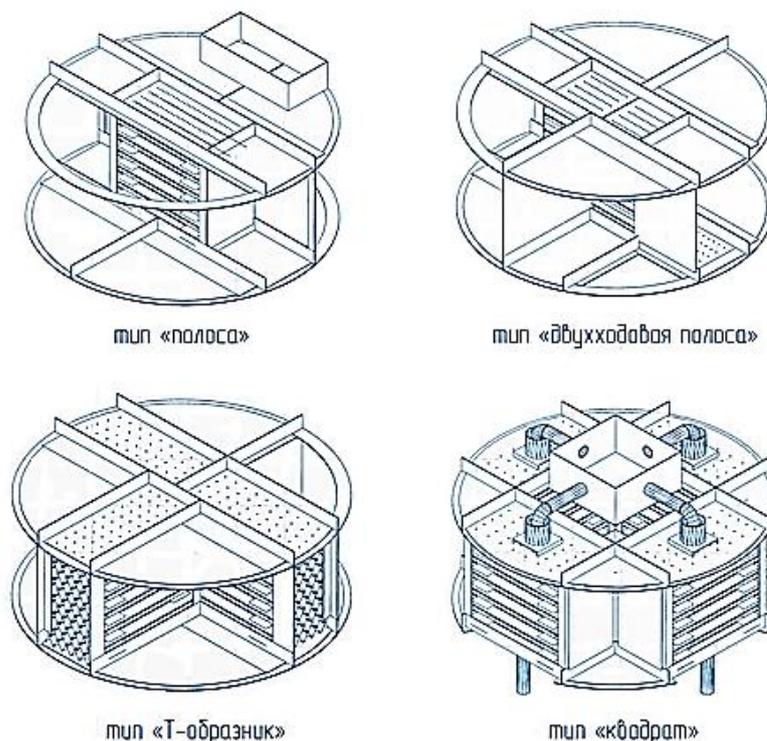


Рисунок 3 – Типы перекрестноточных насадок

Разработанные НПП «ВЭНТА» и НИПИ «ПЕГАЗ» (холдинг «ПЕГАЗ») новые высокоэффективные перекрестноточные насадки для колонн ректификации позволяют интенсифицировать процесс тепло-массообмена, снизить перепад давления и повысить коэффициент полезного действия за счет оптимального соотношения паровых и жидкостных потоков в колонне.

В противоточных насадочных колоннах насадка полностью занимает объем поперечного сечения колонны, а при использовании перекрестноточной насадки занята только часть поперечного сечения. Перекрестноточный контакт фаз позволяет поддерживать оптимальное соотношение жидкого и парового орошений с помощью изменения толщины площади поперечного сечения насадочного слоя.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		16

Благодаря этому обеспечивается высокая скорость паров без повышения гидравлического сопротивления, а также устраняются такие дефекты, как захлебывание, образование байпасных потоков и брызгоунос характерные для противоточных насадочных или тарельчатых колонн.

Преимущества перекрестноточных насадок:

1. Высокая эффективность работы в широком диапазоне нагрузок;
2. Низкий перепад давления;
3. Модульные и разборные конструкции обеспечивающие удобство монтажа и обслуживания;
4. Применение низконапорных пленочных распределителей жидкости на каждой ступени контакта;
5. Высокий срок службы ПТН (до 10 лет).

Фирма «Нефть и газ» производит насадку АВР, которая представляет собой зигзагообразные листы, с установленными между ними вертикальными решетками, где происходит взаимодействие газа и жидкости.

Применение таких контактных устройств дает возможность улучшить технико-экономические показатели процессов разделения за счет интенсификации массо- и теплообмена в промышленных аппаратах.

Благодаря большому свободному сечению насадки и высоким сепарационным свойствам, насадка способна работать в широком диапазоне нагрузок по газу и по жидкости. Насадка АВР представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Насадка АВР фирмы «Нефть и газ»

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						17
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1.4.4 Модернизация печи нагрева мазута

Следующим техническим решением для повышения отбора вакуумного газойля является замена печи для нагрева мазута.

При нагреве мазута до максимально допустимой температуры проявляются негативные последствия, чтобы их избежать уменьшают время его пребывания в печи, устраивая многопоточные змеевики; используют печи двустороннего облучения, либо уменьшают длину трубопровода, по которому мазут подается в вакуумную колонну [14].

В качестве решения предлагается замена действующей печи на новую с многопоточными змеевиками. Для модернизации рекомендуются печи фирмы ООО «Салюс».

Технологические печи «Салюс» предназначены для высокотемпературного нагрева нефти и нефтепродуктов.

Змеевики, горелочные устройства, люки-лазы находятся внутри камеры радиации; конвективная камера содержит трубные пучки, газоход и дымовую трубу. Корпус печи футеруется огнеупорными и теплоизоляционными материалами.

Нагреваемое сырье с помощью насосов сначала направляется в конвективный змеевик, где нагревается теплом дымовых газов – продуктов горения топлива горелки. Затем сырье поступает в радиантный змеевик, где догревается теплом пламени горелки, а также, теплом, отраженным от жаропрочного экрана.

Продукты горения – газы выводятся из подогревателя через дымовую трубу. Благодаря примененным в печах «Салюс» конструктивным решениям значительно снижается расход топлива для нагрева сырья, кроме того, при нагреве нефтепродуктов практически исключается образование кокса в змеевиках. Печь подогрева мазута «Салюс» типа ГН2 представлена на рисунке 5. Это трубчатая коробчатая печь с верхним отводом дымовых газов.

По согласованию в стандартную конструкцию оборудования могут вноситься изменения в зависимости от индивидуальных требований.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						18
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		



Рисунок 5 – Печь фирмы «Салюс»

Основные характеристики печи представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные характеристики печи «Салюс» типа ГН2

Показатель	ГН2/20,6
Поверхность нагрева радиантных труб, м ²	1364
Рабочая длина радиантных труб, м	20,6
Теплопроизводительность (при теплонапряжении радиантных труб 35 кВт/м ²), МВт	61,0
Габаритные размеры, м	
Длина	24,7
Ширина	15,5
Высота	50

Таким образом, в литературном обзоре представлена характеристика процесса первичной переработки нефти, рассмотрены основные блоки установки ЭЛОУ-АВТ. Проведен анализ работы вакуумного блока, выявлены недостатки процесса. Предложены варианты технических решений с целью повышения производственных показателей работы установки.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		19

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Характеристика сырья и готовой продукции

Нефть, поступающая с промыслов, служащая сырьем для установки первичной переработки нефти, сначала подвергается очистке от пластовой воды и примесей в блоке ЭЛОУ. Фракции с температурой кипения до 350 °С отгоняются при атмосферном давлении. Остаток после атмосферной перегонки – мазут – подвергается вакуумной перегонке.

Состав мазута, поступающего на вакуумный блок из атмосферной колонны, регламентируется содержанием фракций, выкипающих до 350 °С.

Содержание светлых фракций должно составлять не более 5 % по массе, так как их рост приводит к увеличению диаметра вакуумной колонны, затрудняет полную конденсацию паров на верху колонны и увеличивает загрузку вакуумсоздающей системы.

Содержание светлых фракций в мазуте определяется фракционным составом (а именно температурой конца кипения), получаемого в атмосферной колонне дизельного топлива.

Характеристика сырья вакуумной колонны представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика сырья вакуумной колонны

Наименование	Показатели	Норма
Мазут	Температура вспышки в открытом тигле, °С	90
	Кинематическая вязкость при 100 °С, сСт	30,4
	Плотность при 20 °С, кг/м ³	930

Остаток вакуумной перегонки – гудрон – (фракция с температурой кипения более 500 °С) используется в качестве сырья установок термокрекинга, висбрекинга, коксования и получения битума. При вакуумной перегонке можно получить узкие масляные фракции (350 °С – 400 °С, 400 °С – 450 °С, 450 °С

					ВКР.181136.180301.ПЗ					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Сиротенко Е.Д.			У					20	63
Провер.	Лескова С.А.									
Н. Контр.	Родина Т.А.									
Зав.каф.	Гужель Ю.А.									
								АмГУ, ИФФ, 818-об гр.		

– 500°С), из которых в дальнейшем производят дистиллятные масла.

Основные свойства и качество продуктов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика продуктов вакуумной колонны

Показатель	Вакуумный газойль	Гудрон
Плотность при 20 °С, кг/м ³	Не нормируется	В качестве компонента мазута – не нормируется; В качестве сырья установки замедленного коксования – 1000
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	61	-

2.2 Технологическая схема вакуумного блока

Сырьем для вакуумного блока, представленного на рисунке 6, является мазут, полученный в процессе ректификации нефти в атмосферной колонне.

Мазут с куба атмосферной колонны подается на две параллельно работающие трубчатые печи П-1 и П-2.

Пройдя конвекционные и радиантные камеры печи, мазут, объединившись в один поток, в парожидкостном состоянии поступает по трубопроводу через распределительное устройство в вакуумную колонну К-1 на первую клапанную двухпоточную тарелку.

В вакуумной колонне К-1 при абсолютном давлении верха колонны происходит «сухая», без подачи в колонну водяного пара, перегонка мазута с отбором боковых погонов компонента судового топлива и вакуумного газойля.

В качестве контактных устройств для обеспечения тепло- и массообмена для необходимой четкости фракционирования и минимальных гидравлических потерь при прохождении паров по высоте колонны, используются четыре пакета насадки «Вакупак».

Вывод боковых погонов и циркуляционных орошений осуществляется с двух «глухих» тарелок, конструкция которых обеспечивает проход только паров. В нижней, отпарной части колонны К-1, расположены две клапанные двухпоточные тарелки.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						21
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

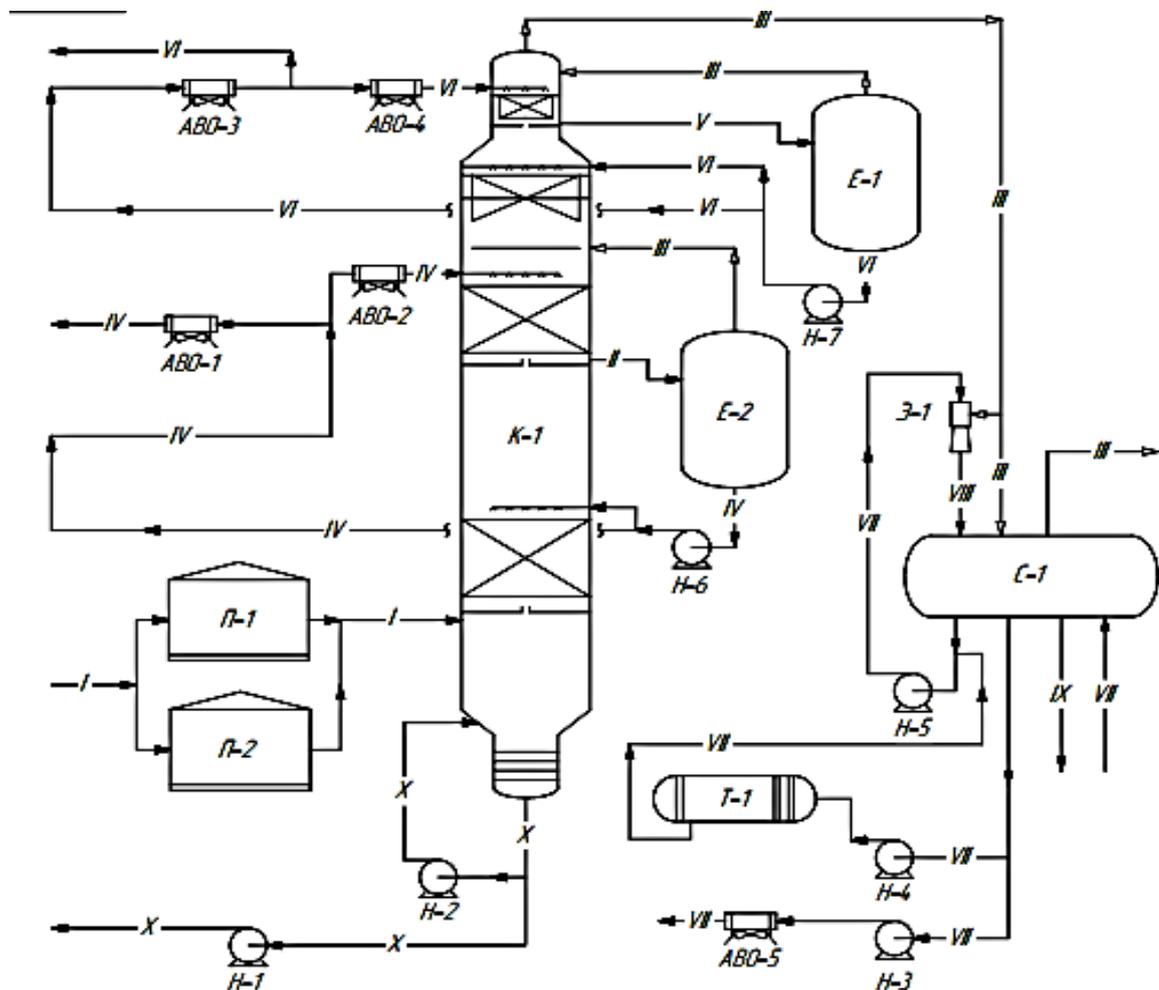


Рисунок 6 – Вакуумный блок

П-1, 2 – печь для подогрева мазута; К-1 – вакуумная колонна;

Е-1 – вакуумприемник для компонента судового топлива;

Е-2 – вакуумприемник для вакуумного газойля;

АВО-1, 2, 3, 4, 5 – аппарат воздушного охлаждения;

Н-1, 2, 3, 4, 6, 7 – центробежный насос; Н-5 – вакуумный насос;

Э-1 – эжектор; С-1 – сепаратор; Т-1 – водяной холодильник.

I – мазут; II – смесь вакуумного газойля и газов разложения;

III – газы разложения; IV – вакуумный газойль;

V – смесь компонента судового топлива и газов разложения;

VI – компонент судового топлива; VII – рабочая жидкость;

VIII – газы разложения и рабочая жидкость; IX – водяной конденсат;

X – гудрон; XI – обратная вода

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ВКР.181136.180301.ПЗ

Лист

22

Выше эвапорационной части находится концентрационная часть, состоящая из четырех секций:

1. Секция компонента судового топлива;
2. Секция ректификации;
3. Секция вакуумного газойля;
4. Секция промывки.

Секция компонента судового топлива находится в верхней части колонны и состоит из пакета № 1. Под первым пакетом расположена «глухая» тарелка для сбора дизельного дистиллята. С верхней «глухой» тарелки компонент судового топлива самотеком поступает в вакуумприемник Е-1.

Пары из Е-1 возвращаются по трубопроводу в колонну К-1, компонент судового топлива поступает на прием насоса Н-7, после которого делится на два потока.

Первый поток возвращается через распределительное устройство, для равномерного распределения по всей поверхности пакета, в колонну на вторую секцию насадки в виде горячего орошения. Второй поток направляется в аппарат воздушного охлаждения АВО-3.

После АВО-3 балансовое количество судового топлива выводится с установки, а часть потока, доохладившись в АВО-4, подается в качестве верхнего циркуляционного орошения (ВЦО) в колонну К-1 на первую секцию насадки.

Секция ректификации расположена под секцией компонента судового топлива и состоит из пакета насадки «Вакупак» № 2 и предназначена для четкости фракционирования и снижения наложения фракционных составов между вакуумной дизельной фракцией и вакуумным газойлем.

Секция вакуумного газойля расположена под секцией ректификации и состоит из пакета «Вакупак» № 3.

Под третьим пакетом расположена «глухая» тарелка для сбора вакуумного газойля. С «глухой» тарелки вакуумный газойль с температурой 262 °С поступает в вакуумприемник Е-2.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						23
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Пары из Е-2 возвращаются по трубопроводу в колонну К-1, а вакуумный газойль поступает на прием насоса Н-6, после которого делится на два потока.

Первый поток возвращается через распределительное устройство, для равномерного распределения по всей поверхности пакета в колонну на четвертую секцию насадки в виде горячего орошения.

Второй поток делится еще на два потока: первый поток, в качестве нижнего циркуляционного орошения (НЦО), охлаждается в аппарате воздушного охлаждения АВО-2 и возвращается в колонну К-1 на третью секцию насадки; балансовое количество вакуумного газойля, охлаждаясь в аппарате воздушного охлаждения АВО-1 выводится с установки.

Секция промывки расположена под секцией вакуумного газойля и состоит из пакета насадки «Вакупак» № 4 и предназначена для четкости фракционирования между вакуумным газойлем и гудроном.

С низа колонны К-1 гудрон поступает на прием насоса Н-2. Гудрон пропускают через фильтр, расположенный на всасывающем трубопроводе, для исключения забивания лопаток рабочего колеса насосов частицами кокса. С нагнетания насоса гудрон поступает на нагрев обессоленной нефти и выводится с установки. Для снижения крекинга в отгонную часть колонны К-1 вводится охлажденный гудрон (квенч).

Необходимое остаточное давление (2,4 кПа – 4,4 кПа) в верхней части колонны К-1 поддерживается с помощью вакуумсоздающей системы (ВСС) состоящей из: вакуумсоздающего устройства Э-1; лоточно-жалюзийного сепаратора С-1; насосов Н-3,4,5; теплообменников; фильтров.

Рабочим агентом в вакуумсоздающем устройстве является компонент судового топлива (атмосферный газойль).

Рабочий агент с помощью наноса Н-5 подается через фильтр в вакуумсоздающее устройство Э-1. Важным фактором в работе вакуумсоздающего устройства является поддержание параметров рабочей жидкости поступающей в Э-1 в рекомендуемом интервале значений: давление – 4,7 МПа – 6,1 МПа; температура – 20 °С – 40 °С.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Откачиваемая с верха вакуумной колонны К-1 парогазовая смесь поступает в качестве пассивного (сжимаемого) рабочего тела на вход вакуумсоздающего устройства Э-1. В Э-1 происходит сжатие газов разложения и незначительного количества паров дизельной фракции до остаточного давления на верху колонны К-1 за счет кинетической энергии рабочей жидкости и одновременная абсорбция части углеводородов. Из вакуумсоздающего устройства газожидкостная смесь поступает в затворную секцию лоточно-жалюзийного сепаратора С-1. Сепаратор оборудован специальными внутренними устройствами, на которых происходит отделение газовой фазы и сконденсировавшихся паров воды из рабочей жидкости. Газы разложения из сепаратора С-1 поступают в печь на дожиг.

Отделенная от рабочей жидкости вода из грязевика, установленного в нижней части сепаратора, самотеком выводится в промышленную канализацию.

Для поддержания температуры рабочего агента, часть рабочей жидкости из сепаратора С-1 поступает для захлаживания в холодильник Т-1 посредством насоса Н-4. В качестве хладагента, для обеспечения необходимого теплосъема в Т-1 используется обратная вода. Охлажденный рабочий агент, смешавшись с компонентом судового топлива из С-1, поступает на прием насоса Н-3.

Балансовая часть компонента судового топлива (атмосферного газойля) выводится с установки путем вовлечения ее в компонент судового топлива (вакуумную дизельную фракцию) перед АВО-5. На выходе с теплообменников обратная вода выводится на блок обратного водоснабжения.

2.3 Технологический расчет вакуумной колонны

2.3.1 Материальный баланс колонны

Материальный баланс составляем на основе данных о выходах продуктов из сырья [15]. Из таблиц материальных потоков установки ЭЛОУ-АВТ находим массовый расход мазута, который составляет $G_m = 254275$ кг/ч. В таблице 5 представлен выход потоков из вакуумной колонны.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						25
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Таблица 5 – Выход продуктов

Наименование потока	Выход, % масс.
Вакуумный погон	65,70
Гудрон	31,30
Газы разложения	3,00
Итого:	100,00

Расход вакуумного газойля:

$$G_{\text{вг}} = \frac{\eta_{\text{вг}}}{100} \cdot G_{\text{м}} \quad (1)$$

$$G_{\text{вг}} = \frac{65,70}{100} \cdot 254275 = 167058,68 \text{ кг/ч}$$

Расход гудрона:

$$G_{\text{г}} = \frac{\eta_{\text{г}}}{100} \cdot G_{\text{м}} \quad (2)$$

$$G_{\text{г}} = \frac{31,30}{100} \cdot 254275 = 79588,08 \text{ кг/ч}$$

Расход газов разложения:

$$G_{\text{вдф}} = \frac{\eta_{\text{гр}}}{100} \cdot G_{\text{м}} \quad (3)$$

$$G_{\text{гр}} = \frac{3,00}{100} \cdot 254275 = 7628,25 \text{ кг/ч}$$

Результаты заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Материальный баланс вакуумной колонны

Приход			Расход		
Фракция:	Расход, кг/ч	%	Фракция:	Расход, кг/ч	%
Мазут	254275,00	100,00	Вакуумный газойль	167058,68	65,70
Итого:	254275,00	100,00	Гудрон	79588,07	31,30
			Газы разложения	7628,25	3,00
			Итого:	254275,00	100,00

Материальный баланс первой и второй секции представлен в таблице 7 и 8, соответственно.

Таблица 7 – Материальный баланс первой секции

Приход			Расход		
Паровая фаза:	%	кг/ч	Паровая фаза:	%	кг/ч
Вакуумный газойль	34,35	167058,68	Вакуумный газойль	68,7	167058,68
Гудрон	31,30	79588,07	Газы разложения		7628,25
Газы разложения	34,35	7628,25	Жидкая фаза:		
Итого:	100,00	254275,00	Гудрон	31,30	79588,07
			Итого	100	254275,00

Таблица 8 – Материальный баланс второй секции

Приход			Расход		
Паровая фаза:	%	кг/ч	Паровая фаза:	%	кг/ч
Вакуумный газойль	95,6	167058,68	Газы разложения	4,4	7628,25
Газы разложения	4,4	7628,25	Жидкая фаза:		
Итого:	100,00	174686,93	Вакуумный газойль	95,6	167058,68
			Итого:	100	174686,93

2.3.2 Тепловой баланс колонны

Расчет первой секции.

Приход:

Фракция н.к. – 350 °С:

$$I_{гр} = 4,19 \cdot (50,2 + 0,109 \cdot t_1 + 0,00014 \cdot t_1^2) \cdot (4 - d_{15}) - 73,8 \quad (4)$$

$$I_{гр} = 4,19 \cdot (50,2 + 0,109 \cdot 420 + 0,00014 \cdot 420^2) \cdot (4 - 0,855) - 73,8 = 1,516 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{гр} = I_{гр} \cdot G_{гр} \quad (5)$$

$$Q_{гр} = 1516 \cdot 7628,25 = 11564427 \text{ кДж/ч}$$

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		27

Далее расчет ведем аналогично формулам (4) и (5):

Фракция 350 °С – 500 °С:

$$I_{\text{вг}} = 4,19 \cdot (50,2 + 0,109 \cdot 420 + 0,00014 \cdot 420^2) \cdot (4 - 0,815) - 73,8 = 1,485 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{вг}} = 1485 \cdot 167058,68 = 248082139,8 \text{ кДж/ч}$$

Водяной пар:

$$Q_{\text{вп}} = 3282,4 \cdot 5000 = 16412000 \text{ кДж/ч}$$

Фракция н.к. – 500 °С:

$$I_{\text{г}} = 4,19 \cdot (0,403 \cdot t_1 + 0,000405 \cdot t_1^2) \cdot \frac{1}{\sqrt{d_{\text{г}}}} \quad (6)$$

$$I_{\text{г}} = 4,19 \cdot (0,403 \cdot t_1 + 0,000405 \cdot t_1^2) \cdot \frac{1}{\sqrt{1,077}} = 971,82 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{г}} = 971,82 \cdot 79588,07 = 77345278,19 \text{ кДж/ч}$$

Расход:

Фракция н.к. – 350 °С:

$$I_{\text{гр1}} = 4,19 \cdot (50,2 + 0,109 \cdot 420 + 0,00014 \cdot 420^2) \cdot (4 - 0,855) - 73,8 = 1,414 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{гр1}} = 1414 \cdot 7628,25 = 10786345,5 \text{ кДж/ч}$$

Фракция 350 °С – 500 °С:

$$I_{\text{вг1}} = 4,19(50,2 + 0,109 \cdot 420 + 0,00014 \cdot 420^2) \cdot (4 - 0,815) - 73,8 = 1,385 \cdot 10^3 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_{\text{вг1}} = 1385 \cdot 167058,68 = 231376271,8 \text{ кДж/ч}$$

Водяной пар:

$$Q_{\text{вп}} = 3282,4 \cdot 5000 = 16412000 \text{ кДж/ч}$$

Фракция н.к. – 500 °С:

$$I_{\text{г}} = 4,19 \cdot (0,403 \cdot t_1 + 0,000405 \cdot t_1^2) \cdot \frac{1}{\sqrt{d_{\text{г}}}}$$

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						28
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$I_r = 4,19 \cdot (0,403 \cdot 400 + 0,000405 \cdot 400^2) \cdot \frac{1}{\sqrt{1,077}} =$$

$$= 912,462 \text{ кДж/кг}$$

$$Q_r = 912,462 \cdot 79588,07 = 72621089,53 \text{ кДж/ч}$$

Тепловой баланс первой секции представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Тепловой баланс первой секции колонны

Приход				Расход			
Фракция	кг/ч	кДж/кг	кДж/ч	Фракция	кг/ч	кДж/кг	кДж/ч
Паровая фаза:				Паровая фаза:			
н.к – 350 °С	7628,25	1516	11564427	н.к – 350 °С	7628,25	1414	10786345
350 °С – 500 °С	167058,68	1485	248082139	350 °С – 500 °С	167058,68	1385	231376271
Жидкая фаза:				Водяной пар	5000,00	3282,4	16412000
Гудрон	79588,07	971,82	77345278	Жидкая фаза:			
Водяной пар	5000,00	3282,4	16412000	Гудрон	79588,07	912,462	72621089
Итого:	259275,00	-	35340384	Итого:	259275,00	-	331195706

Избыток тепла в первой секции составляет:

$$\Delta Q_1 = 353403844,99 - 331195706,83 = 22208138,16 \text{ кДж/ч}$$

Расчет второй секции выполнен аналогично, результат сведен в таблицу 10.

Таблица 10 – Тепловой баланс второй секции колонны

Приход				Расход			
1				2			
Фракция	кг/ч	кДж/кг	кДж/ч	Фракция	кг/ч	кДж/кг	кДж/ч

1				2			
Паровая фаза:				Паровая фаза:			
н.к. – 350 °С	7628,25	1414	10786345	н.к. – 350 °С	7628,25	749,79	5719585
350 °С – 500 °С	167058,68	1385	23137627	Водяной пар	5000,00	2689,9	13499500
Водяной пар	5000,00	3282,4	16412000	Жидкая фаза:			
Итого:	179686,93	-	33119570	350 °С – 500 °С	167058,68	941,64	157309135
				Итого:	179686,93	-	176528221

Избыток тепла во второй секции составляет:

$$\Delta Q_2 = 331195706,83 - 176528221,01 = 154667485,82 \text{ кДж/ч}$$

2.3.3 Расчет скорости пара и диаметра колонны

Диаметр колонны рассчитываем исходя из максимального расхода паров и их допустимой скорости [16].

Диаметр верха колонны.

По формуле (7) находим объем паров:

$$V_{\text{п}} = 22,4 \cdot \frac{T}{273} \cdot \frac{0,101}{P} \cdot \sum \frac{G_{\text{м}}}{M_{\text{м}}} \quad (7)$$

где T – температура, К;

P – давление, МПа;

$G_{\text{м}}$ – расход мазута, кг/ч;

$M_{\text{м}}$ – молекулярная масса мазута.

Рассчитываем молекулярную массу мазута:

$$M_{\text{м}} = \frac{44,99 \cdot \rho_{15}^{15}}{1,03 - \rho_{15}^{15}} \quad (8)$$

где ρ_{15}^{15} – плотность мазута.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						30
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$\rho_{15}^{15} = \rho_4^{20} + 5 \cdot \alpha \quad (9)$$

где ρ_4^{20} – плотность мазута, справочная величина (0,9300 г/см³);

α – температурная поправка.

$$\rho_{15}^{15} = 0,9300 + 5 \cdot 0,00059 = 0,9330 \text{ г/см}^3$$

$$V_{\Pi} = 22,4 \cdot \frac{401 + 272}{273} \cdot \frac{0,101}{0,009} \cdot \frac{254275}{432,6 \cdot 3600} = 101,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр колонны рассчитываем по формуле (10):

$$D_{\text{к}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\Pi}}{\pi \cdot w_{\text{p}}}} \quad (10)$$

где w_{p} – рабочая скорость пара, м/с, определяемая из соотношения:

$$w_{\text{p}} = 0,75 \div 0,85 \cdot w_3 \quad (11)$$

где w_3 – скорость при захлебывании, м/с.

$$w_3 = \pi \cdot k \cdot \left(\frac{a}{\varepsilon^3} \cdot \frac{\rho_{\Pi}}{\rho_{\text{ж}}} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{ж}}}{0,001} \right)^{0,12} \cdot \varphi \right)^{-0,5} \quad (12)$$

где k – коэффициент, принимаем 0,5;

a – удельная поверхность насадки;

ε – пористость насадки, $\varepsilon = 0,9$;

ρ_{Π} – плотность пара, $\rho_{\Pi} = 1,98 \text{ кг/м}^3$;

$\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости (978,16 кг/м³);

$\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость жидкости (0,0004984 Па·с);

φ – коэффициент определяемый по формуле (13):

$$\varphi = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{в}}} \quad (13)$$

$$\varphi = \frac{978,16}{997} = 0,9811$$

$$w_3 = 3,14 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{200}{0,9^3} \cdot \frac{1,98}{978,16} \cdot \left(\frac{0,0004984}{0,001} \right)^{0,12} \cdot 0,9811 \right)^{-0,5} =$$

$$= 2,23 \text{ м/с}$$

Тогда рабочая скорость пара:

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						31
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$w_p = 0,84 \cdot 2,23 = 1,87 \text{ м/с}$$

Диаметр верха колонны составит:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 101,2}{3,14 \cdot 1,87}} = 8,3 \text{ м}$$

Расчет диаметра низа колонны проводим аналогичным способом.

Находим молекулярную массу гудрона:

$$M_r = \frac{44,99 \cdot \rho_{15}^{15}}{1,03 - \rho_{15}^{15}} \quad (14)$$

Согласно справочным данным, плотность гудрона $\rho_4^{20} = 1,0070 \text{ г/см}^3$.

$$\rho_{15}^{15} = 1,0070 + 5 \cdot 0,000515 = 1,0096 \text{ г/см}^3$$

$$M_r = \frac{44,99 \cdot 1,0096}{1,03 - 1,0096} = 2226,47$$

Давление низа колонны:

$$P_H = P + n \cdot \Delta P_{от} \quad (15)$$

где n – количество отгонных тарелок, $n = 2$;

$\Delta P_{от}$ – перепад давлений между отгонными тарелками, $\Delta P_{от} = 0,4 \text{ кПа}$.

$$P_H = 0,009 + 2 \cdot 0,0004 = 0,0098 \text{ МПа}$$

Объем гудрона:

$$V_r = 22,4 \cdot \frac{401 + 272}{273} \cdot \frac{0,101}{0,009} \cdot \sum \frac{79588,08}{2226,47 \cdot 3600} = 6,12 \text{ м}^3/\text{с}$$

Диаметр низа колонны:

$$D_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,12}{3,14 \cdot 0,48}} = 4,05 \text{ м}$$

2.3.4 Расчет гидравлического сопротивления насадки

Рассчитываем флегмовое число и число теоретических тарелок первой секции. Произведем замену фракций углеводородов на простые алканы нормального строения.

Фракция вакуумного газойля ($350 \text{ }^\circ\text{C} - 500 \text{ }^\circ\text{C}$).

Принимаем н-гексакозан ($\text{C}_{26}\text{H}_{54}$), $t_{кип} = 417 \text{ }^\circ\text{C}$, $M = 366 \text{ кг/кмоль}$.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						32
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Фракция гудрона (500 °С – к.к.).

Принимаем: н-пентатриаконтан (C₃₅H₇₂), t_{кип} = 511 °С, М = 492 кг/кмоль

Смесь углеводородов, перегоняемую в первой секции заменяем на бинарную. В качестве низкокипящего компонента принимаем н-гексакозан, в качестве высококипящего – н-пентатриаконтан.

Рассчитываем мольные концентрации на входе и выходах из секции.

$$x_f = \frac{\frac{(x_{вг} + x_{гр})}{100} \cdot \frac{100}{M_{нг}}}{\frac{(x_{вг} + x_{гр})}{100} \cdot \frac{100}{M_{нг}} + \frac{1 - (x_{вг} + x_{гр})}{100} \cdot \frac{100}{M_{нп}}} \quad (16)$$

где x_{гр} – выход газов разложения, % масс;

x_{вг} – выход вакуумного погона, % масс;

M_{нг}, M_{нп} – молярная масса низкокипящего и высококипящего компонента, г/моль.

$$x_f = \frac{\frac{(65,70 + 3)/100}{366}}{\frac{(65,70 + 3)/100}{366} + \frac{1 - (65,70 + 3)/100}{492}} = 0,75 \text{ мол. дол.}$$

Состав куба и дистиллята рассчитываем по формуле (17):

$$X = \frac{P_{атм} - P_{нп}}{P_{нг} - P_{нп}} \quad (17)$$

где P_{атм} – атмосферное давление;

P_{нг}, P_{нп} – давление низкокипящего и высококипящего компонента, рассчитывается с помощью уравнения Антуана:

$$P = 10^{A - \frac{B}{C+t}} \cdot 132,89 \quad (18)$$

где А, В, С – параметры Антуана, представленные в таблице 7.

Таблица 11 – Параметры уравнения Антуана

Алкан	Коэффициент		
	А	В	С
н-гексакозан	7,62867	2434,747	96,1
н-пентатриаконтан	5,778045	1598,23	40,5

Расчет состава куба ведем при температуре 500 °С.

$$P_{\text{НГ}} = 10^{7,62867 - \frac{2434,747}{96,1+500}} \cdot 132,89 = 465266 \text{ Па}$$

$$P_{\text{НП}} = 10^{5,778045 - \frac{1598,23}{40,5+500}} \cdot 132,89 = 88021 \text{ Па}$$

$$X = \frac{100000 - 88021}{465266 - 88021} = 0,032 \text{ мол. дол.}$$

Расчет состава дистиллята осуществляем при температуре 420 °С.

$$P_{\text{НГ}} = 10^{7,62867 - \frac{2434,747}{96,1+420}} \cdot 132,89 = 108287 \text{ Па}$$

$$P_{\text{НП}} = 10^{5,778045 - \frac{1598,23}{40,5+420}} \cdot 132,89 = 26971 \text{ Па}$$

$$X = \frac{100000 - 26971}{108287 - 26971} = 0,898 \text{ мол. дол.}$$

Определяем относительную летучесть α по формуле:

$$\alpha = \frac{M_{\text{НГ}}}{M_{\text{НП}}} \quad (19)$$

Температура на выходе из куба $t_{\text{к}} = 410$ °С, тогда:

$$P_{\text{НГ}} = 10^{7,62867 - \frac{2434,747}{96,1+410}} \cdot 132,89 = 87370 \text{ Па}$$

$$P_{\text{НП}} = 10^{5,778045 - \frac{1598,23}{40,5+410}} \cdot 132,89 = 22587 \text{ Па}$$

$$\alpha = \frac{87370}{22587} = 3,87$$

Температура на выходе из дистиллята $t_{\text{д}} = 363$ °С, тогда:

$$P_{\text{НГ}} = 10^{7,62867 - \frac{2434,747}{96,1+363}} \cdot 132,89 = 28110 \text{ Па}$$

$$P_{\text{НП}} = 10^{5,778045 - \frac{1598,23}{40,5+363}} \cdot 132,89 = 8722 \text{ Па}$$

$$\alpha = \frac{28110}{8722} = 3,23$$

Средняя относительная летучесть:

$$\alpha = \frac{3,87 + 3,23}{2} = 3,55$$

Строим кривую равновесия по формуле:

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + (\alpha - 1) \cdot x} \quad (20)$$

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						34
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Кривая равновесия представлена на рисунке 7.

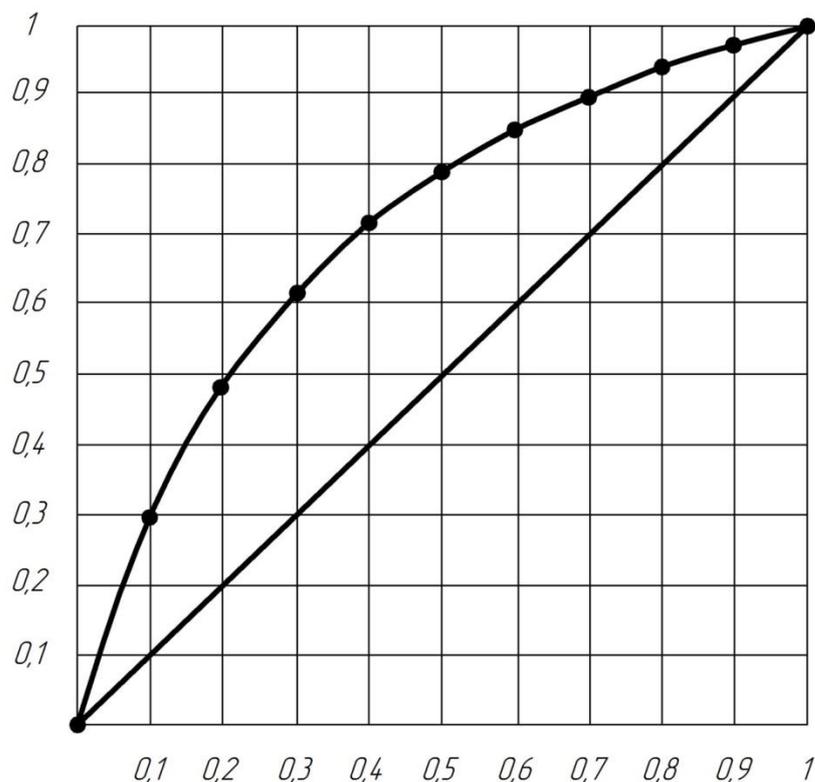


Рисунок 7 – Кривая равновесия

Минимальное флегмовое число рассчитываем по формуле:

$$R_m = \frac{x_d - y_f}{y_f - x_f} \quad (21)$$

где $y_f = 0,917$ мол. дол.

$$R_m = \frac{0,979 - 0,917}{0,917 - 0,75} = 0,37$$

Рабочее число флегмы:

$$R = R_m \cdot \beta \quad (22)$$

где β – избыток флегмы, принимаем $\beta = 2$.

$$R = 0,37 \cdot 2 = 0,74$$

Определив оптимальное флегмовое число, строим рабочую линию и находим с помощью рисунка 8 число теоретических тарелок.

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

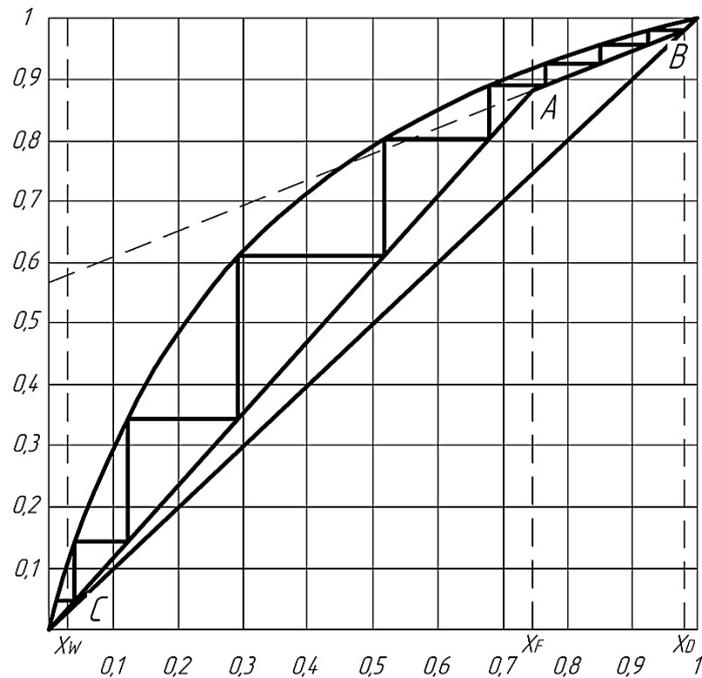


Рисунок 8 – Теоретические тарелки

Уравнение рабочей линии:

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_d}{R+1} \quad (23)$$

$$y = \frac{0,74}{0,74+1} \cdot x + \frac{0,979}{0,74+1} = 0,425 \cdot x + 0,56$$

Количество теоретических тарелок $N_T = 8$; в верхней части – 3; в нижней части – 5.

Высота насадочного слоя:

$$H = N_T \cdot h_T \quad (24)$$

где h_T – высота для одной теоретической тарелки, мм.

В данном случае h_T составляет 710 – 1000 мм, принимаем $h_T = 710$ мм.

$$H = 8 \cdot 710 = 5680 \text{ мм}$$

Определяем гидравлическое сопротивление неорошаемого слоя:

$$\Delta P_H = \lambda \cdot \frac{H}{d_3} \cdot \frac{\rho_r \cdot w^2}{2} \quad (25)$$

где λ – коэффициент трения;

H – высота слоя насадки, м;

d_3 – эквивалентный диаметр, м;

w – скорость газа, м/с.

Эквивалентный диаметр найдем по формуле (26):

$$d_э = \frac{4 \cdot \varepsilon}{a} \quad (26)$$

$$d_э = \frac{4 \cdot 0,9}{200} = 0,018 \text{ м}$$

Скорость газа рассчитывается по формуле (27):

$$w = \frac{w_p}{\varepsilon} \quad (27)$$

$$w = \frac{1,78}{0,99} = 1,79 \text{ м/с}$$

$$\lambda = \frac{18,5}{Re^{0,6}} \quad (28)$$

$$Re^{0,6} = \frac{w_p \cdot d_э \cdot \rho_r}{\mu_r} \quad (29)$$

где μ_r – динамическая вязкость, принимаем $0,73 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

$$Re^{0,6} = \frac{1,78 \cdot 0,018 \cdot 1,79}{0,73 \cdot 10^{-5}} = 7856$$

$$\lambda = \frac{18,5}{7856^{0,6}} = 0,085$$

$$\Delta P_H = 0,085 \cdot \frac{5,680}{0,018} \cdot \frac{1,99 \cdot 1,79^2}{2} = 85,27 \text{ Па}$$

Полное гидравлическое сопротивление найдем по формуле (30):

$$\Delta P = \Delta P_H + \Delta P_{пж} = \Delta P_H \cdot \left(1 + \frac{\Delta P_{пж}}{\Delta P_H}\right) = A \cdot \Delta P_H \quad (30)$$

где $\Delta P_{пж}$ – сопротивление потоков пара и жидкости, Па;

A – коэффициент, рассчитывается по формуле (31):

$$A = 1 + C \cdot \left(\frac{L}{G}\right)^{0,405} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_ж}\right)^{0,225} \cdot \left(\frac{\mu_r}{\mu_ж}\right)^{0,0405} \quad (31)$$

где L – массовый расход жидкости;

G – массовый расход газа;

C – коэффициент, принимаем 4,5;

$\mu_ж$ – динамическая вязкость жидкости, равная 0,0004984 Па·с.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						37
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Из данных регламента массовый расход жидкости составит :

$$A = 1 + 4,5 \cdot \left(\frac{143665}{110610}\right)^{0,405} \cdot \left(\frac{1,99}{978,15}\right)^{0,225} \cdot \left(\frac{0,0004984}{0,73 \cdot 10^{-5}}\right)^{0,0405} = 2,42$$

$$\Delta P = 2,42 \cdot 85,27 = 206 \text{ Па}$$

Таким образом, с помощью расчетов определили: диаметр верха колонны – 8,3 м; диаметр низа колонны – 4,05 м; высота насадочного слоя – 5680 мм; гидравлическое сопротивление насадки – 206 Па.

2.4 Расчет модернизированной вакуумной колонны

С целью увеличения эффективности работы вакуумного блока предложены следующие наиболее эффективные технические решения: замена насадки «Вакупак» на новую перекрестноточную насадку фирмы НПП «ВЭНТА» и НИПИ «ПЕГАЗ»; замена действующей технологической печи на печь фирмы «Салюс».

Для увеличения отбора вакуумного газойля модернизируем колонну.

2.4.1 Замена насадки в вакуумной колонне

Насадка представляет собой высокопроизводительную перекрестноточную насадку (на 25 % выше производительность в сравнении с регулярной насадкой «Вакупак»). Новые насадки объединяют в себе такие преимущества как малое гидравлическое сопротивление (в 6 раз меньше, чем у клапанных), высокая массообменная эффективности и производительность.

Данные преимущества позволяют повысить четкость разделения погонов, как следствие, это приведет к увеличению отбора вакуумного газойля. Основным параметром эффективности насадки является ее гидравлическое сопротивление. Произведем расчет гидравлического сопротивления новой насадки без изменения габаритных размеров. Скорость газа, коэффициент трения и критерий Рейнольдса рассчитаем по формулам (27), (28), (29) соответственно:

$$w = \frac{1,98}{0,99} = 2 \text{ м/с}$$

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						38
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$Re^{0.6} = \frac{2 \cdot 0,018 \cdot 1,79}{0,73 \cdot 10^{-5}} = 8827,4$$

$$\lambda = \frac{18,5}{8827,4^{0.6}} = 0,079$$

$$\Delta P_H = 0,079 \cdot \frac{5,680}{0,018} \cdot \frac{1,99 \cdot 2^2}{2} = 99,1 \text{ Па}$$

По формуле (31) найдем коэффициент А.

$$A = 1 + 4,5 \cdot \left(\frac{226358}{175839}\right)^{0,405} \cdot \left(\frac{1,99}{978,15}\right)^{0,225} \cdot \left(\frac{0,0004984}{0,73 \cdot 10^{-5}}\right)^{0,0405} = 1,47$$

$$\Delta P = 1,47 \cdot 99,1 = 146 \text{ Па}$$

Сравнительные характеристики действующей насадки «Вакупак» и предлагаемой перекрестноточной насадки представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Сравнительные характеристики действующей и разработанной насадки

Параметры	Действующая насадка (Вакупак)	Разработанная насадка (ПТН)
Нагрузка, F, Па ^{0,5}	0,25 – 2,2	0,2 – 1,0
Гидравлическое сопротивление, ΔP, кПа	0,25	0,15
Перепад давления по колонне, кПа	2,0	1,3

Таким образом, произвели расчет гидравлического сопротивления фактической насадки и разработанной, который показал, что новая перекрестноточная насадка обладает меньшим гидравлическим сопротивлением.

Согласно закономерности о том, что гидравлическое сопротивление увеличивается пропорционально квадрату увеличения отбора вакуумного газойля, можно сделать вывод, что выход вакуумного газойля будет ограничиваться некой постоянной величиной максимального гидравлического сопротивления в системе, достигнув которой, расход продукта перестает расти.

Поэтому применение насадки с более низким гидравлическим сопротивлением позволит решить данную проблему. Исходя из данной закономерности,

можно сделать вывод о следующем закономерном влиянии гидравлического сопротивления насадки на выход вакуумного газойля:

$$G_{\text{вг1}}^2 \cdot \Delta P_1 = G_{\text{вг2}}^2 \cdot \Delta P_2 \quad (32)$$

где $G_{\text{вг1}}^2$ и $G_{\text{вг2}}^2$ – массовый расход вакуумного газойля до и после замены насадки соответственно;

ΔP_1 и ΔP_2 – гидравлическое сопротивление действующей и новой насадки соответственно.

Рассчитаем увеличение выхода вакуумного газойля при замене насадки «Вакупак» на новую перекрестноточную насадку:

$$G_{\text{вг2}}^2 = \sqrt{\frac{G_{\text{вг1}}^2 \cdot \Delta P_1}{\Delta P_2}} \quad (33)$$

$$G_{\text{вг2}}^2 = \sqrt{\frac{167058,68^2 \cdot 206}{146}} = 198438,63 \text{ кг/ч}$$

Материальный баланс процесса после замены насадки представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Материальный баланс вакуумной колонны с новой насадкой

Приход			Расход		
Фракция:	Расход, кг/ч	%	Фракция:	Расход, кг/ч	%
Мазут	254275,00	100,00	Вакуумный газойль	198438,63	78,05
Итого:	254275,00	100,00	Гудрон	48208,12	18,95
			Газы разложения	7628,25	3,00
			Итого:	254275,00	100,00

Таким образом, гидравлическое сопротивление новой перекрестноточной насадки меньше, чем у насадки «Вакупак», что способствует увеличению выхода вакуумного газойля на 12,3 %.

2.4.2 Замена печи нагрева мазута

На данный момент на установке получения вакуумного газойля используют две параллельно работающих технологических печи для нагрева мазута. Поступая в печь, мазут проходит через змеевики, нагреваясь до температуры

403 °С. Увеличения глубины отбора вакуумного погона можно добиться путем улучшения условий нагрева и испарения сырья в печи.

В качестве решения для повышения эффективности работы печи предлагается замена действующей печи на новую с многопоточными змеевиками.

Данное решение позволит увеличить долю отгона мазута и исключить возможность его термодеструкции в змеевике.

Рассчитаем основные параметры действующей печи [17, 18].

Печь предназначена для нагрева мазута. В печь поступает мазут и нагревается от 350 °С до 403 °С.

Известен объемный расход мазута $V = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$, найдем массовый расход G по формуле (34):

$$G = V \cdot \rho \quad (34)$$

где ρ – плотность мазута.

$$G = 30 \cdot 930 = 27900 \text{ кг/ч}$$

Необходимая площадь поверхности нагрева поступающего мазута:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} \quad (35)$$

где Q – количество тепла, для нагрева потока мазута, Вт;

K – коэффициент теплопередачи;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор, °С.

Количество передаваемого тепла мазуту рассчитывается по формуле (36):

$$Q = G_{\text{эм}} \cdot (J_{\text{кон}} - J_{\text{нач}}) \quad (36)$$

где $G_{\text{эм}}$ – массовый расход эмульсии, кг/с;

$J_{\text{кон}}$ и $J_{\text{нач}}$ – конечная и начальная энтальпии мазута, Дж/кг.

$$G_{\text{эм}} = \frac{27900}{3600} = 7,8 \text{ кг/с}$$

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						41
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Энтальпия мазута:

$$J = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} \cdot (0,0017 \cdot T^2 + 0,762 \cdot T - 334,25) \quad (37)$$

где ρ_{15}^{15} – относительная плотность нефтяной эмульсии;

T – температура эмульсии, К.

По таблице температурных поправок найдем α (0,00055).

$$\rho_{15}^{15} = \rho_{эм}^{20} + 5 \cdot \alpha \quad (38)$$

$$\rho_{15}^{15} = 0,930 + 5 \cdot 0,00055 = 0,933$$

Энтальпия эмульсии на входе в печь:

$$\begin{aligned} J_{нач} &= \frac{1}{\sqrt{0,933}} \cdot (0,0017 \cdot 623^2 + 0,762 \cdot 623 - 334,25) = \\ &= 335100 \text{ Дж/кг} \end{aligned}$$

Энтальпия эмульсии на выходе из печи:

$$\begin{aligned} J_{нач} &= \frac{1}{\sqrt{0,933}} \cdot (0,0017 \cdot 676^2 + 0,762 \cdot 676 - 334,25) = \\ &= 992200 \text{ Дж/кг} \end{aligned}$$

Полезная тепловая нагрузка печи:

$$Q = 7,8 \cdot (992200 - 335100) = 5124880 \text{ Вт} = 5124 \text{ кВт}$$

Коэффициент теплопередачи примем равным $K = 20 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}$.

Средний температурный напор рассчитаем как разность между средней температурой дымовых газов и средней температурой мазута:

$$\Delta t_{ср} = t_{ср}^Г - t_{ср}^М \quad (39)$$

За среднюю температуру дымовых газов можно принять $450 \text{ }^\circ\text{C}$ – температуру уходящих газов (из характеристики печи).

$$\Delta t_{ср} = 470 - \frac{(350 + 403)}{2} = 94 \text{ }^\circ\text{C}$$

Тогда необходимая площадь поверхности нагрева составит:

$$F = \frac{5124880}{94 \cdot 20} = 2726 \text{ м}^2$$

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						42
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

Определили площадь поверхности нагрева печи, которая составляет 2726 м².

Основываясь на поверочном расчете действующей печи, произведем расчет модернизированной печи.

В печь поступает мазут и нагревается от 350 °С до 410 °С.

Известен объемный расход мазута $V = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Тогда,

$$G = 30 \cdot 930 = 27900 \text{ кг/ч}$$

Энтальпия эмульсии на входе в печь:

$$\begin{aligned} J_{\text{нач}} &= \frac{1}{\sqrt{0,933}} \cdot (0,0017 \cdot 623^2 + 0,762 \cdot 623 - 334,25) = \\ &= 335100 \text{ Дж/кг} \end{aligned}$$

Энтальпия эмульсии на выходе из печи:

$$\begin{aligned} J_{\text{нач}} &= \frac{1}{\sqrt{0,933}} \cdot (0,0017 \cdot 683^2 + 0,762 \cdot 683 - 334,25) = \\ &= 1042100 \text{ Дж/кг} \end{aligned}$$

Полезная тепловая нагрузка печи:

$$Q = 7,8 \cdot (1042100 - 335100) = 5515440 \text{ Вт} = 5515 \text{ кВт}$$

Коэффициент теплопередачи примем равным $K = 20 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{град}$.

За среднюю температуру дымовых газов принимаем 460 °С.

$$\Delta t_{\text{ср}} = 460 - \frac{(350 + 403)}{2} = 84 \text{ °С}$$

Тогда необходимая площадь поверхности нагрева составит:

$$F = \frac{5515440}{84 \cdot 20} = 3283 \text{ м}^2$$

Таким образом, площадь поверхности нагрева модернизированной печи с четырьмя потоками составит 3283 м².

Модернизация печи позволяет изменить технологический режим в сторону увеличения нагрева сырья до 410 °С. Это становится возможным благодаря уменьшению степени деструктивных процессов в змеевиках радиацион-

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ной камеры, за счет того, что прогрев змеевиков осуществляется равномерно.

Произведем расчет увеличения отбора вакуумного газойля.

При построении графика увеличения отбора, представленном на рисунке 9, были использованы температуры, эквивалентные температурам разгонки при атмосферном давлении (таблица 14).

Таблица 14 – Эквивалентные температуры разгонки

Давление	Температура, °С	
	До модернизации	После модернизации
Атмосферное (760 мм рт. ст.)	403	410
Пониженное (100 мм рт. ст.)	500	510

Определение эквивалентных температур проводилось с помощью номограммы [19].

За основу для расчета взята кривая индивидуальных температур кипения мазута [20].

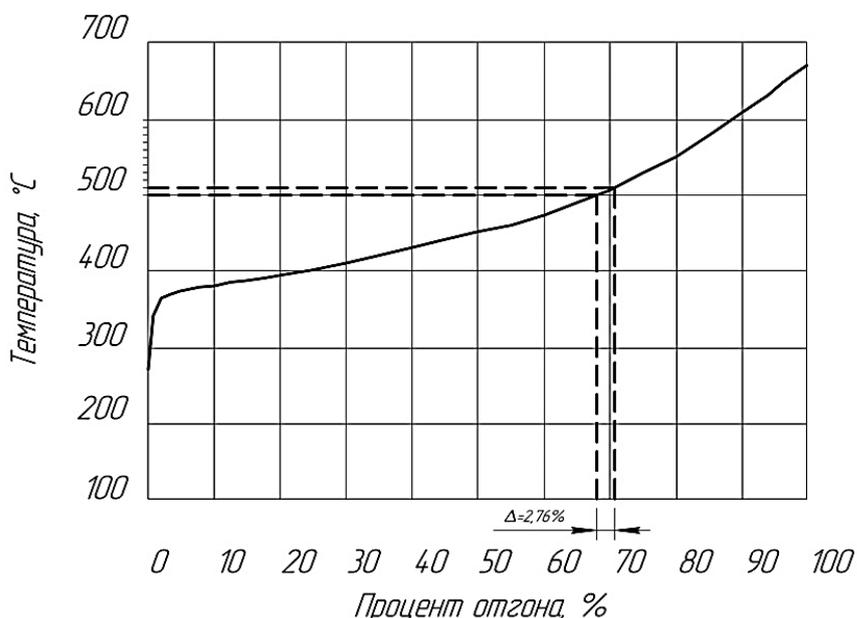


Рисунок 9 – Графический метод определения увеличения отбора

С помощью графического метода определения увеличения отбора выяснили, что выход вакуумного газойля увеличился почти на 3 %. В соответствии с этими данными произведем расчет материального баланса установки после модернизации печи (таблица 15).

Таблица 15 – Материальный баланс установки после модернизации печи

Приход			Расход		
Фракция:	Расход, кг/ч	%	Фракция:	Расход, кг/ч	%
Мазут	254275,00	100,00	Вакуумный газойль	174076,67	68,46
Итого:	254275,00	100,00	Гудрон	72570,08	28,54
			Газы разложения	7628,25	3,00
			Итого:	254275,00	100,00

Сводный материальный баланс после модернизации установки с помощью использования новой насадки и печи приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Сводный материальный баланс установки

Приход			Расход		
Фракция:	Расход, кг/ч	%	Фракция:	Расход, кг/ч	%
Мазут	254275,00	100,00	Вакуумный газойль	205479,63	80,81
Итого:	254275,00	100,00	Гудрон	41167,12	16,19
			Газы разложения	7628,25	3,00
			Итого:	254275,00	100,00

3 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВАКУУМНОЙ КОЛОННЫ

Исходные данные:

Высота аппарата $H = 35000$ мм.

Рабочая температура:

верха колонны $t_b = 126$ °С;

зоны питания $t_{\Pi} = 386$ °С;

низа колонны $t_k = 365$ °С.

Согласно общим принципам выбора материала, выбираем углеродистую сталь Ст.Зсп, со следующими характеристиками: $\sigma_T = 210 \div 250$ МПа; $\sigma_B = 380 \div 490$ МПа [18].

Толщина стенки цилиндрической части определяется по формуле (40):

$$S = \frac{D_B \cdot P_p}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_p} + C \quad (40)$$

где S – расчетная толщина, м;

P_p – расчетное избыточное давление, МПа;

D_B – внутренний диаметр аппарата, м;

$[\sigma]$ – напряжение на растяжение материала аппарата, МПа;

φ – коэффициент прочности продольного сварного шва;

C – прибавка на коррозию.

$$P_{\text{изб}} = 0,120 - 0,1 = 0,02 \text{ МПа}$$

$$P_p = 0,120 + 0,2 = 0,212 \text{ МПа}$$

$$P_p = 0,120 + 0,083 = 0,095 \text{ МПа}$$

За расчетное давление принимается большая величина $P_p = 0,212$ МПа.

Расчетная температура стенки аппарата принимается равной $t_p = 386$ °С.

					ВКР.181136.180301.ПЗ			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Сиротенко Е.Д.</i>			Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Лескова С.А.</i>				У	46	63
<i>Н. Контр.</i>		<i>Родина Т.А.</i>			АмГУ, ИФФ, 818-об гр.			
<i>Зав.каф.</i>		<i>Гужель Ю.А.</i>						

Допускаемое напряжение $[\sigma]$ определяется по формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \quad (41)$$

где η – поправочный коэффициент, принимаем 0,9.

$$\sigma^* = \frac{210}{1,5} = 147 \text{ МПа}$$

$$\sigma^* = \frac{385}{1,5} = 257 \text{ МПа}$$

С учетом коэффициентов:

$$\sigma^* = 147 \cdot 0,68 = 99,9 \text{ МПа}$$

Принимаем наименьшее $\sigma^* = 99,9$ МПа, тогда допустимое напряжение:

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 99,9 = 89,91 \text{ МПа}$$

Принимаем $\varphi = 1$. Величину прибавки на коррозию принимаем равной 3 мм.

$$S = \frac{9 \cdot 0,212}{2 \cdot 89,91 \cdot 1 - 0,212} + 0,003 = 0,014 \text{ м} = 14 \text{ мм}$$

В данном случае высота колонны равна 35 м, следовательно, $\Delta S = 3$ мм.

Тогда толщина обечайки внизу колонны:

$$S = 14 + 3 = 17 \text{ мм}$$

Принимаем данную толщину обечайки для верха колонны. Для цилиндрических аппаратов применяют эллиптические днища и крышки. Толщину стенки эллиптического днища находим по формуле (42):

$$S = \frac{R \cdot P_p}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{ш} - 0,5 \cdot P_p} + C \quad (42)$$

Толщину стенки верхнего и нижнего днища принимаем равной 17 мм.

$$S = \frac{9 \cdot 0,212}{2 \cdot 89,91 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,212} + 0,003 = 0,014 \text{ м} = 14 \text{ мм}$$

Для принятой толщины стенки высота борта составит 70 мм.

Напряжение в нижней части колонны определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{P_r [D_B + (S - C)]}{2 \cdot \varphi \cdot (S - C)} \leq 0,9 \sigma_T \quad (43)$$

где P_r – гидравлическое давление в нижней части аппарата, МПа.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						47
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$P_r = P_{пр} + H \cdot 10^{-2} \quad (44)$$

где $P_{пр}$ – пробное давление, МПа;

H – высота столба воды в аппарате, м.

Давление в верхней точке аппарата должно быть равно пробному давлению. При испытании вертикальных аппаратов в горизонтальном положении давление принимают равным P_r .

$$P_{пр} = 1,5 \cdot 0,212 \cdot \frac{140}{89,91} = 0,5 \text{ МПа}$$

$$P_r = 0,5 + 20,34 \cdot 10^{-2} = 0,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma = \frac{0,7 \cdot [8 + (0,019 - 0,003)]}{2 \cdot 1 \cdot (0,019 - 0,003)} = 85,66 \text{ МПа}$$

$$0,9 \cdot \sigma_T = 0,9 \cdot 210 = 189 \text{ МПа}$$

Условие $\sigma < 0,9\sigma_T$ выполняется, тогда полученная величина стенки $S = 17$ мм обеспечивает прочность обечайки при гидравлическом испытании.

Напряжение в нижнем днище:

$$\sigma = \frac{P_r [D_B + 0,5(S - C)]}{2 \cdot \varphi \cdot (S - C)} \quad (45)$$

$$\sigma = \frac{0,7 \cdot [8 + 0,5 \cdot (0,019 - 0,003)]}{2 \cdot 1 \cdot (0,019 - 0,003)} = 85,48 \text{ МПа}$$

Прочность днища обеспечена при гидравлическом испытании.

Ветровой нагрузке подвержены аппараты, установленные на открытой площадке. Высоту обечайки опоры выбираем с учетом требований технологии [13]. Примем высоту опоры $H_{оп} = 2$ м. Толщину обечайки опоры принимаем равной толщине стенки нижнего днища – 17 мм.

Размеры фундаментного кольца равны:

$$D_1 = (0,9 \div 0,96) \cdot D_H \quad (46)$$

$$D_1 = 0,94 \cdot 9,4 = 8,83 \text{ м}$$

$$D_2 = (1,08 \div 1,18) \cdot D_H \quad (47)$$

$$D_2 = 1,14 \cdot 9,4 = 10,7$$

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						48
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Выбранные размеры поверхности опорного кольца должны обеспечить прочность фундамента. Толщину фундаментного кольца принимают не менее 12 мм. Высоту опорных лап выбираем в пределах:

$$0,015 \cdot H_1 \geq h \geq 0,01 \cdot H_1 + 50 \text{ мм} \quad (48)$$

где H_1 – высота аппарата, включая высоту опорной обечайки, мм.

$$H_1 = H_{\text{ц}} + H_{\text{оп}} + H_{\text{в.д}} \quad (49)$$

где $H_{\text{ц}}$ – высота цилиндрической части корпуса;

$H_{\text{в.д.}}$ – высота верхнего днища;

$H_{\text{оп}}$ – высота опорной обечайки;

$$H_1 = 27000 + 3000 + 5000 = 35000 \text{ мм}$$

$$h = 0,015 \cdot 35000 = 525 \text{ мм}$$

Количество опорных лап равно числу фундаментных болтов, диаметр и число которых выбирается в зависимости от общей высоты H_1 в диаметре аппарата. Принимаем $H_1 = 35$ м, $D = 8$ м, диаметр фундаментных болтов – 30 мм, количество – 8.

Расчет аппарата на действие ветровых и весовых нагрузок выполняем при сильных нагрузках. Аппарат по высоте условно разбит на произвольные участки. Высоту каждого участка принимаем не более 10 м.

$$h_1 = 10 \text{ м}, h_2 = 10 \text{ м}, h_3 = 10 \text{ м}, h_4 = 5 \text{ м}.$$

$$h_1 = \frac{h'_1}{2} \quad (50)$$

$$h_1 = \frac{10}{2} = 5 \text{ м}$$

$$h_2 = h_1 + \frac{h'_2}{2} \quad (51)$$

$$h_2 = 5 + \frac{10}{2} = 10 \text{ м}$$

$$h_3 = 5 + 10 + \frac{10}{2} = 20 \text{ м}$$

$$h_4 = 5 + 10 + 20 + \frac{5}{2} = 37,5 \text{ м}$$

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						49
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Ветровую нагрузку P_i определяем по формуле:

$$P_i = K \cdot q_i \cdot \beta_i \cdot S_i \quad (52)$$

где K – аэродинамический коэффициент, принимаем 0,6;

q_i – нормативный скоростной напор ветра;

β_i – коэффициент увлечения скоростного напора;

S_i – площадь наибольшего сечения участка.

Скоростной напор ветра:

$$q_i = q_0 \cdot Q_i \quad (53)$$

где q_0 – нормативный скоростной напор ветра;

$Q_i = \left(\frac{x_i}{10}\right)^{0,16}$ – коэффициент, учитывающий возрастание скоростного напора с увеличением высоты над поверхностью земли.

Коэффициент увеличения скоростного напора β_i определяем по формуле:

$$\beta_i = 1 + \xi \cdot m_i \quad (54)$$

где ξ – коэффициент динамичности;

m_i – коэффициент пульсации.

$$T = 1,79 \cdot H \sqrt{\frac{Q_2}{g} \cdot \left(\frac{H}{E \cdot J} + 4 \cdot \varphi_0\right)} \quad (55)$$

где H – полная высота аппарата, м;

Q_2 – максимальный вес аппарата, МН;

E – модуль продольной упругости материала корпуса аппарата, МПа;

J – момент инерции, м^4 ;

φ_0 – угол поворота, $(\text{МН} \cdot \text{м})^{-4}$.

$$\varphi_0 = \frac{I}{C_\varphi \cdot J_\varphi} \quad (56)$$

где C_φ – коэффициент упругого неравномерного сжатия грунта.

$$J_\varphi = 0,065 \cdot D_2^4 \quad (57)$$

Максимальный вес аппарата равен:

$$Q_2 = Q_1 + Q_T + Q_{пл} + Q_{и} + Q_{в} \quad (58)$$

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						50
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

где Q_1 – минимальный вес аппарата;

Q_T – вес внутренних устройств;

$Q_{пл}$ – вес площадок обслуживания;

$Q_{и}$ – вес теплоизоляции аппарата;

$Q_{в}$ – вес воды в аппарате.

Минимальный вес аппарата Q_1 равен:

$$Q_1 = Q_{ц} + Q_{д} + Q_{ол} + Q_{ф.к} + Q_{л} + Q_{лаз} + Q_{ш} \quad (59)$$

где $Q_{ц}$ – вес цилиндрической части аппарата;

$Q_{д}$ – вес днищ;

$Q_{оп}$ – вес обечайки опоры;

$Q_{фк}$ – вес фундаментного кольца;

$Q_{л}$ – вес опорных лап аппарата;

$Q_{лаз}$ – вес люков-лазов;

$Q_{ш}$ – вес штуцеров.

Для цилиндрической части аппарата:

$$Q_{ц} = \frac{\pi}{4} (D_h^2 - D_b^2) \cdot H_{ц} \cdot \rho \cdot g \quad (60)$$

$$Q_{ц} = \frac{3,14}{4} (8,436^2 - 8^2) \cdot 27 \cdot 7500 \cdot 9,81 = 665112,25 \text{ Н}$$

Аналогично рассчитываем остальной вес:

$$Q_{д} = 48370 \text{ Н};$$

$$Q_{оп} = 28325 \text{ Н};$$

$$Q_{фк} = 1440 \text{ Н};$$

$$Q_{л} = 925 \text{ Н}.$$

$$Q_{лаз} = Q'_{лаз} \cdot N_{лаз} \quad (61)$$

На практике наиболее часто используют люки-лазы диаметром 450 мм.

$$Q'_{лаз} = 3600 \cdot 8 = 28800 \text{ Н}$$

Суммарный вес штуцеров равен 1537,1 Н. Примем $Q_{ш} = 1540 \text{ Н}$.

$$Q_1 = 665113 + 48370 + 28325 + 1440 + 930 + 28800 + 1540 = \\ = 774518 \text{ Н}$$

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						51
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Для крепления изоляции на корпус аппарата приваривают уголки в форме колец. Учитывая их вес, а также вес сварных швов и втулок, принимаем $Q_1 = 780000$ Н. В вакуумной колонне используют четыре пакета насадок.

Суммарный вес насадок:

$$Q_T = 3300 \cdot 4 = 13200 \text{ Н}$$

Вес обслуживания площадок и лестниц находим, зная вес одной площадки (10000 Н) и вес 1м лестницы (1000 Н).

$$Q_{пл} = 10000 \cdot 8 + 1000 \cdot 20 = 100000 \text{ Н}$$

Вес материала теплоизоляции принимаем 7 %:

$$Q_{и} = 780000 \cdot 0,07 = 54600 \text{ Н}$$

Вес воды в аппарате во время гидравлических испытаний равен:

$$Q_B = \left(\frac{\pi \cdot D_B^2}{4} \cdot H_{ц} + 2 \cdot V_{gh} \right) \cdot \rho \cdot g \quad (62)$$

$$Q_B = \left(\frac{3,14 \cdot 8^2}{4} \cdot 19,11 + 2 \cdot \frac{3,14}{24} \cdot 8^3 \right) \cdot 1000 \cdot 9,81 =$$

$$= 1904226,53 \text{ Н}$$

Максимальный вес колонны:

$$Q_2 = 774518 + 13200 + 100000 + 54600 + 1904226,53 =$$

$$= 2846544,53 \text{ Н}$$

$$J_{\varphi} = 0,065 \cdot 8^4 = 2,6 \text{ м}^4$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{100 \cdot 2,6} = 0,003$$

Модуль продольной упругости углеродистой стали при температуре 200 °С равен $E = 1,8 \cdot 10^5$ МПа.

$$J = \frac{\pi}{64} (D_H^4 - D_B^4) \quad (63)$$

$$J = \frac{3,14}{64} (8,436^4 - 3,9^4) = 4,2 \text{ м}^4$$

Принимаем $H = H_1 = 35$ м.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	Лист
						52
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

$$T = 1,79 \cdot 35 \sqrt{\frac{2,81}{9,81} \left(\frac{35}{180000 \cdot 4,2} + 4 \cdot 0,003 \right)} = 0,4 \text{ с}$$

Данные заносим в таблицу 17.

Таблица 17 – Результаты расчета

Е	1	Единицы измерения
В	1,35	-
x_1	5	
x_2	15,45	
x_3	20,03	
x_4	22	
q_1	350	Па
q_2	420	
q_3	485	
q_4	560	

$$S_1 = 8,44 \cdot 5 = 42,2 \text{ м}^2$$

$$S_2 = 8,44 \cdot 10 = 84,4 \text{ м}^2$$

$$S_3 = 8,44 \cdot 20 = 168,7 \text{ м}^2$$

$$S_4 = 8,44 \cdot 37,5 = 324,8 \text{ м}^2$$

Ветровые нагрузки, действующие на аппарат равны:

$$P_1 = 0,6 \cdot 350 \cdot 1,35 \cdot 42,2 = 11963,7 \text{ Н}$$

$$P_2 = 0,6 \cdot 420 \cdot 1,35 \cdot 84,4 = 28712,9 \text{ Н}$$

$$P_3 = 0,6 \cdot 490 \cdot 1,35 \cdot 168,7 = 66957 \text{ Н}$$

$$P_4 = 0,6 \cdot 560 \cdot 1,35 \cdot 324,8 = 147329,3 \text{ Н}$$

Изгибающий момент:

$$M_B = P_1 \cdot x_1 + P_2 \cdot x_2 + P_3 \cdot x_3 + P_4 \cdot x_4 \quad (64)$$

$$M_B = 11963,7 \cdot 5 + 28712,9 \cdot 15,45 + 66957 \cdot 20,03 + 147329,3 \cdot 22 = 5085826,11 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M'_B = M_B + \sum_{i=1}^{m_0} M'_{Bi} \quad (65)$$

$$M'_{Bi} = 1,4 \cdot \beta_i \cdot q_i \cdot x_i \cdot \sum f_i \quad (66)$$

Можно принять:

$$\sum f_i = 0,35 \cdot D_{ni} \cdot h_{ni} \quad (67)$$

$$\sum f_i = 0,35 \cdot 8,44 \cdot 1,2 = 3,5 \text{ м}^2$$

$$M'_B = 5085826,11 + 100257 = 5186083,11 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Проверка прочности фундамента.

Максимальное напряжение на опорной поверхности фундаментного кольца:

$$\sigma_2 = \frac{Q_2}{F} + \frac{M'_B}{W} \quad (68)$$

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D_2^2 - D_1^2) \quad (69)$$

$$F = \frac{3,14}{4} \cdot (8,65^2 - 7,2^2) = 4,85 \text{ м}^2$$

$$W = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{(D_2^4 - D_1^4)}{D_2} \quad (70)$$

$$W = \frac{3,14}{32} \cdot \frac{(8,65^4 - 7,2^4)}{8,65} = 9,58 \text{ м}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{2,81}{4,85} + \frac{0,509}{9,58} = 0,66$$

В качестве материала фундамента выбираем бетон марки 100, допускаемое напряжение на сжатие – 8 МПа. Условие $\sigma_2 = 0,65 < 8$, выполняется, следовательно, выбранные размеры поверхности опорного кольца обеспечивают прочность фундамента.

Определение толщины фундаментного кольца.

Усилия, вызвавшие напряжения σ_2 , изгибают выступающие части фундаментного кольца. Определяем толщину фундаментного кольца b_k по формуле:

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						54
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$b_k = b \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_2}{[\sigma]}} \quad (71)$$

$$b_k = 0,09 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0,65}{89,91}} = 0,012 \text{ м}$$

Расчет аппарата на устойчивость.

$$y = \frac{M_Q}{M_B} = \frac{Q_1 \cdot R_1}{M_B} \quad (72)$$

$$y = \frac{774518 \cdot 0,42}{5085826,11} = 0,07$$

$0,07 < 1,5$ значит необходимы фундаментные болты.

$$\sigma_1 = \frac{Q_1}{F} - \frac{M_B}{W} \quad (73)$$

$$\sigma_1 = \frac{7,74}{4,65} - \frac{0,509}{9,66} = 1,61$$

Если $\sigma_1 \geq 0$ и $\gamma > 1,5$, фундаментные болты ставят для фиксации аппарата. Расчет сварочного шва, соединяющего опорную часть аппарата.

$$\sigma_c = \frac{2,80}{0,084} + \frac{0,25}{0,06} = 37,5 \text{ МПа}$$

Напряжения в сварном шве не должно превышать при работе на срез $0,8 \cdot [\sigma]$, где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение растяжения для основного металла.

В данном случае $[\sigma] = 89,91$.

$$89,91 \cdot 0,8 = 71,9 \text{ МПа}$$

$37,5 < 71,9$ – условие прочности выполнено.

$$\frac{Q_2}{Q_{\text{доп}}} + \frac{M'_B}{M_{\text{доп}}} \leq 1 \quad (74)$$

$$\frac{2,81}{18} + \frac{0,509}{12} \leq 1 \quad (75)$$

Условие $37,5 < 71,9$ выполняется, следовательно, устойчивость формы опорной части аппарата обеспечивается.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
						55
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		

4 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

4.1 Нормы и требования при эксплуатации ЭЛОУ-АВТ

Из требований безопасности «Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств ПБЭ НП-2001» (утв. Минэнерго РФ 11.12.2000):

1. Электрообессоливающие установки.

Во время эксплуатации электрооборудования блока ЭЛОУ необходимо руководствоваться правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и техники безопасности. При уровне нефтепродукта ниже регламентированного значения должна срабатывать блокировка на отключение напряжения. Вывод воды с блока ЭЛОУ необходимо проводить закрытым способом (автоматизировано).

2. Установки атмосферно-вакуумные.

Содержание воды в нефтепродукте, подаваемом на установку АВТ, должно соответствовать регламентируемым показателям.

Не допускается пуск вакуумного блока без предварительной ректификации нефти в атмосферном блоке; унос жидкого нефтепродукта водой отводимой из барометрического конденсатора; попадание горячего нефтепродукта в барометрический конденсатор по трубопроводу в промежуточный вакуум-приемник.

Необходим постоянный контроль за работой печных насосов. При снижении уровня жидкости в аппаратах питающих насосы или понижении давления до регламентируемого минимального значения должно срабатывать световое и звуковое оповещение.

Процесс опрессовки вакуумного оборудования необходимо проводить после его ремонта и перед пуском.

					ВКР.181136.180301.ПЗ						
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб.</i>		<i>Сиротенко Е.Д.</i>						<i>У</i>		56	63
<i>Провер.</i>		<i>Лескова С.А.</i>						АмГУ, ИФФ, 818-об гр.			
<i>Н. Контр.</i>		<i>Родина Т.А.</i>									
<i>Зав.каф.</i>		<i>Гужель Ю.А.</i>									

4.2 Влияние вакуумного газойля на экологию в условиях аварийной и безаварийной эксплуатации

4.2.1 Безаварийная эксплуатация вакуумного блока

В настоящее время вопрос об экологичности производств поднимается все чаще. Наибольшее внимание уделяется нефтяной промышленности, что обусловлено большой опасностью данной отрасли. Это связано с тем, что данные предприятия в процессе своей деятельности загрязняют атмосферу, выбрасывая в нее порядка 0,45 % сырья [21].

При нормальной работе вакуумного блока в атмосферу попадает значительное количество вредных веществ. Сильный ущерб экологии наносит факельное хозяйство, так как при сжигании углеводородов в атмосферу попадает большое количество канцерогенных веществ и углерода. В таблице 18 указаны предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ согласно санитарным правилам и нормам СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (дата введения 28 января 2021 года).

Таблица 18 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по СанПиН 1.2.3685-21

Наименование	Величина ПДК, мг/м ³	
	Максимальная	Среднесуточная
Бензол	0,3	0,06
Хлор	0,1	0,03
Оксид углерода	5	3
Свинец	0,001	0,0003
Диоксид серы	0,5	0,05
Диоксины	-	0,5 (пг/м ³)
Оксид азота	0,085	0,04

Наибольшую опасность представляет загрязнение грунтовых вод. Связано это с тем, что оно способно оказывать негативное влияние на поверхностные водоемы, даже если те значительно удалены от источника загрязнения.

					ВКР.181136.180301.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата		57

Загрязнение сточных вод происходит за счет попадания в водяной пар частиц нефтепродуктов и последующего их уноса.

Концентрации загрязняющих веществ согласно санитарным правилам и нормам СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (дата введения 28 января 2021 года) представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Концентрации загрязняющих веществ (ПДК) в сточных водах согласно СанПиН 1.2.3685-21

Вещество	Концентрация, мг/л
Взвешенные вещества	600 – 800
Нефтепродукты	3000 – 5000
Сухой остаток	5000 – 6000
Поверхностно-активные вещества	80 – 110
Фенолы	2 – 5
Аммонийный азот	20 – 35

Разрушительное воздействие выбросов нефтеперерабатывающих предприятий сказывается на почве. При аварийных выбросах и утечках на предприятиях данной отрасли в землю попадает большое количество загрязняющих веществ.

К таким утечкам приводят: негерметичность в соединениях установок, выбросы в атмосферу, механические повреждения запорных устройств, повреждения канализационной системы, разливы при сливе или перекачке.

4.2.2 Аварийная эксплуатация вакуумного блока

Во время аварии при работе вакуумного блока могут происходить следующие ситуации: выброс рабочей среды из установок и трансферной части трубопровода на площадь завода и прилегающих территорий; разгерметизация трубопроводов и оборудования; проблемы в эксплуатации технологической печи; образование и взрыв взрывоопасной смеси с воздухом внутри вакуумной колонны. При утечке легковоспламеняемых веществ происходит образование взрывоопасной взвеси, взрыв этого облака может произойти при контакте с

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						58
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

источником пламени.

Разгерметизация трубопроводов и оборудования приводит к вредным выбросам в атмосферу.

Аварийные ситуации в технологической печи могут возникнуть вследствие прогара змеевиков и закоксовывании труб в связи с нарушением параметров технологического режима.

При достижении взрывоопасных концентраций и наличии источника зажигания возможен взрыв внутри колонны, вследствие чего может произойти ударное воздействие на стенки колонны. Радиусы вероятных зон действия ударной волны представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Радиусы вероятных зон действия ударной волны:

Класс опасности	Вакуумная колонна	
	ΔP , кПа	R, м
1	100	45
2	70	67
3	28	114
4	14	333
5	2	665

Данные аварийные ситуации приводят к тому, что большое количество загрязняющих веществ попадает в окружающую среду. Это негативно сказывается на экологии всей биосферы, а, следовательно, угрожает здоровью и жизни человека.

4.2.3 Влияние модернизации установки на экологию

При модернизации установки наиболее уязвимыми местами остаются печь и возможная разгерметизация колонны.

Для предотвращения подобных происшествий необходимо следующее:

1. Четкое следование технологическому регламенту. Соблюдение последовательности операций, порядка изменения температур и давлений.
2. Технологический режим установки должен строго соблюдаться, недопустимы отклонения от регламентируемых параметров.

3. Оборудование и трубопроводы должны быть оснащены средствами противоаварийной защиты, а так же контрольно-измерительными приборами и автоматикой. Производственный процесс должен быть автоматизирован.

4. Пункт управления технологическим процессом должен быть взрывоустойчивым.

5. Для предотвращения аварийных ситуаций необходимо наличие сигнализаций, по отклонениям от технологического режима.

6. Необходимо своевременное обслуживание оборудования, трубопроводов и запорных устройств.

7. Перед пуском горелок печи необходимо проводить продувку водяным паром, для удаления из греющей камеры остатков углеводородов. Данный процесс предназначен для предотвращения взрыва горючих взвесей.

Защита печей при аварийных ситуациях возможна с помощью паровых завес, преграждающих доступ к пламени взрывоопасным газовым смесям; средства внутреннего пожаротушения, необходимы для ликвидации пламени внутри печи при аварии и воспламенении сырьевых потоков; системы наружного пожаротушения с использованием паровых шлангов, применяемых для устранения возможных возгораний в местах аварийного сброса легко воспламеняемых жидкостей.

Таким образом, в ходе анализа работы установок получения вакуумного газойля выявлено, что данные установки являются потенциально опасными как для экологии, так и для жизни человека. Однако при соблюдении требований правил эксплуатации и техники безопасности, а также четкому следованию технологическому режиму можно минимизировать вредное воздействие на экологию и сократить риск техногенных аварий.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						60
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был подробно рассмотрен процесс первичной переработки нефти. Особое внимание акцентировалось на процессе получения вакуумного газойля.

Были рассмотрены основные параметры, влияющие на процесс, и варианты модернизации установки. Отобраны и представлены оптимальные технические варианты для модернизации установки производства вакуумного газойля.

Технологический расчет модернизированной установки показал, что при внедрении новых перекрестноточных насадок в вакуумную колонну расход выход вакуумного газойля увеличится на 12,6 %. При использовании варианта замены печи отбор вакуумного газойля увеличивается на 2,76 %.

Данные варианты модернизации являются эффективными методами повышения производственных показателей установки.

					ВКР.181136.180301.ПЗ					
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>	<i>Сиротенко Е.Д.</i>				Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Лескова С.А.</i>							У		61
<i>Н. Контр.</i>	<i>Родина Т.А.</i>				АмГУ, ИФФ, 818-об гр.					
<i>Зав.каф.</i>	<i>Гужель Ю.А.</i>									

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Волосов, И. В. Анализ работы установки первичной переработки нефти / И.В. Волосов // Химические науки. – 2017. – № 6. – С. 217-218.

2 Глаголева, О. Ф. Физико-химические аспекты технологии первичной переработки нефти (обзор) / О.Ф. Глаголева // Нефтехимия. – 2018. – № 1. – С. 3-10.

3 Клыков, М. В. Увеличение глубины переработки нефти за счёт повышения эффективности работы вакуумного блока установки ЭЛОУ-АВТ-6 / М.В. Клыков // Нефтегазовое дело. – 2020. – № 1. – С. 261-281.

4 Курочкин, А. К. Блок глубокой переработки мазута до дизельных фракций и дорожных битумов на малых НПЗ / Э.А. Меликов // Булатовские чтения. – 2010. – № 5. – С. 25-27.

5 Петухов, К. В. Проблемы развития нефтеперерабатывающей отрасли России и мира. Повышение уровня нефтеперерабатывающих НПЗ / К.В. Петухов // Автоматизация технологических процессов. – 2015. – № 5. – С. 30-33.

6 Гречихина, Н. А. Совершенствование процесса первичной переработки нефти / Н.А. Гречихина // Ученые заметки ТОГУ. – 2013. – № 4. – С. 1221-1226.

7 Капустин, В. М. Химия и технология переработки нефти. / В. М.Капустин, М. Г. Рудин. – М.: Химия, 2013. – 496 с.

8 Насрутдинова, М. Р. Атмосферно-вакуумная перегонка нефти / М.Р. Насрутдинова // Мировая наука. – 2020. – № 1. – С. 381-383.

9 Нефтегазовый комплекс: проблемы и инновации тезисы II научно-практической конференции с международным участием/ Отв. редактор В.К. Тян. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. – 211 с.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>					
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						
<i>Разраб.</i>	<i>Сиротенко Е.Д.</i>				Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Лескова С.А.</i>							У		62
<i>Н. Контр.</i>	<i>Родина Т.А.</i>				АмГУ, ИФФ, 818-об гр.					
<i>Зав.каф.</i>	<i>Гужель Ю.А.</i>									

10 Мазуров, П. С. Модернизация электрообессоливающих установок (ЭЛОУ) / П.С. Мазуров // Булатовские чтения. – 2018. – № 3. – С. 212-214.

11 Меликов, Э. А. Управление вакуумным блоком в первичной переработке нефти / Э.А. Меликов // Булатовские чтения. – 2019. – № 2. – С. 89-92.

12 Максимов, С. В. Модернизация вакуумной колонны установки АВТ-6/ С. В. Максимов, А. И. Калошин, О. Л. Карпиловский // Химия и технология топлив и масел. – 2000. – № 4. – С. 28-35.

13 Ратовский, Ю. Ю. Опыт реализации технологии глубоковакуумной перегонки мазута / Ю. Ю. Ратовский, Ю. Н. Лебедев // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 6. – С. 10-12.

14 Александров, И. А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке / И. А. Александров. – М.: Химия, 1981. – 352 с.

15 Технологический регламент ООО «РН-Комсомольский НПЗ» Установки ЭЛОУ-АВТ-3 – К., 2016. – 347 с.

16 Иваняков С. В. Гидродинамика насадочных аппаратов: метод. указ. / С. В. Иваняков, С. Б. Коныгин. – Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 44 с.

17 Леонтьев, А. П. Прочностные расчеты отдельных элементов технологического оборудования : учебное пособие / А.П. Леонтьев, А.Г. Мозырев, А.Н. Гребнев, С.Г. Головченко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. – 144 с.

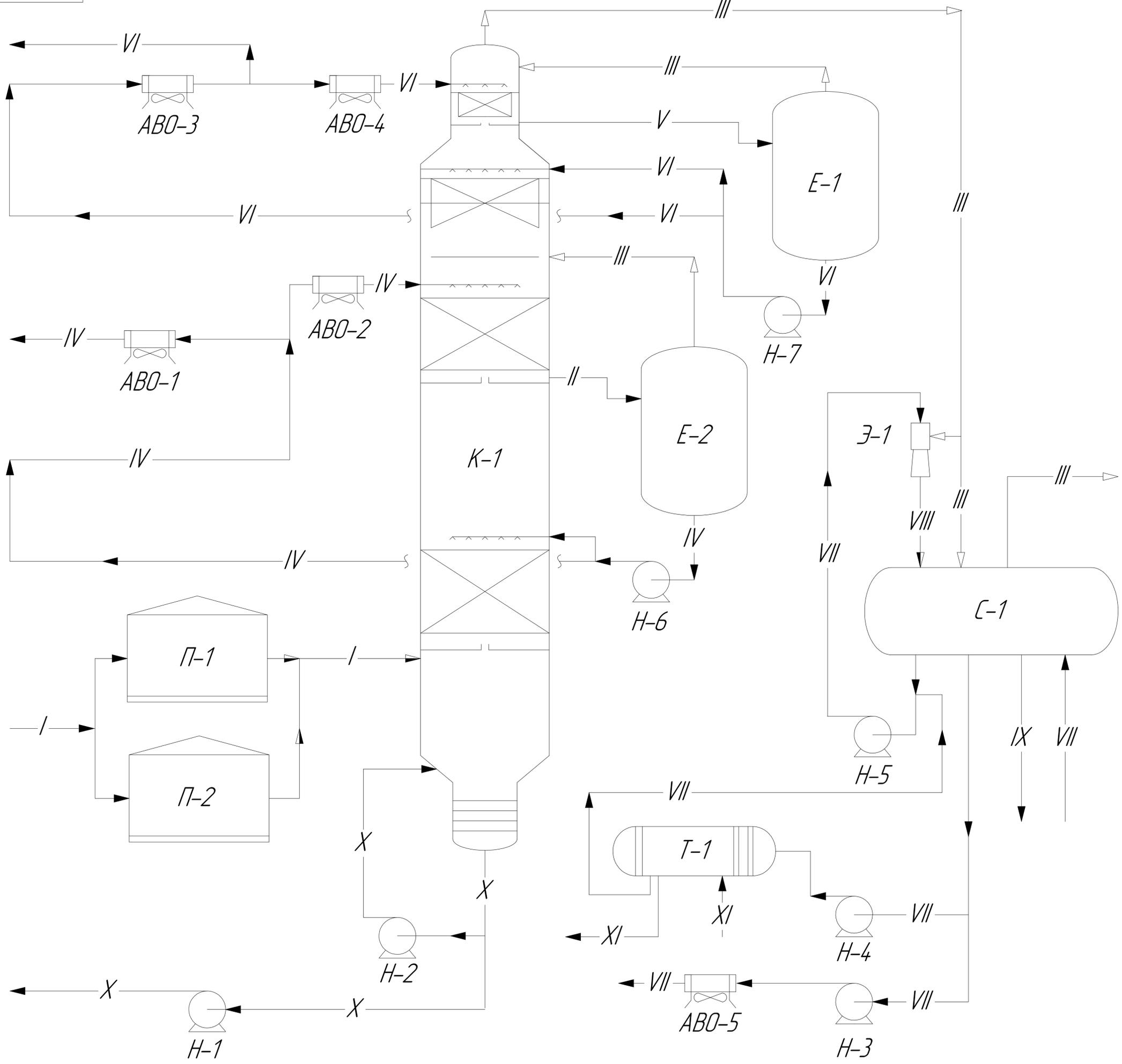
18 Дытнерский, Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский [и др.] ; – 5-е изд., стереотип. – М. : ООО «Издательский дом Альянс», 2010. – 496 с.

19 Перегонка при пониженном давлении [Электронный ресурс] himikatus.ru – Режим доступа: <https://himikatus.ru/art/chemop/peregonkapri.php>

20 Перегонка нефти [Электронный ресурс] studfile.net – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5761483/>

21 Капустин, В. М., Гуреев, А. А. Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти / Под ред. О. Ф. Глаголевой и В. М. Капустина. – М.: Химия, КолосС, 2007. – 400 с.

					<i>ВКР.181136.180301.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						63
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



Обозначение	Наименование	Примечание
I	Мазут	
II	Смесь вакуумного газойля и газов разложения	
III	Газы разложения	
IV	Вакуумный газойль	
V	Смесь компонента судового топлива и газов разложения	
VI	Компонент судового топлива	
VII	Рабочая жидкость	
VIII	Газы разложения и рабочая жидкость	
IX	Водяной конденсат	
X	Гудрон	
XI	Оборотная вода	

Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
П	Печь для подогрева мазута	2	
К-1	Вакуумная колонна	1	
Е-1	Вакуумприемник для компонента судового топлива	1	
Е-2	Вакуумприемник для вакуумного газойля	1	
АВО	Аппарат воздушного охлаждения	5	
Н	Центробежный насос	6	
Н-5	Вакуумный насос	1	
Э-1	Эжектор	1	
С-1	Сепаратор	1	
Т-1	Водяной холодильник	1	

ВКР.181136.180301.ТС			
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Суротенко Е.Д.		
Проб.	Лескова С.А.		
Т.контр.			
Н.контр.	Радина Т.А.		
Утв.	Гужель В.А.		
Увеличение отбора вакуумного газойля на установке ЭЛОУ-АВТ			Лит. Масса Масштаб
			у 1:1
Технологическая схема			Лист 1 Листов 1
Копировал			АМГУ ИФФ гр. 818-08
			Формат А1

Имя, № подл. Подп. и дата Взам. инв. № Инв. № дубл. Подп. и дата Справ. № Перв. примен.