

**Казанский Федеральный Университет**

**Кафедра технологии нефти газа и углеродных материалов**

**Kazan Federal University,**

**Department of Oil gas and carbon materials technology**

**Анализ установки атмосферно вакуумной трубчатки на примере**

**Оренбургской нефти**

**Analysis of the Atmospheric Vacuum Tubing Installation on the Example of**

**Orenburg Oil**

**Аль-хамадани Мохаммед Салех, Al-Hamadani Mohammed Salih<sup>a</sup>**

**Кемалов Руслан Алимович, Kemalov Ruslan Alimovich**

**Валиев Динар Зиннурович, Valiev Dinar Zinnurovich<sup>c</sup>**

**Кемалов Алим Фейзрахманович, Kemalov Alim Feizrahmanovich<sup>d</sup>**

магистрант кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов<sup>1</sup>

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии нефти, газа и углеродных

материалов, Член Экспертного совета Российского газового общества (РГО),

и.о. руководителя группы «Водородная и альтернативная РГО, профессор РАЕ<sup>2</sup>

старший преподаватель кафедры технологии нефти, газа и углеродных материалов<sup>c</sup>,

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии нефти, газа и

углеродных материалов

E-mail: : msnmo96@gmail.com<sup>a</sup>, kemalov@mail.ru<sup>b</sup>, valievdz@bk.ru<sup>c</sup>

**Аннотация:** В настоящей работе речь идет о вакуумной перегонке нефтяных фракций, где обнаружены колонки к8 и к10, вместе с библиографическим обзором проведены расчеты этого процесса. Это подчеркнет важность исследований по оптимизации всех процессов в масляной цепочке, всегда направленных на снижение энергетических и финансовых затрат.

**Ключевые слова:** вакуумная трубчатка, расчет, переработка, нефть.

**Abstract:** This paper is about the vacuum distillation of petroleum fractions, where columns k8 and k10 were found, along with a bibliographic review, calculations of this process were carried out. This will highlight the importance of research to optimize all processes in the oil chain, always aimed at reducing energy and financial costs. The present work is a bibliographic review, as well as an example of this calculation. This will underline the scope of research into all processes in the oil chain, always aimed at reducing energy and financial costs.

**Keywords:** vacuum distillation, calculation, refining, oil.

### **Введение (Introduction)**

Основное назначение установки вакуумной перегонки мазута топливного профиля - получение легкого и тяжелого вакуумного газойля широкого фракционного состава (350 - 520 °С), затемненной фракции, гудрон.

Вакуумный газойль используется 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 высококачественных нефтяных коксов.

Мазут, отбираемый с низа атмосферной колонны блока АТ, прокачивается параллельными потоками через печь в вакуумную колонну.

Смесь нефтяных и водяных паров, газы разложения (и воздух, засасываемый через неплотности) с верха вакуумной колонны поступают в вакуумсоздающую систему.

Первым и вторым боковым погоном отбирают широкую газойлевую (лёгкую и тяжёлую) фракцию.

Часть ее после охлаждения используется как среднее циркуляционное орошение вакуумной колонны.

Балансовое количество целевого продукта вакуумного газойля после теплообменников и холодильников выводится с установки и направляется на дальнейшую переработку.

С нижней тарелки концентрационной части колонны выводится затемненная фракция, часть которой используется как нижнее циркуляционное

орошение, часть - может выводиться с установки или использоваться как рецикл вместе с загрузкой вакуумной печи.

С низа вакуумной колонны отбирается гудрон и после охлаждения в теплообменнике возвращается в низ колонны в качестве квенчинга.

В низ вакуумной колонны и змеевик печи подается водяной пар.

С верха вакуумной колонны газы разложения, водяной пар и увлекаемые нефтяные пары поступают в межтрубное пространство конденсаторов, где охлаждаются оборотной водой или хладагентом от холодильной машины, подаваемой в трубное пространство.

Затем возможно дальнейшее охлаждение в тосольных холодильниках до температуры 10-20 °С, вследствие чего происходит конденсация большей части водяных паров.

Конденсат из блока конденсаторов по сливным трубам поступает в барометрическую ёмкость.

Вакуумный керосин через переливную перегородку ёмкости перетекает в секцию нефтепродукта, откуда по уровню откачивается с установки насосом.

Вода из ёмкости через клапан регулятор уровня, установленный на нагнетании насоса также откачивается с установки.

Небольшое количество газов разложения, попавшее с жидкостью в ёмкость, возвращается в шлемовую линию колонны перед эжекторным блоком.

В начальный период пуска нефтепродукт в ёмкость закачивается с блока АТ или из промежуточного парка.

В качестве рабочего агента в эжекторе можно использовать поток лёгкого вакуумного газойля или дизельного топлива атмосферной колонны, подаваемый с линии вакуумного блока.

Газовый поток после охлаждения в тосольном холодильнике-конденсаторе захватывается в эжекторе рабочей жидкостью и газожидкостная смесь поступает в сепаратор на разделение.

Для обеспечения разделения газов разложения, конденсата водяного пара и рабочей жидкости, а также обеспечения «гидрозатвора» при аварийной остановке сепаратор разделён на секции. Предотвращение выноса капельной

жидкости и качественное отделение газов разложения перед выводом в конструкции аппарата обеспечивается узлом сепарации, оборудованным контактными устройством.

Если присутствует значительная доля сероводорода, то верхнюю часть сепаратора покрывают антикоррозийным материалом.

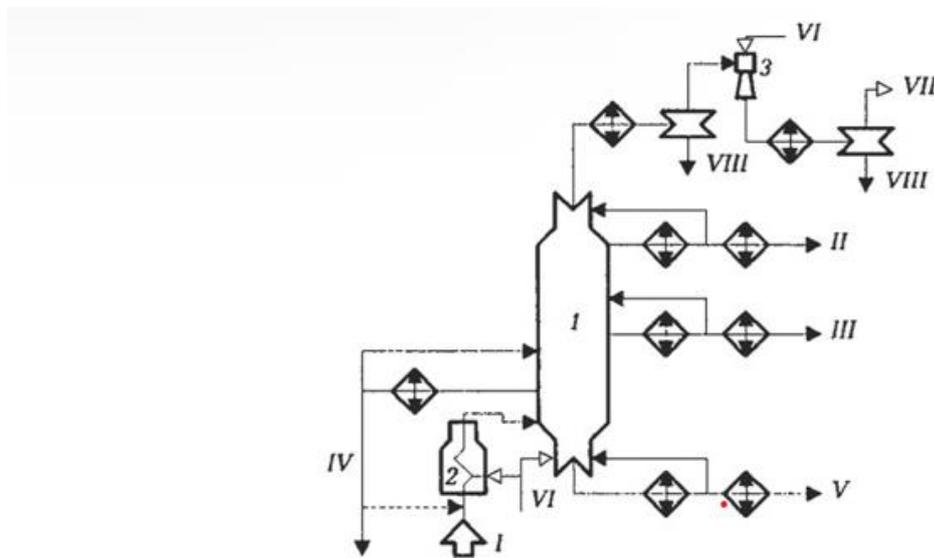


Рис. 2.2. Принципиальная схема одноколонной ректификации мазута вакуумного блока установки АВТ-6 (масляный вариант разделения):

1 – вакуумная колонна; 2 – печь; 3 – парозежекторный вакуумный насос;

I – мазут (из блока АТ); II – легкий вакуумный газойль; III – вакуумный газойль; IV – затемненная фракция; V – гудрон; VI – водяной пар; VII – газы разложения; VIII – водный конденсат

Для понижения рабочей температуры и снижения термодеструкции тяжелых углеводородов в колонне создается вакуум, а в качестве теплоносителя и одновременно инертного компонента для понижения температуры кипения вводится перегретый водяной пар. Расход водяного пара в вакуумной колонне существенно больше, чем в атмосферном блоке – (5-8) % в расчете на сырье (мазут). Мазут подогревается в дистиллятных полугудроновых и гудроновых теплообменниках, доводится в трубчатой печи до температуры (375-400) °С и поступает в ректификационную колонну, отгонная часть которой имеет меньший диаметр, чем концентрационная часть. Благодаря этому сокращается время пребывания жидкого остатка в колонне, что способствует снижению глубины его разложения.

Боковыми погонями выводятся фракции масляных дистиллятов. Вакуум в колонне создается физико-механическим способом, т.е. конденсацией паров (обычно в барометрическом конденсаторе) и отсасыванием

несконденсировавшихся газов вакуумными насосами (например, парожетторного типа). Конденсат откачивают насосами или удаляют свободным истечением.

## **Материалы и методы (Materials and Methods)**

Работа выполнена в соответствии со стандартными методами теоретических, а также со стандартными и разработанными методиками проведения расчетов процесса производства водорода. Обработка данных проводилась с помощью методов математической статистики использованием компьютерных программ MathCAD и Excel.

Установки первичной перегонки нефти играют на нефтеперерабатывающих заводах большую роль. От показателей их работы зависит эффективность последующих процессов — очистки, газоразделения, каталитического крекинга, коксования и др. Поэтому работники нефтеперерабатывающей промышленности, сотрудники научных, научно-исследовательских и проектно-конструкторских организаций должны стремиться к усовершенствованию технологии отдельных узлов установки, повышению ее производительности, улучшению качества получаемых товарных продуктов. Весьма существенным является также улучшение технико-экономических показателей установок, что достигается повышением производительности труда, снижением себестоимости товарной продукции, сокращением энергетических затрат, удельного расхода металла, капиталовложений и эксплуатационных расходов. До 1950 г. максимальная мощность наиболее распространенных установок первичной переработки нефти АТ и АВТ составляла 500—600 тыс. т/год [4]. Такая мощность не могла удовлетворить растущую потребность промышленности, обусловленную бурным ростом нефтедобычи. В 1950—1960 гг. были созданы более мощные промышленные установки — производительностью 1, 1,5, 2 и 3 млн. т/год нефти, а в 1967 г. ввели в действие установки АТ и АВТ мощностью 6 млн. т/год нефти. В настоящее время мощность установки ЭЛОУ-АТ на одном из нефтеперерабатывающих заводов увеличена с 6 до 7,3 млн. т/год нефти [5].

Большие экономические преимущества достигаются при строительстве комбинированных установок первичной перегонки нефти, включающих ряд технологически и энергетически связанных процессов ее подготовки и переработки. Такими процессами являются электрообезвоживание, электрообессоливание, атмосферная перегонка нефти, вакуумная перегонка мазута, стабилизация легких бензинов, абсорбция газов, выщелачивание компонентов светлых продуктов, вторичная перегонка бензиновых фракций и др.

## Результаты (Results)

*Таблица 1.1 – Рассчитанные характеристики сырья К-8.*

Компоненты сырья	Массовые доли	Молекулярная масса	Мольные доли
1	2	3	4
Этан	0,023	30	0,001
Пропан	0,633	44	0,013
Бутан	1,378	58	0,021
Изо-пентан	1,046	72	0,013
40-70 <sup>0</sup> С	25,068	79,5	0,285
70-100 <sup>0</sup> С	38,727	92,7	0,377
100-140 <sup>0</sup> С	31,711	110,4	0,259
140-170 <sup>0</sup> С	4,056	130,5	0,028
170-180 <sup>0</sup> С	0,317	143,1	0,002
180-190 <sup>0</sup> С	0,132	149,7	0,001

*Таблица 1.2 – Результаты расчета параметров доли отгона К-8.*

Компоненты сырья	$P_0$	$K_i$	$X_{gi}$	$Y_{pi}$	$x_{gi}$	$y_{pi}$
Этан	116,247	10,57	0,0003	0,0036	0,0001	0,0013
Пропан	68,544	6,23	0,0081	0,0507	0,0038	0,0265
Бутан	44,634	4,06	0,0159	0,0645	0,0098	0,0445
Изо-пентан	39,209	3,56	0,0101	0,0362	0,0078	0,0309
40-70 <sup>0</sup> С	16,038	1,46	0,2704	0,3943	0,2283	0,3724
70-100 <sup>0</sup> С	9,336	0,85	0,3836	0,3256	0,3776	0,3586
100-140 <sup>0</sup> С	4,699	0,43	0,2774	0,1185	0,3251	0,1554
140-170 <sup>0</sup> С	2,29	0,20	0,0309	0,0063	0,0428	0,0097
170-180 <sup>0</sup> С	1,418	0,13	0,0022	0,0003	0,0034	0,0005
180-190 <sup>0</sup> С	1,124	0,10	0,0009	0,0001	0,0014	0,0002

Таблица 1.3 – Материальный баланс К-8.

Приход	кг/ч	% мас.	Расход	кг/ч	% мас.
Этан	26,945	0,020	Паровая фаза:	13890,372	10,310
Пропан	821,836	0,610	Этан	13,473	0,010
Бутан	1805,344	1,340	Пропан	363,763	0,270
Изо-пентан	1360,745	1,010	Бутан	619,745	0,460
40-70С	32765,650	24,320	Изо-пентан	431,127	0,320
70-100С	50617,002	37,570	40-70С	5173,524	3,840
100-140С	41442,081	30,760	70-100С	4984,906	3,700
140-170С	5294,778	3,930	100-140С	2155,635	1,600
170-180С	417,654	0,310	140-170С	94,309	0,070
180-190С	175,145	0,130	170-180С	6,736	0,005
			180-190С	1,347	0,001
			Жидкая фаза:	120836,808	89,690
			Этан	13,473	0,010
			Пропан	458,072	0,340
			Бутан	1185,599	0,880
			Изо-пентан	943,090	0,700
			40-70С	27578,654	20,470
			70-100С	45632,096	33,870
			100-140С	39286,446	29,160
			140-170С	5160,051	3,830
			170-180С	404,182	0,300
			180-190С	175,145	0,130
<b>Итого</b>	<b>134727,180</b>	<b>100,000</b>	<b>Итого</b>	<b>134727,180</b>	<b>100,00</b>

Таблица 1.4. Молекулярные массы и состав фракций в мольных долях К-10

молекулярные массы						
мазут	газы разложения	компонент дт	Л.ВГ	Т.ВГ	затемненный продукт	гудрон
277.6	84.589	261.229	295.5 64	363.541	235.356	479.725
287.5	102.525	265.029	299.6 44	371.584	257.906	493.125
307.9	122.764	267.9	303.7 56	379.725	282.246	509.469
362.4	140.541	269.824	311.0 29	402.316	306.516	534.525
397.5	161.404	272.725	318.4	425.629	335.186	570.4
486.4	180.384	274.669	324.2 6	440.09	358.986	600
513.6	203.556	277.6	330.1 81	454.816	384.972	630.4
570.4	233.749	281.536	346.6 36	466.525	412.736	677.5
677.5	262.176	285.504	355.0 32	478.396	443.532	760
760	291.516	295.564	363.5 41	489.084	475.156	794.4
<b>Состав фракций в мольных долях</b>						
0.017	0.016	0.053	0.055	0.029	0.049	0.013
0.084	0.109	0.156	0.054	0.08	0.089	0.051
0.079	0.233	0.103	0.107	0.079	0.143	0.061
0.08	0.3	0.102	0.104	0.17	0.141	0.134
0.207	0.198	0.101	0.153	0.161	0.241	0.136
0.169	0.093	0.1	0.15	0.155	0.143	0.125
0.075	0.036	0.099	0.147	0.151	0.115	0.122
0.059	0.012	0.098	0.094	0.073	0.045	0.131
0.121	2.835e-3	0.096	0.091	0.071	0.024	0.184
0.108	2.452e-4	0.093	0.045	0.03	9.675e-3	0.043

**Таблица 1.5 – Материальный баланс К-10**

<b>Приход</b>	<b>кг/ч</b>	<b>% мас.</b>	<b>Расход</b>	<b>кг/ч</b>	<b>%мас.</b>
Мазут	128314,166	95,240	Газы разложения в.т.ч. водяной пар	7059,704	5,240
			Компонент ДТ	1320,326	0,980
Водяной пар	6413,014	4,760	Легкий ВГ	20209,077	15,000
			Тяжелый ВГ	43516,879	32,300
			Гудрон	62621,193	46,480
<b>итого</b>	<b>134727,180</b>	<b>100,000</b>		<b>134727,180</b>	<b>100,000</b>

### **Дискуссия (Discussion)**

После расчетов К8 мы получили таблицы результатов, первая из которых относится к характеристикам сырья (Таблица 1.1). Таблица 1.2 у нас получили результаты расчета параметров доли отгона. Таблица 1.3 у нас есть материальный баланс колонны отбензинивания, где мы получили 13890,372 кг/ч паровой фазы и 120836,808 кг/ч жидкой фазы.

А после расчетов К10 мы получили таблицы результатов. Таблица 1.4 у нас есть молекулярные массы и состав фракций в мольных долях. Таблица 1.5 у нас есть Материальный баланс, где мы получили 7059,704 кг/ч газы разложения в.т.ч., компонент ДТ 1320,326 кг/ч, легкий ВГ 20209,077 кг/ч, тяжелый ВГ 43516,879 кг/ч и Гудрон 62621,193 кг/ч.

### **Заключение (Conclusion)**

Настоящая работа позволила проверить расчетным путем действие вакуумная процесса. В материальном балансе можно было наблюдать, сколько образуется из каждой фракции после процессов, и иметь свое представление об этом чрезвычайно важно, чтобы в будущем исследования, направленные на совершенствование технологий, были более эффективными.

## Библиография (Bibliography)

1. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти.— М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000.
2. Паркаш Суриндер. Справочник по переработке нефти / Перевод с английского.— М.: ООО «Премииум Инжиниринг», 2012.
3. Капустин В.М., Гуреев. А. А. Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы.— М.: Хамия, 2015.
4. Нефти СССР. Справочник в 4 – х томах. - М.: Химия, 1971 г.
5. С.А.Ахметов Технология глубокой переработки нефти и газа; Уфа: Гилем, 2002 – 672 с.
6. Разработка поточной схемы и расчёт товарного баланса нефтеперерабатывающего завода: Метод. указания / Казанский государственный технологический университет; сост. В.Г. Козин. Казань, 1993 г. – 52 с.
7. Рудин М.Г., Сомов В.Е., Фомин А.С. Карманный справочник нефтепереработчика – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004 г. – 336с.
8. В.Г. Козин, Н.Л. Солодова, Н.Ю. Башкирцева. Современные технологии производства компонентов моторных топлив – Казань.: ТаРИХ, 2003 г. – 264с.
9. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа. Часть вторая. - М: Химия, 1968 г. – 375 с.

