

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ВАКУУМНОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ РАЗДЕЛЕНИЯ МАЗУТА К-3 ТПП «КОГАЛЫМНЕФТЕГАЗ» (ОАО «ЛУКОЙЛ-ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ»)

*Ключевые слова:* вакуумная ректификация мазута, технологическое обследование действующих установок, установка ЭЛОУ-АВТ.

*В статье описывается технологическое обследование вакуумной колонны разделения мазута К-3 (установка ЭЛОУ-АВТ ТПП «Когалымнефтегаз»), которое было проведено в августе 2013 года. Показаны результаты промышленного эксперимента по влиянию параметров вакуумсоздающей системы на давление верха К-3. По результатам обследования был проведён анализ работы вакуумного блока установки.*

*Keywords:* vacuum rectification of fuel oil, technological survey of existing plants, atmospheric-vacuum distillation unit.

*This paper describes the technological survey vacuum column separation fuel oil K-3 (atmospheric-vacuum distillation unit TPP "Kogalymneftegas"), which was held in August 2013. Showing results of the industrial experiment on the effect of the parameters of vacuum creation systems on pressure at the top of the K-3. The survey results were analyzed.*

Установка ЭЛОУ – АВТ – битумная является головной частью нефтеперерабатывающего завода при месторождении «Дружное» г. Когалым. В настоящее время на НПЗ ТПП «Когалымнефтегаз» в составе установки ЭЛОУ-АВТ эксплуатируется вакуумная колонна К-3, предназначенная для разделения мазута под вакуумом с получением дизельной вакуумной фракции и тяжелого остатка.

Технологическим регламентом предусмотрено два варианта эксплуатации установки:

- Использование остатка в качестве сырья для производства дорожного битума;
- Получение гудрона.

Соответственно при изменении режима меняются и требования к качеству нижнего продукта. Так, при первом варианте работы наибольшее значение для обеспечения качества битума приобретает вязкость и плотность остатка, поскольку именно эти характеристики будут определять качество получаемого битума. Поэтому глубокое извлечение дизельной фракции в К-3 на этом режиме становится нецелесообразным (повышается вязкость остатка и ухудшается качество битума). На втором режиме работы отбор вакуумной дизельной фракции увеличивается. На предприятии переход от одного режима к другому осуществляется за счет изменения давления верха ректификационной колонны.

Вакуум в верху К-3 создаёт вакуумсоздающая система (ВСС), которая представляет собой трехступенчатый парэжекторный насос (ПЭН) с двумя промежуточными вертикальными конденсаторами. Проектная производительность насоса – 100 кг/час, расчетное давление всасывания – 40 мм Нг. В качестве рабочего тела в ПЭНе предусмотрено применение насыщенного водяного пара давлением 0,6 МПа (6 кг/см<sup>2</sup>). На одной площадке перед ВСС установлен вакуумный конденсатор КВ-1 марки 530 ХПГ - 4,0-М1-25-3-2 ТУ 3612-023-00220302-01, который предназначен для охлаждения и конденсации паров с верха вакуумной колонны.

Реконструкция существующей ВСС связана с необходимостью снижения эксплуатационных затрат и улучшения экологических показателей процесса. Наиболее целесообразно существующий ПЭН

заменить на ВСС гидроциркуляционного типа на базе жидкостно-кольцевого вакуумного насоса (ЖКВН). Это мероприятие позволит отказаться от применения водяного пара высоких параметров, подаваемого на ПЭН и выключить котельную, которая в настоящее время используется исключительно для подачи пара в эжекторы существующего ПЭНа. Кроме того, ВСС на базе ЖКВН характеризуются более высокими технико-экономическими и экологическими показателями в сравнении с ПЭНами и ВСС других типов [1,2].

Основным показателем, определяющим тип и производительность ВСС, является количество среды, поступающей на всасывание в ВСС. Измерить этот параметр довольно проблематично, однако определить его можно методами математического моделирования с использованием современных универсальных моделирующих программ (УМП) (ChemCad, HYSYS и т.д.) [3].

На нагрузку ВСС оказывают влияние следующие факторы [2,4 и 5]:

- Температура нагрева мазута в печи (определяет степень разложения тяжелых углеводородов).
- Температура конденсации дистиллятных паров в конденсаторе (определяет глубину конденсации).
- Гидравлическое сопротивление всех аппаратов и коммуникационных трубопроводов.

Все эти данные можно получить только путем снятия требуемых параметров непосредственно на исследуемой установке при технологическом обследовании. Поэтому для определения состава, параметров и расхода среды, поступающего на откачку в ВСС, с 27.08.2013 по 29.08.2013 было проведено технологическое обследование колонны К-3. Обследование проводилось в рамках договора ТА 68-13/13С1179-1 между ООО «Лукойл-Нижегородниинептепроект» и ООО «Системы верхнего уровня».

### Экспериментальная часть

План обследования состоял из следующих стадий:

1. Сбор данных по параметрам основных технологических потоков с замером профилей температур и давлений по тракту движения парогазовой смеси (ПГС).

2. Обследование конденсатора КВ-1.

3. Обследование существующей ВСС.

Сбор данных осуществлялся путем снятия показаний с установленных на установке приборов («на щите» и по месту), а так же замером требуемых потоков с использованием специального оборудования (пирометра и вакуумметра).

**Сбор данных по параметрам основных технологических потоков.** Температура процессов замерялась путем записи показаний стационарных приборов на щите оператора. В тех местах, где стационарные приборы не установлены, показания определялись с помощью пирометра TESTO. Места снятия показаний были предварительно очищены от краски до металла, показания прибора заносились в таблицу.

Основные технологические параметры, которые были измерены в ходе обследования, представлены в табл. 1.

**Таблица - 1 Технологические параметры установки**

Измеряемый параметр	Ед. изм.	Значение параметра	
		Режим работы блока	
		Выпуск гудрона	Выпуск битума
Расход мазута, поступающего в печь	м <sup>3</sup> /час	6.9	6.9
Температура мазута, поступающего в печь	°C	325	325
Температура мазута, выходящего из печи	°C	360	360
Расход водяного пара, подающегося в куб К-3	кг/час	337	337
Давление водяного пара, вводимого в куб К-3	кг/см <sup>2</sup>	5.3	5.3
Температура водяного пара, подающегося в куб К-3	°C	166	166
Температура мазута в зоне питания	°C	349	345
Расход товарного вакуумного газойля	м <sup>3</sup> /час	3	3.8
Температура вакуумного газойля, поступающего в колонну К-3	°C	70.5	70.5
Давление верха К-3	мм Hg	81.6	75
Температура верха К-3	°C	158	185

Давление ПГС, отходящей из конденсатора КВ-1	мм Hg	63	63
Температура ПГС, отходящей из конденсатора КВ-1	°C	43.8	43.8
Температура охлаждающей воды на входе в КВ-1	°C	20.8	20.8
Температура охлаждающей воды на выходе из КВ-1	°C	22	22

Параметры технологического режима блока при производстве битума назначены усреднением данных режимных листов без приборного измерения. Атмосферное давление в период обследования составляло 742 мм Hg.

**Обследование конденсатора КВ-1.** Вакуумный конденсатор КВ-1 представляет собой горизонтальный кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой длиной 3980 мм, диаметром кожуха 530 мм. Длина труб – 3000 мм, трубы – 25x2 мм, число ходов по трубному пространству - 2.

ПГС с верха вакуумной колонны подается в межтрубное пространство конденсатора, конденсат отводится через нижний штуцер.

Перепад давления между конденсатором КВ-1 и верхом колонны К-3 определялся путём замера перепадов давлений между верхом К-3 и входом в ВСС. Давление верха колонны определялось показаниями датчика, установленного на колонне, а давление на входе в ВСС определялось оптическим микроманометром ОМ-6, который устанавливался на входе в ПЭН. Вначале показания прибора менялись в интервале 40-100 мм Hg, а потом останавливались на отметке 100 мм Hg. Прибор устанавливался несколько раз, принципиально характер показаний не менялся. Это обстоятельство можно объяснить недостаточной герметизацией в месте подключения прибора к ВСС. Поэтому давление измерялось мерным манометром, который устанавливался в штуцер на входе в ПЭН. Во время замера был отмечен значительный перепад давления (18 мм Hg на режиме выпуска гудрона и 12 мм Hg на режиме выпуска битума).

Температура отходящих из КВ-1 газов оказалась достаточно высокой - 44 °C. Перепад между температурами отходящих газов и возвратной охлаждающей воды достигал при этом 22 °C, что представляется чрезмерно большим, особенно для конденсаторов установок ректификации мазута под вакуумом. Проведённые в работах [1] и [2] расчёты показывают, что при проектном режиме не будет обеспечиваться достаточно глубокая конденсация не только водяных паров, но даже паров тяжелых углеводородов (до углеводородов C<sub>5</sub>). В результате концентрация водяных паров в газовой фазе, поступающей на ВСС, превышает 90%. Столь высокая концентрация водяных паров при последующей ре-

конструкции ВСС весьма отрицательно скажется на работе ЖКВН.

**Обследование существующей ВСС.** При обследовании ВСС были измерены следующие параметры: давление рабочего пара на входе в паровые эжекторы; температура охлаждающей воды на входе в промежуточные конденсаторы; температура охлаждающей воды на выходе из промежуточных конденсаторов.

Значения измененных параметров представлено в табл. 2.

**Таблица - 2** Параметры материальных потоков ВСС

Измеряемый параметр	Знач-е	Ед. изм-я
Давление пара на входе в паровые эжекторы	4.35	кг/см <sup>2</sup>
Температура охлаждающей воды на входе в промежуточные конденсаторы;	20.3	°С
Температура охлаждающей воды на выходе из промежуточных конденсаторов	22	°С

Согласно паспорту парозежекторного насоса [6] номинальное давление рабочего пара на входе в эжектора должно составлять не менее 6 кг/см<sup>2</sup>. Это значение является ключевым при эксплуатации ПЭНа, так как именно оно и определяет величину остаточного давления, достигаемого насосом. Как видно из табл. 2, фактическое значение давления пара существенно отличается от паспортного.

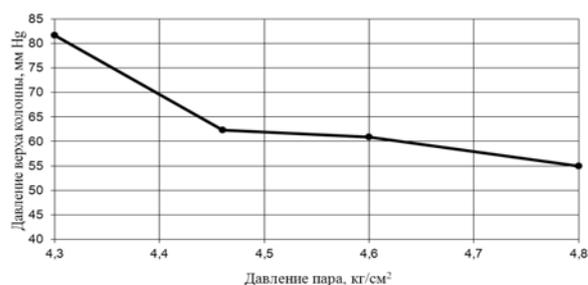
Как выяснилось, на предприятии понижение давления рабочего пара за счет его дросселирования применяется для регулирования давления верха К-3 при переводе установки с одного режима работы на другой.

Для оценки влияния давления рабочего пара на давление верха вакуумной колонны был проведен промышленный эксперимент: фиксировалось давление верха колонны при ступенчатом изменении давления рабочего пара, подаваемого в эжекторы ПЭНа. Результаты измерений приведены в табл. 3 и на рис. 1.

**Таблица - 3** Результаты промышленного эксперимента

Давление рабочего пара, кг/см <sup>2</sup>	Давление верха колонны	
	Избыточное	мм Нг
4.3	-0.89	81.62
4.46	-0.916	62.32
4.6	-0.918	60.84
4.8	-0.926	54.9

Также было выяснено, что давление верха в К-2 заметно зависит от условий отвода выхлопных газов от ПЭНа: при сбросе газа на факел давление в колонне снижается в сравнении с вариантом отвода газов на сжигание в печь. Это говорит о наличии заметного гидравлического сопротивления в этой линии.



**Рис. 1 -** Экспериментальная зависимость давления верха колонны К-3 от давления рабочего пара, подаваемого в эжекторы

### Анализ экспериментальных данных

При режимах эксплуатации вакуумного блока на НПЗ, исходя из задачи обеспечения качества товарного битума, специально завышается давление верха колонны за счет дросселирования рабочего пара, подаваемого на эжекторы ПЭНа, что приводит к уменьшению паспортной производительности существующей ВСС и повышению давления в К-3.

Вакуумный конденсатор КВ-1 обладает значительным гидравлическим сопротивлением (до 18 мм Нг), что оказывает отрицательное влияние на процесс создания и поддержания вакуума в вакуумной колонне. Это обстоятельство связано с неудачной конструкцией самого теплообменника, так как в межтрубном пространстве установлены поперечные перегородки с небольшим живым сечением. По этой причине процесс теплообмена протекает не эффективно, что приводит к повышению температуры отходящих газов (до 44 °С) и недоиспользованию потенциала охлаждающей воды. Завышение достигнутой температуры конденсации ПГС приводит к неудовлетворительной конденсации водяных паров (не более 10% от потенциала), что создает дополнительную нагрузку на ВСС. Небольшое живое сечение в вырезе перегородок приводит к повышенному гидравлическому сопротивлению и повышает давление в верху колонны.

Вакуумсоздающая система обладает достаточной мощностью для создания режимного значения остаточного давления верха вакуумной колонны, что видно по результатам промышленного эксперимента, когда в эжекторы подавался пар с параметрами, близкими к проектным. Однако высокое гидравлическое сопротивление КВ-1 приводит к завышению на 15 мм Нг давления верха вакуумной колонны.

Результаты, которые были получены в результате обследования, планируется интегрировать в расчётные модели и по результатам расчёта выработать рекомендации по реконструкции ВСС.

### Литература

1. *Осипов Э.В.* Энергосберегающая технология создания вакуума в ректификационной колонне установки АВТ / Э.В. Осипов, Э.Ш. Теляков, К.С. Садыков, Х.С. Шоипов и др. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. М.: «Техинформ» МАИ. 2011. №12, -С. 31-35
2. *Осипов Э.В.* Модернизация вакуумсоздающих систем установок ректификации мазута / Э.В. Осипов, Э.Ш. Те-

- ялков, С.И. Поникаров // Бутлеровские сообщения. 2011. Т.28. №20, -С. 109-115
3. *Осипов Э.В.* Системное моделирование установок вакуумной ректификации / Э.В. Осипов, Э.Ш. Теляков, С.И. Поникаров // Бутлеровские сообщения. 2011. Т.28. №20., -С. 81-88
4. *Осипов Э.В.* Влияние наличия в откачиваемых смесях легких углеводородов на производительность жидкостно-кольцевого вакуумного насоса (ЖКВН) // Э.В. Осипов, Ф.М. Сайрутдинов, К.С. Садыков, Э.Ш. Теляков // Вестник Казанского технологического университета. №13; Федер. агентство по образованию, Казан. гос. техн. ун-т. - Казань: КГТУ, 2012. -С. 158-163.
5. *Сайрутдинов Ф.М.* Оценка выхода газов термического разложения мазутов из различных типов нефтей // Ф.М. Сайрутдинов, Э.В. Осипов, Р.А. Ефремов, Х.С. Шоипов, Э.Ш. Теляков // Вестник Казанского технологического университета. №2; Федер. агентство по образованию, Казан. гос. техн. ун-т. - Казань: КГТУ, 2013. -С. 164-167.
6. Пароэжекторные вакуум-насосы / Гипронефтемаш – М, 1965. – 129 с.

---

© **Э. В. Осипов** – канд. техн. наук, доц. каф. МАХП КНИТУ, eduardvosipov@gmail.com; **Х. С. Шоипов** – гл. технолог ООО «Лукойл-Нижегородниинепфтепроект», hoipovks@nnp.lukoil.com; **Э. Ш. Теляков** – д-р техн. наук, проф. каф. МАХП КНИТУ.