

**Литвинцев Юрий Игоревич,**  
к.х.н., доцент, Ангарский государственный технический университет  
e-mail: litvincev\_1991@mail.ru

**Жаворонков Дмитрий Александрович,**  
магистрант, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: zhavoronkov.d@yahoo.com

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ ВАКУУМНЫХ КОЛОНН ДЛЯ ПЕРЕГОНКИ МАЗУТА**

Litvintsev Yu.I., Zhavoronkov D.A.

## **EFFICIENCY OF VACUUM COLUMN CONTACT DEVICES FOR DISTILLATIONS OF FUEL OIL**

**Аннотация.** В статье рассмотрены различные типы контактных устройств для вакуумных колонн, определены их преимущества и недостатки. Приведен пример современного, высокоэффективного контактного устройства, дана краткая характеристика его работы.

**Ключевые слова:** перегонка нефти, перегонка мазута, контактные устройства.

**Abstract.** The article discusses various types of fractionating tray for vacuum distillation. An example of a modern highly efficient fractionating tray, giving a brief description of its operation.

**Keywords:** oil distillation, fuel oil distillation, fractionating tray.

В связи с современной тенденцией углубления переработки нефти, увеличение выделения светлых нефтепродуктов (фракций, выкипающих до 350 °С) является важнейшей задачей технологии первичной переработки нефти. В зависимости от номенклатуры получаемой продукции первичная переработка нефти организована по двум направлениям – топливному или топливно-масляному. Топливное направление может быть глубоким и неглубоким. Неглубокая переработка нефти по топливному варианту осуществляется на установках АТ (атмосферная трубчатая). Остатком процесса атмосферной перегонки нефти является мазут (фракции >350 °С). Для получения дополнительного количества топливных фракций дальнейшая перегонка осуществляется на установке ВТ (вакуумная трубчатая). Перегонка в вакууме заключается в том, что при уменьшении внешнего давления над жидкостью понижается температура ее кипения.

Работа по топливной схеме на установке ВТ позволяет получить одну широкую фракцию, которая может быть использована в качестве сырья деструктивных (термических, термо-каталитических) процессов для извлечения максимального количества топлива. Большая часть НПЗ России ориентирована на топливный профиль, и лишь треть из них способны выпускать нефтехимическую продукцию, масла и смазки [1]. Переработка нефти по топливно-масляному варианту осуществляется на установках АТ и ВТ, которые комбинируют в составе одной установки (АВТ). Целью перегонки нефти по топливно-масляному варианту на блоке ВТ является получение трёх узких масляных

фракций: 350-400 °С; 400-450 °С и 450-500 °С. Такие фракции являются важнейшим источником сырья для производства базовых минеральных масел. Поэтому фракционный состав масляных фракций влияет на их дальнейшую переработку. Чем выше температура начала кипения масляной фракции, тем меньше в ней лёгких фракций и тем меньше испаряется масло в условиях эксплуатации. Конечная температура кипения фракции определяет вязкостные свойства фракции, чем выше точка конца кипения фракции, тем лучше ее вязкостные свойства.

Увеличение отбора и повышение качества вакуумного газойля может быть достигнуто в результате правильного подбора контактных устройств вакуумной колонны. Выбор типа контактных устройств обычно связан со следующими основными показателями: высокой производительностью по пару и жидкости, низким гидравлическим сопротивлением, высоким КПД, большим диапазоном рабочих конструкций. Тарельчатые контактные устройства по способу организации контактирующих фаз подразделяют на – противоточные, прямоточные, перекрестноточные и перекрестно-прямоточные [2], из них наибольшее распространение получили перекрестноточные и перекрестно-прямоточные. К перекрестноточным относятся: ситчатые, колпачковые, S-образные, клапанные, клапанно-балластные и другие тарельчатые контактные устройства. Они отличаются наличием постоянного слоя на тарелке, хорошим барботажем и высокой эффективностью. В тоже время, такие тарелки металлоемки и имеют небольшой диапазон эффективной работы. Более низким гидравлическим сопротивлением характеризуются перекрестно-прямоточные тарелки. В основном они представлены различными модификациями струйных тарелок. Обеспечение требуемой четкости фракционного разделения ректификационной колонны может быть достигнуто большим числом тарелок (до 8 на каждый дистиллят) [2]. В вакуумной колонне используют ограниченное количество тарелок. Увеличение количества тарелок приводит к росту давления в секции питания и уменьшению глубины отбора [3]. Из-за большого потока паров в отгонной секции диаметры таких колонн значительно больше атмосферных и составляют от 8 до 12 м [2]. Возникновение значительного градиента уровня жидкости на тарелках вакуумных колонн большого диаметра приводит к неравномерному распределению пара по тарелке и, как следствие, к снижению эффективности работы контактных устройств.

Гидравлическое сопротивление в отгонной части вакуумной колонны не обязательно должно иметь низкое значение, так как оно не влияет на величину вакуума в зоне питания. Основная задача тарелок в отгонной части – обеспечить хороший массообмен. Для снижения времени пребывания гудрона в зоне высоких температур отгонная часть колонны имеет меньший диаметр и небольшое число тарелок – в пределах 6-8 [3].

В настоящее время большое распространение в качестве контактных устройств получили насадки. Колонны с насадками имеют низкое гидравлическое сопротивление, высокую производительность по паровой фазе, широкий диапазон стабильной работы.

Современные вакуумные колонны с регулярными насадочными устройствами по способу организации взаимного движения контактирующих потоков жидкости и пара можно подразделить на два типа: противоточные и перекрестноточные [2]. Противоточные насадки изготавливаются из просечных гофрированных листов, которые затем скрепляются между собой в готовые секции. Перекрестноточные – изготавливаются из плетеной металлической сетки, просечно-вытяжных листов, пластин. Насадка проницаема для паров в горизонтальном направлении, а для жидкости – в вертикальном. Она разделена распределительной плитой на несколько секций (модулей), представляющих собой единую совокупность элемента регулярной насадки с распределителем жидкостного орошения. В пределах каждой секции организуется поперечное контактирование фаз, то есть жидкость и пар проходят различные независимые сечения (жидкость движется сверху вниз, а пар – в горизонтальном направлении). Такой контакт фаз позволяет оптимально регулировать плотность жидкости и пара, изменяя толщину и площадь поперечного сечения насадочного слоя, и тем самым увеличивать скорость пара почти на порядок без повышения гидравлического сопротивления.

Главное преимущество перекрестноточной насадки перед противоточной заключается в том, что перекрестноточная насадка занимает всего часть поперечного сечения колонны (в виде различных геометрических фигур: кольцо, треугольник, четырехугольник, многоугольник и др.) и паровая фаза идет поперек направления течения жидкости [4]. Представителем подобной насадки является насадка «ПЕТОН» (рис.1) [5]. В секциях перекрестноточной насадки 2 происходит массообмен между вертикально нисходящей жидкой фазой, стекающей по насадке, и горизонтально проходящим потоком паровой фазы. При этом паровая фаза проходит через всё вертикальное сечение секции насадки 2, а жидкая – через часть горизонтального сечения секции насадки 2, что обеспечивается конструкцией распределителя жидкости в форме набора ступеней 4. Каждая из ступеней 4 выполнена из двух сопряженных торцевой и сливной пластин, при этом верхняя ступень служит приемником жидкой фазы, стекающей из вышележащей секции насадки, а нижняя – служит накопителем жидкой фазы. Во избежание «захлебывания» насадки жидкой фазой распределитель жидкости изготовлен в форме набора ступеней 4 и сопряжен со сливной перегородкой 5, перекрывающей нижнюю часть секции насадки 2, служащей переливным порогом избыточной жидкой фазы, которая самотеком поступает на опорную перегородку 3 нижележащей секции насадки 2. Совокупность распределителей жидкости в форме набора ступеней 4 и опорной перегородки 3 формирует в

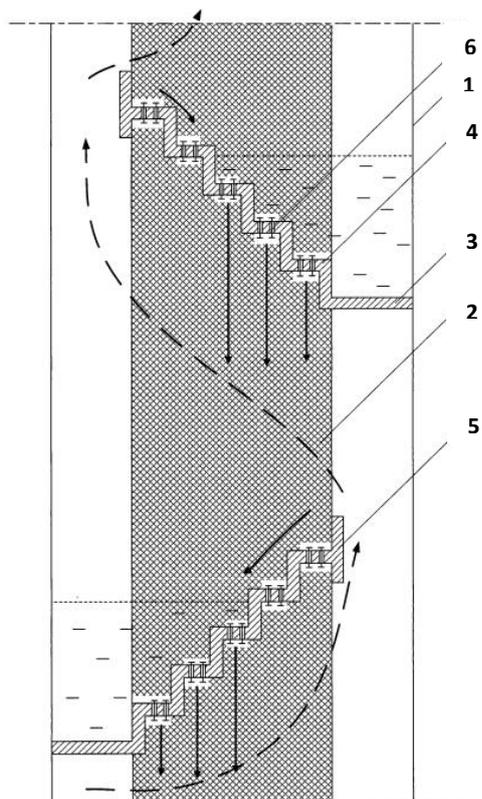


Рисунок 1 – Распределение жидкости с перекрестным током жидкой и паровой фаз системы «ПЕТОН»

проблему организации эффективного контакта при неравнозначных расходах пара и жидкости в колонне.

пространстве колонны карман, который обеспечивает накопление жидкой фазы и ее перераспределение между вышележащей и нижележащей секциями насадки 2. При этом жидкая фаза из вышележащей секции насадки 2 сначала стекает слева на верхние ступени распределителя, затем по распределителю жидкости в форме набора ступеней 4 перетекает в образовавшийся карман, обеспечивая оппозитное орошение справа нижележащей секции перекрестноточной насадки 2.

Разработанная регулярная перекрестноточная насадка «ПЕТОН», в отличие от известных типов контактных устройств, таких как противоточная насадка, прямоточные устройства, перекрестноточная тарелка, позволяет сочетать преимущества этих устройств и в существенной мере исключить их недостатки. Насадка «ПЕТОН» обладает способностью при проектировании колонны самостоятельно регулировать сечение для прохода пара в насадке от сечения для прохода жидкости, что позволяет решить про-

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Литвинцев, Ю. И.** Производство базовых масел в России / Ю. И. Литвинцев, Д. А. Жаворонков // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2023. – № 17. – С. 88-91.
2. **Ахметов, С. А.** Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов / С. А. Ахметов. – Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
3. **Александров, И. А.** Перегонка и ректификация в нефтепереработке / И. А. Александров. – Москва : Химия, 1981. – 352 с.
4. **Бычков, В. М.** Пути совершенствования процесса вакуумной перегонки мазута / В.М. Бычков. – Текст научной статьи по специальности «Химические технологии» // Вестник магистратуры. – 2022. – № 4-4 (127). – С. 18-21.
5. **Патент № 2607730 Российская Федерация, МПК В01D 3/14.** Массообменная колонна с перекрестным током жидкой и газовой (паровой) фаз системы «ПЕТОН» : № 2015147040; заявл. 02.11.2015 : опубл. 10.01.2017 / Мнушкин И. А. ; заявитель Мнушкин И. А.