УДК 665.77

**ОПТИМИЗАЦИЯ БАЗОВОЙ УСТАНОВКИ
ДЕАСФАЛЬТИЗАЦИИ ГУДРОНА**

**OPTIMIZATION OF BASIC INSTALLATION
OF DEASPHALTIZING OF TAR**

Султанов Ф.М., Ахметов С.А., Султанбаев А.Ю.

ГУП «Институт нефтехимпереработки РБ»,

г. Уфа, Российская Федерация

**ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа, Российская Федерация**

ОАО «АНК Башнефть» «Башнефть-Уфанефтехим»,

г. Уфа, Российская Федерация

F.M. Sultanov, S.A. Akhmetov, A.Y. Sultanbaev

**State Unitary Enterprise «Institute of petroleum refining and
petrochemistry»**

FSBEI HPE “Ufa State Petroleum Technological University”,

Ufa, the Russian Federation

JSC "Bashneft" "Bashneft-Ufaneftekhim", Ufa, the Russian Federation

e-mail: sultanbaevay@mail.ru

Аннотация. Деасфальтизация остатков нефти углеводородными растворителями уже длительное время применяется для выделения масляных фракций нефти. При их последующей очистке они применяются в качестве основы для производства моторных, авиационных, цилиндровых, компрессорных, трансмиссионных и других видов масел. Еще одно назначение процесса деасфальтизации гудрона – это подготовка высокомолекулярных фракций нефти к глубокой переработке процессами гидроочистки и каталитического крекинга.

В последние годы наблюдается повышение цен на многие энергоресурсы, такие как природный газ, водяной пар, электроэнергия и другие. К тому же, высокая изношенность оборудования на предприятиях требует дополнительных затрат. Все это в комплексе с медленными темпами модернизации технологических процессов приводит к удорожанию продукции нефтепереработки и снижению ее конкурентоспособности на мировом и отечественном рынках.

Расходные показатели энергоносителей на переработку одной тонны сырья процессом деасфальтизации гудрона определяется степенью совершенства технологической схемы, оборудования и качеством перерабатываемого сырья.

В статье рассмотрен вопрос модернизации типовой установки. Проведен анализ расходов энергоносителей и работы по оптимизации производства и экономии энергоресурсов. Преимущество системы регенерации растворителя в сверхкритических условиях совместно с двухступенчатой инжекторной системой компримирования газов низкого давления над базовой схемой установки.

Предлагается схема, которая может быть реализована на установках деасфальтизации гудрона, работающих как по масляному варианту с использованием пропанового растворителя, так и по топливному варианту с использованием в качестве растворителя пропан - бутановых смесей.

Abstract. Deasphaltizing of oddments by oil hydrocarbon solvents is applied to selection of lube cuts of oil for a long time. At their afterpurification they are applied as a basis for production of engine, aviation, cylinder, compressor, transmission and other oils. One more purpose of process of deasphaltizing is a preparation of high-polymeric fractions of oil to deep recycling by processes of hydrotreating and catalytic cracking.

In recent years increase in prices for many energy resources, such as natural gas, water vapor, electric power and the others. Besides, high deterioration of inventory at the enterprises demands padding expenses. All this in a complex

with sluggish rates of modernization of technological processes leads to rise in price of production of oil processing and decrease in its competitiveness in the world and domestic market. Account indexes of power supplies for processing of 1 ton of raw materials by deasphaltizing processes is defined by degree of perfection of flow diagram, inventories and quality of the processed raw materials.

In article advantage of a revitalization system of solvent in supercritical conditions with two-stage injector system of a compression of gases of low pressure over the basic scheme of installation is considered, that allows to lower energy consumption and quantity of metal-consuming equipment for carrying out process and increases flexibility of technological process. At solvent recovery in supercritical conditions of division the economy of energy resources for 25-50% in comparison with the standard scheme of solvent recovery is reached.

The scheme which can be realized on the installations of deasphaltizing of tar working as by oil option with use of propane solvent and by fuel option with use as solvent propane - butane mixes is offered.

Ключевые слова: деасфальтизация, гудрон, сверхкритические условия, энергоносители, водяной пар, оптимизация производства.

Key words: deasphaltizing, tar, superemergency conditions, energy carriers, water vapor, production optimization.

Деасфальтизация остатков нефти углеводородными растворителями уже давно применяется для выделения масляных фракций нефти. При последующей очистке они используются в качестве основы для производства моторных, авиационных, цилиндровых, компрессорных, трансмиссионных и других масел [1]. Еще одно назначение процесса деасфальтизации – это подготовка высокомолекулярных фракций нефти к глубокой переработке процессами гидроочистки и каталитического крекинга.

Установка деасфальтизации гудрона 36/1 «Башнефть-Уфанефтехим» работает по второму варианту. Она предназначена для удаления из остат-

ков от перегонки нефти асфальто-смолистых веществ и полициклических углеводов с повышенной коксуемостью и низким индексом вязкости в процессе экстракции растворителем. В качестве растворителя на установке применяется пропан-бутановая смесь. Применение ее для деасфальтизации гудронов основано на способности не растворять при температурах, близких к критической (96,8 °С), смолы и асфальтены, которые выпадают в осадок [5].

Расходные показатели энергоносителей на переработку 1 т сырья процессом деасфальтизации определяется степенью совершенства технологической схемы, оборудования, качеством перерабатываемого сырья. При регенерации растворителя в сверхкритических условиях разделения достигается экономия энергоресурсов на 25-50% по сравнению с типовой схемой регенерации растворителя [2,3,4].

Установка 36/1 является типовой установкой деасфальтизации гудрона. Растворитель выпаривают из деасфальтизатного раствора в трех последовательно расположенных испарителях, для чего в змеевики подается водяной пар. Из-за высокого содержания растворителя в деасфальтизатном растворе расход водяного пара в испарителях высок и составляет основную долю расхода водяного пара по установке в целом. После испарителей остатки растворителя как в деасфальтизате, так и в асфальте отпариваются в отпарных колоннах также с помощью водяного пара.

Установка 36/2 после проведения реконструкции узла регенерации и компримирования растворителя была переведена на сверхкритический режим работы.

За счет проведения процесса отделения основной части растворителя, от деасфальтизата в сверхкритических условиях исключается наиболее энергоемкая стадия процесса регенерации – испарение растворителя, вследствие этого значительно сокращается расход энергоносителей. Кроме того, значительная часть излишков тепловой и механической энергии, заключенной в высокотемпературном и высоконапорном потоке растворите-

ля, выводимого из сверхкритического разделителя, эффективно возвращается в процесс в теплообменниках.

Эффективность отделения растворителя в сверхкритическом растворителе определяется давлением и температурой в аппарате. Увеличение температуры при постоянном давлении в аппарате приводит:

- к снижению остаточного содержания масла в верхней фазе растворителя и к снижению содержания растворителя в нижней фазе деасфальтизата в сверхкритическом разделителе;
- к снижению плотности растворителя, выводимого с верха аппарата, его теплопроводности, в результате чего возможно ухудшение работы теплообменника деасфальтизатный раствор – растворитель.

Область оптимальных параметров режима (температура, давление в разделителе) зависит от состава растворителя. На рисунке 1 в координатной плоскости давление – температура жирным квадратом выделена область регламентных значений давления $42 \div 46 \text{ кгс/см}^2$ ($4,2 \div 4,6 \text{ МПа}$) и температуры $135 - 155 \text{ }^\circ\text{C}$ в разделителе Р-1 для состава растворителя в регламентированных пределах: содержание пропана $10 - 90 \text{ \% масс.}$, содержание изобутана $90 - 10 \text{ \% масс.}$ Более маленькими квадратами 1, 2 и 3 на рисунке выделены области оптимальных параметров режима работы разделителя Р-1 для растворителей с малым ($20 - 40\%$), средним ($40 - 60\%$) и высоким ($60 - 80\%$) содержанием пропана. Как видно из рисунка при большом содержании изобутана в растворителе давление в разделителе следует держать пониже, температуру – повыше. И, наоборот, при большом содержании пропана в растворителе давление в разделителе следует повышать, а температуру понижать.

На качество отделения растворителя в сверхкритическом разделителе большое влияние оказывает также стабильность поддержания уровня в аппарате. Оптимальные условия разделения обеспечиваются, если жидкость занимает половину аппарата.

Рисунок 1. Область оптимальных параметров режима работы разделителя Р-1 в зависимости от содержания пропана в пропан-изобутановом растворителе:

- 1 - содержание пропана 20 – 40 % масс., изобутана 80 – 60 % масс.
- 2 - содержание пропана 40 – 60 % масс., изобутана 60 – 40 % масс.
- 3 - содержание пропана 60 – 80 % масс., изобутана 40 – 20 % масс.

Замечено, что содержание деасфальтизата в регенерированном в сверхкритическом разделителе растворителе не превышает 0,5%, а содержание растворителя в деасфальтизате ниже 10-12%, результаты пробега подтвердили правильность научно-технических разработок, программ расчетов и компьютерных моделей процесса регенерации растворителя при сверхкритическом режиме, использованных при разработке исходных данных на проектирование реконструкции.

Применение системы регенерации растворителя в сверхкритических условиях совместно с двухступенчатой инжекторной системой компримирования газов низкого давления снижает энергозатраты и количество металлоемкого оборудования для проведения процесса и повышает гибкость технологического процесса.

Предложенная схема может быть реализована на установках деасфальтизации, работающих как по масляному варианту с использованием пропанового растворителя, так и по топливному варианту с использованием в качестве растворителя пропан-бутановых смесей. Технологическая схема установки пропан-бутановой деасфальтизации с узлом сверхкритической регенерации растворителя отличается от известной схемы установки пропановой деасфальтизации гудрона наличием дополнительной системы нагрева и циркуляции органического теплоносителя АМТ-300, который используется вместо водяного пара. Это связано с необходимостью нагрева деасфальтизатного раствора до довольно высокой температуры (около 160°C) в Т-3 [4].

При реконструкции установки были разработаны и реализованы следующие мероприятия:

- увеличение производительности установки по гудрону до 38 м³/ч (исходная производительность 28 м³/ч);
- использование в качестве растворителя пропан-бутановой смеси;
- осуществление регенерации растворителя из деасфальтизатного раствора при сверхкритических условиях;
- замена поршневых компрессоров на струйные аппараты для сжижения растворителя системы низкого давления;
- применение в экстракционной колонне регулярных насадок, разработанных ООО «ИМПА Инжиниринг»;
- включение в схему установки дополнительных узлов нагрева и циркуляции органического теплоносителя АМТ-300, используемого взамен водяного пара, и аминной очистки растворителя от сероводорода.

Опытно – промышленный пробег данной установки после ее реконструкции показал работоспособность и высокую эффективность технологии сверхкритической регенерации растворителя и правильность выводов научно-технических разработок, использованных при проектировании реконструкции.

Однако в предложенной схеме установки 36/2 возникают проблемы с возвратом регенерированного газа низкого давления в систему при пуске и остановке установки. В связи с этим установка 36/2 дает нагрузку по газу низкого давления установке 36/1. Вследствие этого возникает отсутствие резерва компрессоров на установке 36/1, что может привести к их выходу из строя и сбросу газа в факельную линию, что ведет за собой дополнительную подпитку газом с парка высокого давления.

Предлагается иная схема работы установки, представленная на рисунке 2.

Гудрон в смесителе С-1 разбавляется небольшой частью циркулирующего растворителя и подается в экстракционную колонну К-1. Выводимый с верха К-1 деасфальтизатный раствор бустерным насосом Н-1 через теплообменники Т-1, Т-3 подается в сепаратор Р-1, работающий в сверхкритическом режиме. В сепараторе происходит разделение смеси на две фазы: верхнюю - пропан-бутановую и нижнюю - деасфальтизатную. Верхняя фаза, состоящая практически из чистого растворителя, проходит через теплообменники Т-1 и Т-6, нагревая потоки деасфальтизатного и асфальтного растворов из экстракционной колонны, и далее охлаждается, конденсируется в конденсаторах - холодильниках воздушного ВХ-1,2 и водяного Т-4 охлаждения и через емкость сжиженного растворителя Е-1 насосом Н-3 направляется на стадию экстракции для повторного использования. Нижняя фаза, содержащая 90-95% деасфальтизата и 5-10% растворителя, направляется в испаритель Э-1б для отделения паров растворителя, после чего в отпарную колонну К-2, для отпарки остатков растворителя из деасфальтизата водяным паром. Газ после К-2 попадает в конденсатор смешения Т-5, где растворитель промывается водой. С верха конденсатора смешения пары растворителя, отделенные от воды, направляются на прием поршневого компрессора и далее через воздушный холодильник ВХ-1,2 направляется в пропановую емкость Е-1.

Рисунок 2. Принципиальная схема установки деасфальтизации гудрона со сверхкритическим узлом регенерации растворителя

К-1 - экстракционная колонна; Р-1 - сверхкритический сепаратор; П-1 - печь; Э-1в, Э-2а - испарители; Э-1в, Э-2 - каплеотбойники; Е-1 - емкость сжиженного растворителя; Е-4 - сырьевая емкость; К-2, К-3 - отпарные колонны; Т-1, Т-2, Т-3, Т-4, Т-6 - теплообменники; Т-5 - конденсатор смешения; ВХ-1, ВХ-2 - воздушные холодильники; В-1 - центробежный компрессор; С-1 - смеситель; Н-1, Н-2, Н-3, Н-4, Н-5, Н-6 - насосы.

Выводы

Предложенная схема обеспечивает снижение затрат на энергоносители на 30% по сравнению с установкой 36/1, а также увеличивает ремонтный пробег оборудования. В дальнейшем возможно создание единого компрессорного узла для всех установок, для оптимизации производства и снижения эксплуатационных затрат.

Список используемых источников

- 1 Ахметов С.А., Технология глубокой переработки нефти и газа: учебное пособие для вузов. Уфа: Гилем, 2002. 672 с.
- 2 Справочник современных процессов переработки нефти // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. 1984. №9. С.91-92.
- 3 Справочник современных процессов переработки нефти // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. 1984. №9. С.107-108.
- 4 Султанов Ф.М. Энергосберегающая технология сольвентной деасфальтизации нефтяных остатков: дис....д-ра техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2010. 214 с.
- 5 Власенко В.Е. Установка деасфальтизации масел. М.: Химия, 1975. С. 34 - 36.

References

- 1 Ahmetov S.A., Tehnologija glubokoj pererabotki nefti i gaza: uchebnoe posobie dlja vuzov. Ufa: Gilem, 2002. 672 s. [in Russian].
- 2 Spravochnik sovremennyh processov pererabotki nefti // Neft', gaz i neftehimija za rubezhom. 1984. №9. S.91-92. [in Russian].
- 3 Spravochnik sovremennyh processov pererabotki nefti // Neft', gaz i neftehimija za rubezhom. 1984. №9. S.107-108. [in Russian].

4 Sultanov F.M. Jenergosberegajushhaja tehnologija sol'ventnoj deasfal'tizacii neftjanyh ostatkov: dis....d-ra tehn. nauk. Ufa: UGNTU, 2010. 214 s. [in Russian].

5 Vlasenko V.E. Ustanovka deasfal'tizacii masel. M.: Himija, 1975. S. 34 - 36. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Султанов Ф.М., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология нефти и газа», ГУП ИНХП, г. Уфа, Российская Федерация

F.M. Sultanov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Technology of Oil and Gas”, “Institute of Petroleum Refining and Petrochemistry”, Ufa, the Russian Federation

Ахметов С.А., д-р техн. наук, профессор кафедры «Технология нефти и газа», ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

S.A. Akhmetov, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Technology of Oil and Gas”, FSBEI HPE “Ufa State Petroleum Technological University”, Ufa, the Russian Federation

Султанбаев А.Ю., ОАО «АНК Башнефть» «Башнефть -Уфанефтехим», магистрант гр. МТП213-12-01, ФГБОУ ВПО УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

A.Y. Sultanbaev, JSC “ANK Bashneft” “BashneftUfaneftekhim”, Graduate Student of MTP21z-12-01 Group FSBEI HPE “Ufa State Petroleum Technological University”, Ufa, the Russian Federation

e-mail: sultanbaevay@mail.ru