

УДК 663.551.6
НИКИТИНА С.Ю., к.т.н.

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет
Кафедра физики и химии
ООО «Научно-технический центр «Этанол»
394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ
ПИЩЕВОГО ЭТАНОЛА В РОССИИ**

Работа спиртовых заводов в условиях специфичной рыночной экономики России осуществляется при жёсткой конкуренции с теневыми производителями, себестоимость продукции которых существенно ниже. К качеству легального этилового спирта, используемого для приготовления ликёроводочных изделий, предъявляются всё более возрастающие требования, что вызывает необходимость дальнейшего совершенствования процессов очистки, позволяющих осуществлять практически полное выделение примесей. Внедрение новых технологических приёмов, позволяющих повысить качество и конкурентность готовой продукции, увеличить выход спирта без существенных материальных затрат; разработка новых ресурсосберегающих технологий брагоректификации, использование зарубежного опыта для повышения рентабельности производства, представляются важными и актуальными задачами.

Выделяют брагоректификационные установки (БРУ) прямого, косвенного и полупрямого действия [1].

Установки прямого действия

В установках прямого действия [1, 2] за счет двукратного использования тепла бражной колонны затраты греющего пара и воды на охлаждение теплообменников на 35 – 40 % ниже, чем в установках косвенного действия. Эти БРУ экономичны, однако сообщение колонн по паровой фазе усложняет эксплуатацию, требует более серьезной автоматизации технологического процесса. Как правило, спирт, получаемый на установках прямого действия, имеет невысокие органолептические показатели (неэффек-

тивная эюрация, новообразование примесей в бражной колонне, возможность заноса твердой фазы бражки в ректификационную колонну). Вследствие указанных причин установки прямого действия широкого распространения в нашей стране не получили.

Установки полупрямого действия

Основное отличие схем полупрямого действия [1, 2] заключается в том, что питание эюрационной колонны осуществляется в паровой фазе. В этих установках бражка, не подвергаясь предварительной эюрации, подается в бражную колонну, выходящие из ее верхней части водноспиртовые пары с сопутствующими примесями питают эюрационную колонну, где происходит их очистка от эфиров, альдегидов и других головных примесей. Жидкость из куба эюрационной колонны подается на питательную тарелку ректификационной колонны, имеющей отгонную и укрепляющую часть, для концентрирования эюрата и вывода промежуточных и хвостовых примесей. Установки полупрямого действия при некоторой доработке позволяют получать спирт приемлемого качества со сравнительно небольшими энергозатратами. К недостаткам следует отнести плохую декарбонизацию бражки, что может дестабилизировать работу бражной колонны, и снизить органолептические показатели готовой продукции. Объединение двух колонн паровым потоком затрудняет управление процессом.

К установкам полупрямого действия следует отнести и косвенно-прямоточные БРУ, которые оснащаются небольшой открытой колонной, устанавливаемой сверху бражной колонны, фактически эта связка работает как единая колонна, что определило ее название - брагоэюрационная. Острый пар расходуется на обогрев брагоэюрационной и ректификационной колонн, а эюрационная колонна обогревается водноспиртовым паром из брагоэюрационной колонны. Классические установки косвенно-прямоточного действия позволяют получать ректифицированный спирт с пониженными энергозатратами, но качество ректифицированного спирта не удовлетворяет современным требованиям, поскольку часть примесей с эюрированными водноспирто-

выми парами может попадать в эюрат и в готовый продукт. В последнее время интерес к подобным установкам возрастает, ряд исследователей проводит их модернизацию.

Установки косвенного действия [1-4]

Принципиальные особенности БРУ косвенного действия:

- извлечение спирта из бражки в бражной колонне,
- питание бражным дистиллятом полной эюрационной колонны, где производится концентрирование и вывод головных примесей,
- укрепление эюрата и его очистка в ректификационной колонне, имеющей концентрационную и выварную части;
- ввод греющего пара в каждую колонну.

В таких установках колонны сообщаются только по продуктовым потокам, поэтому изменение режимов работы одной из них гораздо меньше сказывается на других, что облегчает управление БРУ. Схемы косвенного действия нашли наибольшее распространение на спиртовых заводах России и ближнего зарубежья и более 60 лет были типовыми в нашей промышленности; единственным, но существенным их недостатком является высокая энергоёмкость. Однако даже типовые схемы без модернизации не обеспечивают качества спирта, удовлетворяющего современным требованиям. Нам представляется перспективным применение новых технологических разработок, обеспечивающих глубокую очистку спирта от примесей, а именно:

- использование в системах брагоректификации дополнительных колонн (сивушной, окончательной очистки, разгонной, деметанольной, эфирной и др.) [1–6];
- увеличение числа теоретических тарелок [1, 3, 5, 6];
- применение новых контактных устройств [5, 6];
- эюрация бражки [1, 3];
- модернизация эюрационного узла [7–9];

- осуществление работы колонн БРУ при пониженном давлении [1, 2, 10, 11].

Вышеупомянутые технологические приёмы в последнее время становятся всё более востребованными и поэтому быстро развиваются и совершенствуются. Например, предложены новые колонны, включение которых в состав БРУ значительно увеличивает глубину очистки спирта от сопутствующих примесей [1–3, 5–9]. Весьма перспективным представляется использование закрытых колонн на стадии эюрации бражного дистиллята, тем более что эти колонны не требуют энергозатрат на обогрев и характеризуются существенными эффектами очистки спирта от сопутствующих головных и промежуточных примесей.

Одним из наиболее эффективных технологических приёмов, повышающих качество ректификованного спирта, является осуществление эюрации бражного дистиллята по методу глубокой гидроселекции, что позволило очистить спирт не только от головных примесей, но и от компонентов сивушного масла и других промежуточных примесей [1-4, 7–9]. Использование метода глубокой гидроселекции в эюрационной колонне существенно увеличивает коэффициенты испарения большинства примесей головного и промежуточного характера, однако извлечение метилового спирта и ацетальдегида снижается, поэтому в подобных схемах применяется колонна окончательной очистки либо деметанольная колонна.

Очень интересно применение модернизированных эюрационных колонн с выварной частью, позволяющее дополнительно извлекать хвостовые и промежуточные примеси. Комбинирование метода глубокой гидроселекции с концентрированием эюрата повысило эффективность очистки спирта без увеличения нагрузки по жидкой фазе на ректификационную колонну.

Использование укрепляющего действия дефлегматора при эюрации (оснащение колонны двумя дефлегматорами) и изменение конструкции эюрационной колонны

(установка полупроницаемой перегородки) позволило существенно снизить концентрацию метанола и ацетальдегида в эпюрате.

Оснащение БРУ дополнительными колоннами в современных условиях неизбежно, но приводит к существенному увеличению потребления энергоресурсов, поэтому сокращение энергозатрат на перегонку и ректификацию за счёт создания и внедрения в производство установок с многократным использованием греющего пара является первостепенной задачей для спиртовой отрасли

Энергосберегающие установки

Обычно энергосберегающие установки с многократным использованием греющего пара в колоннах, эксплуатируемых под различным давлением, разрабатываются на основе БРУ косвенного действия, причем наиболее распространены два варианта реализации.

В первом варианте [1] бражная колонна работает при пониженном давлении, что позволяет уменьшить новообразование примесей и улучшить качество конечного продукта (обогрев бражной колонны осуществляется за счет тепла конденсации водно-спиртового пара ректификационной колонны). Впервые в нашей стране подобная установка была разработана в Воронежском технологическом институте В.И. Баранцевым.

По второму варианту [1, 10, 11] под пониженным давлением работает ректификационная колонна и (или) эпюрационная колонны, обогреваемые за счет тепла пара из бражной колонны. Эксплуатация ректификационной колонны под разрежением более выгодна в энергетическом отношении, поскольку с понижением давления азеотропная точка системы этанол – вода сдвигается в сторону высоких концентраций спирта, что дает возможность получать готовую продукции регламентной крепости при меньшем удельном расходе пара. Подобные установки применяются в США, Украине, некоторых странах Западной Европы.

К первому классу установок относится БРУ, предложенная фирмой «Спейшим» (Франция) [1]. Установка состоит из бражной, элюационной, ректификационной колонн, колонны окончательной очистки (возможна установка колонны концентрирования примесей). Колонна окончательной очистки и бражная колонна работают под разрежением и обогреваются вторичным паром соответственно из элюационной и ректификационной колонн, колонна концентрирования примесей является аналогом нашей сивушной колонны и эксплуатируется при атмосферном давлении. Установки с подобным принципом работы нашли широкое распространение в Европе, последнее время активно продвигаются на наш рынок фирмой «Фрили Импьянти» (Италия).

Из схем второго варианта наиболее известна установка, включающая бражную, отгонную, элюационную и ректификационную колонны, последние две из которых работают при пониженном давлении (70-75 кПа), а бражная – под избыточным давлением (35-40 кПа). Для обогрева ректификационной колонны используется вторичный пар из дефлегматора – испарителя бражной колонны.

Представляет интерес трехколонная БРУ, в которой ректификационная колонна работает под атмосферным давлением, а бражная и элюационная – при давлении 50 кПа. Спиртовая колонна состоит только из укрепляющей части. Флегма из нижней части спиртовой колонны подается вверх элюационной колонны. Обогрев элюационной и спиртовой колонн осуществляется вторичным паром из бражной колонны, но поскольку отгонные части бражной и спиртовой колонн объединены, общий удельный расход пара на обогрев установки существенно сокращается.

Среди последних разработок энергосберегающих установок второго варианта интересны исследования УкрНИИспиртбиопрода (БРУВАК-1, БРУВАК-2, БРУВАК-М). Предложенные БРУ имеют бражную, элюационную и ректификационную и экстрактивно-ректификационные колонны. Элюационная и ректификационная колонны работают при пониженном давлении, бражная и экстрактивно-ректификационная ко-

лонны - под небольшим избыточным давлением. Теплота конденсации пара бражного дистиллята используется для обогрева эспурационной и ректификационной колонн (БРУВАК-1) или только эспурационной колонны (БРУВАК-М). Описанная технология брагоректификации предусматривает возврат в систему некоторых побочных продуктов брагоректификации, что приводит к «закольцовыванию» ряда примесей в промышленном цикле.

Очень перспективны БРУ, колонны которых работают при пониженном, атмосферном и повышенном давлениях. В таких установках увеличивается кратность использования греющего пара, что обеспечивает снижение энергозатрат на брагоректификацию. В нашей стране первые БРУ данного типа предложены С.Е.Хариным, В.Н. Стабниковым [1] и их учениками. В этих установках предусмотрено трехкратное использование греющего пара, что обеспечивается созданием трех ступеней давления.

Значительный интерес представляют схемы энергосберегающих установок, предложенные профессором В.М. Перельгиным, к сожалению, широкого распространения они не получили, что объясняется необходимостью больших капитальных затрат при модернизации существующих спиртовых цехов. Многократное использование греющего пара требует новых ректификационных колонн, рассчитанных на повышенное давление или существенное разрежение, (большинство имеющегося оборудования для этих целей непригодно), кроме того, необходима дорогостоящая современная система автоматизации и управления технологическим процессом.

Другой путь снижения энергоёмкости брагоректификационных установок – применение термокомпрессии (тепловых насосов) [12].

В зарубежных схемах брагоректификации [1] тепловые насосы подключаются к тепло– массообменным аппаратам двумя способами. По первому способу водноспиртовые пары из верхней части колонны сжимаются в компрессоре и используются в качестве греющего агента в кипятильнике, где они конденсируются и возвращаются в колон-

ну в качестве флегмы. Второй способ предусматривает использование кубовой жидкости в качестве хладагента в дефлегматоре испарителе и сжатие в компрессоре образовавшегося пара и подачу его на обогрев колонны. Подключение теплового насоса по второму варианту предпочтительнее, поскольку в большинстве колонн БРУ кубовая жидкость содержит меньше спирта, чем дистиллят и, следовательно, имеет более высокую теплоту парообразования, что позволит снизить расход энергии.

В России термокомпрессия до настоящего времени не находила широкого применения, что связано с рядом причин, в том числе с неблагоприятным соотношением цен на органическое топливо и электроэнергию, а также высокой стоимостью пароконпрессионных тепловых насосов. Повышение конкурентоспособности тепловых насосов возможно за счёт развития технологии производства, отработке технологических режимов применения и оптимизации энергоэкономических параметров их работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1) Дальнейшее развитие технологии ректификационной очистки пищевого этилового спирта связано с разработкой новых технологических схем БРУ, позволяющих получить максимальный выход готового продукта с повышенными аналитическими и органолептическими показателями.

2) Наиболее эффективный путь снижения себестоимости пищевого спирта – это сокращение энергозатрат на перегонку и ректификацию за счёт организации работы брагоректификационных установок с многократным использованием греющего пара.

3) Применение термокомпрессии (тепловых насосов) существенно снижает энергоёмкость брагоректификационных установок

Список литературы

1. Цыганков П.С., Цыганков С.П. Руководство по ректификации спирта. М.: Пищепромиздат, 2001. 400 с.
2. Алексеев В.П. Ресурсосберегающая технология в производстве спирта/ В.П. Алексеев, С.И. Громов, Е.А. Грунин и др., 1994. – Москва «Пищевая пром-ть», 168 с..
3. Никитина С.Ю. Разработка методов расчета и совершенствование процессов брагоректификации с целью получения высокоочищенного этилового спирта: Дис. ... канд. техн. наук. Воронеж: ВГТА, 1999. 130 с.
4. Порохова Н.А. Повышение качества и увеличение выхода ректификованного спирта в системе брагоректификации: Автореф. дис...канд. Техн. наук, Киев, 2000. -16 с.
5. В.С. Леонтьев, Л.С. Фаустов, Н.И. Тимуриин Повышение эффективности производства с минимальными затратами // Ликероводочное производство и виноделие №10, 2009
6. Антипов С.Т. Инновационная технология ректификационной очистки этилового спирта/ С.Т. Антипов, С.Ю. Никитина// Вестник Воронежской государственной технологической академии. – 2010. - №1. С.69 – 72.
7. Патент РФ № 2270049. Способ получения ректификованного спирта/ В.М. Перелыгин, С.Ю. Никитина// Оpubл. 20.02.2006.
8. Никитина С.Ю. Способ получения этанола: Пат. РФ №2342432 // Оpubл. 27.12.2008. Бюл. №36.
9. Патент РФ № 2277433. Способ получения этанола/ В.М. Перелыгин, С.Ю. Никитина, В.С. Моисеенко, А.Б. Дячкина// Оpubл. 10.06.2006, Бюл. №16.
10. Мищенко А.С., Михненко Е.А., Кизюн Г.А., Журавский И.М., Ровный З.Б. Энергосберегающие брагоректификационные установки // Пр-во спирта и ликеро-водоч. изделий, М.: Пищ. пром-ть, 2002. - № 3. - С. 10, 11.
11. Мищенко А.С. Разработка и внедрение энергосберегающих технологий ректификации этилового спирта: Автореф. дис...канд. Техн. наук, Киев, 2000. - 20 с.
12. Петраков Г.Н. Применение тепловых насосов в теплоснабжении/ Г.Н. Петраков, В.Г. Стогней, А.В. Мартынов, О.Е. Работкина. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. 259 с.