

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА
ПРИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА**

Утилизация энергии пара низкого давления путем его теплообмена с кипящей жидкостью является одним из перспективных технических решений, применимых при модернизации многоступенчатых ректификационных и выпарных установок. Осуществление проектов такого рода, как правило, требует значительных капитальных вложений из-за малых температурных напоров между теплоносителями и, как следствие, больших поверхностей вновь устанавливаемых теплообменников типа «конденсатор-испаритель». Очевидно, что при этом необходимо интенсифицировать теплообмен.

Одним из способов интенсификации теплообмена в вертикальных конденсаторах-испарителях при малых температурных напорах является подвод острого пара в кипящую жидкость. Эффективность этого способа подтверждена комплексом экспериментальных и теоретических исследований, проведенных на кафедре «Процессы и аппараты химических производств» [1].

Внедрение описанного выше технического решения по модернизации многоступенчатых установок сдерживается отсутствием методики технико-экономического обоснования целесообразности его применения. Авторами для такой оценки предлагается проводить расчеты величины дополнительных приведенных затрат, т.е. приведенных затрат, возникающих в результате модернизации, $\Delta\Pi$, руб./год:

$$\Delta\Pi = KЗ \cdot E + ЭЗ, \quad (1)$$

где $KЗ$ — капитальные затраты, руб.; E — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, величина обратная нормативному сроку окупаемости, год⁻¹; $ЭЗ$ — эксплуатационные затраты, руб./год.

В частном случае, для модернизируемых многоколонных ректификационных установок при утилизации низкопотенциального тепла паров флегмы и дистиллята высокотемпературной колонны в интенсифицированном испарителе низкотемпературной

колонны, на основании (1) получена следующая зависимость для расчета $\Delta\Pi$:

$$\Delta\Pi = E_1 \left(k_T \sum_{i=1}^m C_F^i F^i + k_H C_N N + K_D \right) + (C_{эл} N - C_{ТЭ} G_{ТЭ} - C_X G_X) \tau, \quad (2)$$

где E_1 — коэффициент, объединяющий в себя нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, долю годовых амортизационных отчислений и затрат на ремонт и обслуживание вновь устанавливаемого оборудования, год⁻¹; k_T — обобщающий коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку, монтаж, обвязку, изоляцию и фундамент теплообменника; m — количество устанавливаемых теплообменных аппаратов; C_F — стоимость 1 м² поверхности теплопередачи, руб./м²; F — поверхность теплопередачи теплообменника, м²; k_H — обобщающий коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку, фундамент и монтаж насоса; C_N — стоимость единицы установочной мощности насоса и его привода, руб./кВт; N — мощность, необходимая для преодоления гидравлических сопротивлений по тракту теплообменника, кВт; K_D — капиталовложения в дополнительное оборудование (например, распределитель острога пара, сепаратор и др.), руб.; $C_{эл}$ — цена электроэнергии, руб./(кВт·ч); $C_{ТЭ}$ — стоимость тепловой энергии (греющего пара), руб./т; $G_{ТЭ}$ — экономия греющего пара, т/ч; C_X — стоимость хладагента (воды), руб./м³; G_X — экономия воды, м³/ч; τ — годовой ресурс работы установки, ч/год.

Независимыми переменными в этом уравнении являются поверхности вновь устанавливаемого теплообменного оборудования F и мощность, затрачиваемая на перемещение потоков теплоносителей через это оборудование N . Величины C_F , k_T , C_N , k_H , $G_{ТЭ}$, G_X — переменные, зависящие от F , N . При использовании кинетических уравнений теплообмена и гидравлики указанные переменные выражаются как функции конструктивных, режимных и технологических параметров в соответствии с принятыми математическими моделями объектов установки (теплообменников, трубопроводов и др.).

Для определения оптимального режима эксплуатации модернизированной установки с утилизацией тепла уравнение (2) записывается в развернутом виде. В результате его решения при задании различных условий процесса утилизации определяется минимум дополнительных приведенных затрат, и, соответственно, наиболее экономически эффективный технологический режим. Модернизация нецелесообразна, если все рассчитанные величины ΔP имеют положительное значение.

С использованием уравнения (2) выполнено компьютерное моделирование технологических параметров ведения процесса ректификации с утилизацией вторичного тепла при интенсификации теплообмена и без его интенсификации для установки разделения продуктов окисления циклогексана производства капролактама Гродненского ПО «Азот» [2]. Сравнение основных технико-экономических показателей вариантов модернизации установки с интенсификацией и без интенсификации теплообмена показывает, что в области низких температурных напоров между конденсирующимся паром дистиллята и кипящей кубовой жидкостью (6–10°C) вариант с интенсификацией за счет подвода острого пара обеспечивает снижение сроков окупаемости капитальных вложений в 1,5–2 раза.

Подходы, подобные изложенным, можно применять в технико-экономических исследованиях при оценке целесообразности использования острого пара для интенсификации теплообмена в установках многоступенчатого выпаривания. Отметим, что в таком случае установка усложняется несущественно, т. к. отсутствует необходимость в монтаже дополнительного оборудования для генерирования острого пара. В качестве острого пара можно использовать вторичный пар предыдущего корпуса. Кроме того, при проведении выпаривания за счет применения предлагаемого способа интенсификации теплообмена можно значительно повысить производительность действующих многокорпусных установок, не прибегая к значительным капиталовложениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саевич Н.П., Калишук Д.Г., Ершов А.И. Исследования интенсификации кипения воды в вертикальной трубе // ИФЖ.– 2004.– Т. 77, № 1.– С. 191–196.

2 А.с. 1386217 СССР, МКИ4 В 01 D 3/32. Установка для ректификации многокомпонентных смесей / А.И. Ершов, М.Ф. Шнайдерман, Д.Г. Калишук и др.— 40887/31-26; Заявлено 11.07.86; Опубл. 07.04.88, Бюл. № 13.

УДК 621.313.32.

Н.Б. Пирматов

(Ташкентский химико-технологический институт, г. Ташкент)

АСИНХРОННЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДВУХОСНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

В отделении цементных мельниц кроме самой мельницы установлены: главный электропривод, вспомогательный электропривод, предназначенный для привода мельницы во время ее ремонта; электропривод маслосмазки мельницы; электропривод маслосмазки редуктора привода мельницы.

В перечисленных электроприводах помимо главного привода мельницы применяют асинхронные короткозамкнутые электродвигатели, управляемые магнитными пускателями. Наиболее сложны электрооборудование и привода самой мельницы, мощность электродвигателя которой достигает 1000 кВт и более. В качестве электродвигателя главного привода мельницы используют обычно синхронный электродвигатель или асинхронный с фазным ротором. Чаще всего применяют синхронный электродвигатель трехфазного тока.

Работы мельницы цементного производства зависят основным от режима работы синхронного двигателя.

В данном докладе рассматривается асинхронный режим работы синхронного двигателя двухосного возбуждения, который заменяется в место обычного синхронного двигателя.

Асинхронные режимы синхронных двигателей возникают чаще всего в результате потери возбуждения, причиной которого могут быть либо повреждения и разрывы цепи возбуждения, либо повреждения цепей автоматического регулирования. В первом случае обмотка возбуждения замыкается на гасительное сопротивление или накоротко, во втором — остается подключенной к возбудителю. В обоих случаях синхронный двигатель (СД) переходит в асинхронный режим (АР), характеристики которого существенно зависят от состояния цепи возбуждения.