

УДК 662.63

МУХАМЕТШИНА Э.И., ШАМСУТДИНОВ Э.В.

Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра РАН

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ

У статті проведено дослідження енергоспоживання великотонажного виробництва окису етилена ВАТ “Казаньоргсинтез”. Визначено потенціал енергоощадження та розроблено схему утилізації високопотенційних вторинних енергетичних ресурсів з використанням котла – утилізатора.

В данной статье проведено исследование энергопотребления крупнотоннажного производства окиси этилена ОАО “Казаньоргсинтез”. Определен потенциал энергосбережения и разработана система утилизации высокопотенциальных вторичных энергетических ресурсов с использованием котла – утилизатора.

We investigate the power consumption of large-capacity manufacture of ethelene oxide at the Kazan Open Joint Stock Company “Organichesky sintez”. The energy saving potential is determined, and the system of utilization of high-temperature secondary power resources with the use of a boiler – utilizer is developed.

D_K – паропроизводительность котла;
 $H_{пр}$ – энтальпия продуктов сгорания;
 $H_{дг}^{yx}$ – энтальпия технологического уноса, содержащегося в продуктах сгорания;
 h_H – энтальпия насыщения;
 $h_{п.в}$ – энтальпия питательной воды;
 $h_{п.п}$ – энтальпия перегретого пара;
 Q_K – количество полезно использованной теплоты;
 $V_{дг}$ – расход продуктов сгорания на входе в котел – утилизатор;
 φ – коэффициент, учитывающий потери теплоты в окружающую среду;

АВ – атмосферный воздух;
 АГ – абсорбционный газ;
 ВХ – воздух холодный;
 ВЭР – вторичные энергетические ресурсы;
 ГТУ – газотурбинная установка;
 ДГ – дымовые газы;
 КПД – коэффициент полезного действия;
 КУ – котел – утилизатор;
 ОхДГ – охлажденные дымовые газы;
 П – пар;
 ПВ – питательная вода;
 ТГ – топливный газ.

В связи с тем, что эффективное использование энергетических ресурсов является одним из факторов экономического роста, вопросы энергосбережения и рационального энергоиспользования входят сегодня в число актуальных задач стратегии развития энергетики и промышленности России. В современных условиях функционирования промышленного производства необходимо существенно изменить подход к использованию энергетических ресурсов предприятий.

Нефтехимическая промышленность относится к числу крупных базовых отраслей. Одним из перспективных направлений энергосберегающей политики на предприятиях нефтехимической отрасли является разработка методов энерготехнологического комбинирования, позволяющих снизить потребление топливно- энергетических

ресурсов без существенного изменения всей технологической линии и обеспечить заданные показатели выпускаемой продукции.

Учитывая, что в нефтехимической промышленности предприятия основного органического синтеза занимают одно из ведущих мест по объемам производимой продукции, в качестве объекта исследования рассматривается производство окиси этилена завода “Органические продукты” ОАО “Казаньоргсинтез”. Окись этилена и его производные являются крупнейшими по масштабам производства продуктами нефтехимического синтеза.

Целью работы является повышение эффективности данного производства проведением исследования энергопотребления, определения потенциала энергосбережения и разработки рекомендаций по снижению потерь энергии.

Процесс производства окиси этилена условно можно разделить на следующие технологические стадии: I) компримирование технологического воздуха; II) компримирование этилена; III) окисление этилена каталитическим методом – кислородом воздуха на трегерном катализаторе; IV) абсорбция окиси этилена из контактных газов с дальнейшей десорбцией; V) охлаждение теплоносителя; VI) десорбция абсорбента; VII) упаривание кубовой жидкости; VIII) перегонка окиси этилена; IX) отделение от окиси этилена примесей; X) очистка смесей.

Рассматриваемое производство представляет собой сложное объединение, состоящее из множества различных взаимозависимых энергоемких элементов. Оценить работу такой сложноструктурированной системы и определить оптимальную последовательность теплового и термодинамического расчетов возможно на основе методов математического моделирования [1].

На основании теплового и термодинамического анализов всей системы и отдельных ее элементов выявлены технологические участки, характеризующиеся наличием не используемых вторичных энергоресурсов различного потенциала:

на I стадии компримирования технологического воздуха выявлены неиспользуемые высокопотенциальные ВЭР, такие как дымовые газы, энергетический потенциал которых составляет 5169,32 кВт; и абсорбционные газы – энергетический потенциал 7239,2 кВт;

II стадия компримирования этилена характеризуется наличием низкопотенциальных ВЭР – оборотной воды с энергетическим потенциалом 6184 кВт;

на III стадии окисления этилена – пар с энергетическим потенциалом 395,03 кВт;

VI стадия десорбции абсорбента – образование низкопотенциальных ВЭР таких как обратная вода, энергетический потенциал которой составляет 6078,64 кВт;

VII стадия упаривания кубовой жидкости – ВЭР инертный газ, энергетический потенциал которого составляет 103,94 кВт, и конденсат, потенциал которого составляет 2532,8 кВт.

Анализ полученных результатов показал, что для повышения эффективности работы рассматриваемой системы необходима разработка ме-

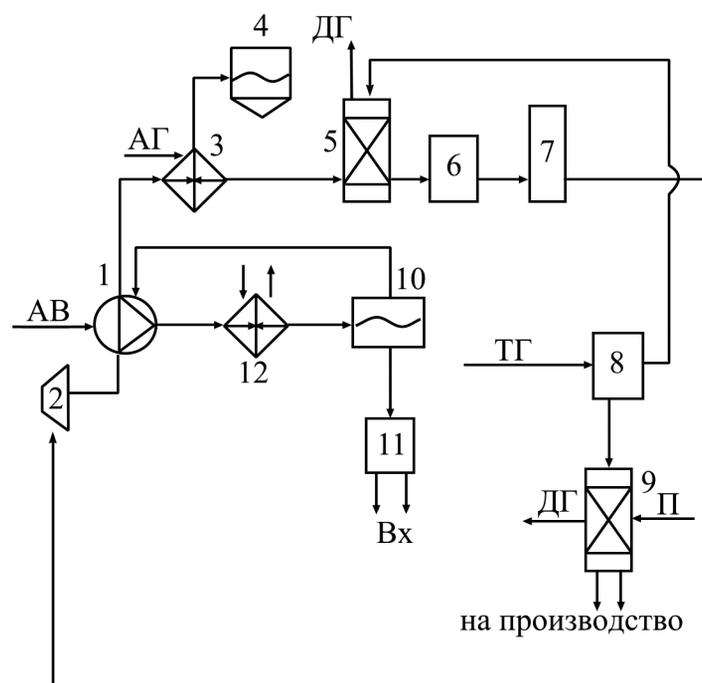


Рис. 1. Принципиальная схема участка компримирования производства окиси этилена:
 1 – компрессор; 2 – ГТУ; 3 – теплообменник;
 4 – скруббер; 5 – печь; 6 – фильтр; 7 – реактор дожигания; 8 – буферная емкость; 9 – печь;
 10 – сепаратор; 11 – буфер воздуха;
 12 – холодильник.

роприятий для утилизации имеющихся как высокопотенциальных, так и низкопотенциальных вторичных энергоресурсов. Данная работа посвящена вопросу утилизации высокопотенциальных ВЭР, а именно дымовых газов, образующихся на I стадии компримирования (рис. 1). Его энергетический КПД составил 80%, а эксергетический – 67%.

Стадия компримирования включает в себя высокотемпературные системы, основным звеном которых являются промышленные печи.

Технология процесса компримирования заключается в следующем: атмосферный воздух поступает в компрессор 1, где он сжимается на 11–ти ступенях до рабочего давления 2,6 МПа. Приводом компрессора является газовая турбина.

После компрессора воздух поступает в межтрубное пространство теплообменника 3, где охлаждается абсорбционными газами после абсорберов. Абсорбционные газы после теплообменника с

температурой 170 °С поступают в змеевик печи 5, где нагреваются до температуры 350 °С за счет теплоты сгорания топливного газа. Нагретые абсорбционные газы из печи направляются в реактор дожига 7, в котором на катализаторной насадке происходит каталитическое дожигание горючих компонентов, содержащихся в абсорбционных газах. В результате чего температура газа на выходе из реактора составляет 500 °С. Таким образом генерируется высокотемпературный газ высоко давления, применяемый в качестве рабочего газа для газовой турбины.

Насыщенный водяной пар под давлением поступает в змеевик печи 9, где нагревается до температуры 300...400 °С за счет теплоты сгорания топливного газа. Полученный перегретый пар поступает в паровую турбину, служащую приводом компрессора II стадии окисления этилена. Дымовые газы печей 5 и 9 через дымовую трубу с температурой 350 °С выбрасываются в атмосферу.

Для определения энергетической эффективности работы печей проведен тепловой и термодинамический расчет в соответствии с [2], который показал, что тепловой КПД промышленной печи 5 составляет 34%, эксергетический – 20% и соответственно тепловой КПД печи 9 – 27%, а эксергетический – 16%. Значения КПД промышленных печей отражают степень обратимости протекающих внутри печи превращений и степень использования продуктов сгорания. Уходящие дымовые газы промышленных печей имеют температурный потенциал 350...450 °С.

В промышленных трубчатых печах, имеющих камеры радиации и конвекции, значительная часть теплоты передается излучением, вследствие сравнительно высокой скорости движения дымовых газов, и конвекцией. В камере радиации (топочной камере) размещена радиантная поверхность (экран), поглощающая лучистую теплоту; там же происходит процесс сжигания топлива. В камере конвекции расположены конвекционные трубы, воспринимающие теплоту путем конвекции – при соприкосновении дымовых газов с поверхностью нагрева.

Существует несколько путей повышения энергетической эффективности рассмотренных аппаратов. Например, эффективность работы промышленных печей можно повысить за счет

увеличения полноты передачи теплоты. Она может быть повышена путем оребрения наружной поверхности труб, в этом случае увеличивается поверхность соприкосновения дымовых газов с трубами и обеспечивается передача большего количества теплоты. Также эффективность эксплуатации промышленных трубчатых печей зависит от организации процесса сжигания топлива. Это связано с тем, что сжигание топлив с большим избытком воздуха приводит к неоправданным потерям теплоты, расходуемой на нагрев избыточного воздуха и выбрасывание его в атмосферу.

Еще одним из способов утилизации теплоты уходящих дымовых газов является использование их теплоты в котлах – утилизаторах. Эффективное использование тепловых ВЭР в котле – утилизаторе позволит получать технологический пар требуемых параметров или горячей воды, что приведет к снижению объемов потребления топливно-энергетических ресурсов, поступающих на предприятия от внешних источников.

С целью определения размеров тепловоспринимающих поверхностей нагрева, располагаемых по потоку газов и обеспечивающих номинальную паропроизводительность с заданными параметрами пара, и определения основных показателей работы установки необходимо проведение теплового конструктивного и поверочного расчетов котла – утилизатора [3].

Количество полезно использованной теплоты определяется из выражения:

$$Q_k = V_{\text{дг}} (H_{\text{дг}} - H_{\text{дг}}^{\text{yx}}) \varphi. \quad (1)$$

Паропроизводительность котла

$$D_k = \frac{Q_k}{(h_{\text{п.п.}} - h_{\text{п.в.}}) + 0,01P(h_{\text{н}} - h_{\text{п.в.}})}. \quad (2)$$

В результате конструктивного расчета выявлено, что количество полезно использованной теплоты в котле – утилизаторе может составить 4585 кВт. При этом паропроизводительность котла составит 2,0 кг/с.

На основании расчета и характеристик ВЭР предложено использование газотрубного КУ марки Г – 250ПЭ. Продукты сгорания в этих КУ проходят внутри труб, размещенных в водяном

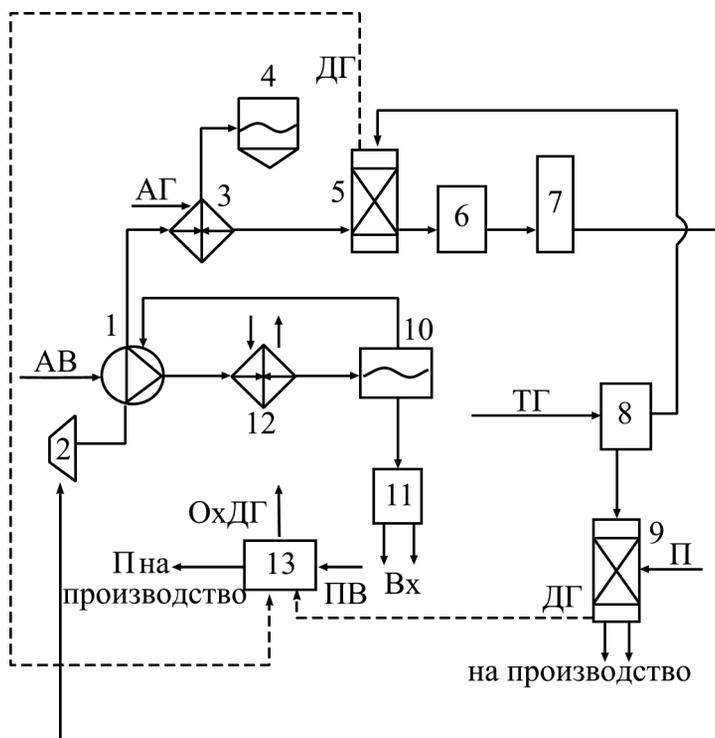


Рис. 2. Модернизированная схема участка компримирования производства окиси этилена с учетом работы котла – утилизатора:
Обозначения 1 – 12 см. на рис. 1;
13 – котел – утилизатор.

объеме барабана. Эти котлы не требуют специальной обмуровки, характеризуются высокой газоплотностью, простотой изготовления, обслуживания и пониженными требованиями к питательной воде. Данный вид котла характеризуется наличием в нем пароперегревателя, который располагается во входной камере котла. Площадь испарительной поверхности котла составляет 250 м².

Для определения энергетической эффективности работы выбранного котла – утилизатора рассчитан КПД котла, который составил 88%.

На рис. 2 представлена модернизированная схема участка компримирования с учетом котла – утилизатора.

Отходящие дымовые газы печей 5, 9 поступают во входную камеру КУ 13, омывают пароперегреватель, проходят через трубы и через выходную камеру с низкой температурой удаляются в атмосферу, при этом вырабатывая пар необходимых параметров, поступающий на основное производство окиси этилена.

Технико – экономический анализ эффективности предлагаемого мероприятия показал, что в результате работы котла – утилизатора будет вырабатываться технологический пар с общим энергетическим потенциалом 31217,76 Гкал/год. С учетом того, что в настоящий момент на технологические нужды производства окиси этилена потребляется пар с потенциалом 135799 Гкал/год, экономия может составить 23% от общего годового расхода производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попырин Л.С. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок. – М.: Энергия, 1978. – 416 с.
2. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. – М.: Энергия, 1968.
3. Воинов А.П., Зайцев В.А., Куперман Л.И., Сидельковский Л.Н. Котлы – утилизаторы и энерготехнологические агрегаты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.

Получено 23.09.2008 г.