

УДК 621.175:658.2

Гичёв Ю.А. – д.т.н., проф., Национальная металлургическая академия Украины (НМетАУ)

Чувакин А.В. – магистрант, НМетАУ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАТА ОТРАБОТАВШЕГО В ТЕХНОЛОГИИ ПАРА

Выполнена оценка энергетической эффективности утилизации теплоты конденсата отработавшего в технологии пара применительно к шинному производству с использованием утилизированной теплоты для коммунально-бытовых и технологических нужд. Представленные результаты расчета дают количественную характеристику энергетической эффективности и позволяют подобрать оборудование для компоновки утилизационных систем при их проектировании.

Ключевые слова: утилизация, теплота конденсата, избыточное давление, расширитель, система теплоснабжения.

Введение

На промышленных предприятиях, использующих для технологических нужд пар, потери теплоты с конденсатом от общего расхода теплоты на технологию составляют свыше 10 – 15 % [1]. В связи с этим использование теплоты конденсата представляет большой интерес для экономии энергоресурсов на предприятии. Утилизация теплоты конденсата может быть осуществлена в трёх направлениях: возврат конденсата к источнику теплоты (в котельные или ТЭЦ), охлаждение конденсата в утилизационных теплообменниках и выделение из конденсата, обладающего избыточным давлением, вторичного пара через расширители с последующим использованием полученного пара по назначению [2, 3].

Последнее направление, то есть использование теплоты конденсата путём получения пара вторичного вскипания, представляет особый интерес при загрязненности конденсата в технологии. Зачастую такой конденсат сбрасывается в канализацию. Очевидно, что использование такого конденсата имеет энергетическое, экономическое и экологическое значение.

Постановка задачи

Известные системы для утилизации теплоты конденсата отработавшего в технологии пара базируются в основном на трёх энергетических установках [1, 4, 5]:

а) расширители отработавшего конденсата для получения вторичного (утилизационного) пара, в том случае, если конденсат обладает избыточным давлением;

б) термокомпрессоры, предназначенные для повышения давления утилизационного пара после расширителя, в том случае, если его давление не удовлетворяет потребителей;

в) теплообменники, использующие теплоту утилизационного пара, теплоту оставшегося в расширителях конденсата и теплоту дренажа из теплообменников, использующих утилизационный пар.

Компоновка перечисленных технических средств в единую схему, с учётом особенностей системы теплоснабжения предприятия и возможности достижения максимальной степени использования теплоты конденсата, составляет суть данной работы.

Данная работа выполнена на примере шинного производства, которое является крупным потребителем тепловой энергии в виде пара, применяемого для вулканизации шин. Сведения о работах, связанных с утилизацией теплоты конденсата в шинном производстве, отсутствуют, что позволяет сформулировать следующие задачи данной работы:

а) разработка технических решений по использованию теплоты конденсата отработавшего в технологии пара с использованием расширителей для получения вторичного (утилизационного) пара;

б) расчетное исследование системы использования теплоты конденсата отработавшего в технологии пара применительно к шинному производству с целью определения параметров системы утилизации теплоты конденсата и её энергетической эффективности.

Разработки технических решений по утилизации теплоты конденсата

В представленных разработках использование теплоты конденсата направлено на усовершенствование системы коммунально-бытового и технологического теплоснабжения предприятия путём сокращения потребления покупного топлива, поступающего на предприятие со стороны, в данном случае, природного газа.

При вулканизации шин одновременно применяется пар двух параметров, поступающий от паровой котельной технологического теплоснабжения, и, соответственно, получается конденсат двух параметров с избыточным давлением 0,6 МПа и 1,3 МПа.

На рисунке 1 представлена тепловая схема утилизации теплоты конденсата для коммунально-бытового теплоснабжения (систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения).

Для коммунально-бытового теплоснабжения предприятие располагает водогрейной котельной. Утилизация теплоты конденсата для коммунально-бытовых нужд предполагает использование для подогрева сетевой воды теплоту конденсата путем частичной или полной замены водогрейных котлов.

Конденсат отводится из форматоров-вулканизаторов двумя потоками с давлениями 0,6 МПа и 1,3 МПа, при соответствующих температурах насыщения 162 °С и 191 °С. Утилизация теплоты конденсата осуществляется в три этапа.

На первом этапе потоки конденсата давлением 0,6 МПа и 1,3 МПа направляются в соответствующие расширители 2 и 3, в которых получается пар вторичного вскипания давлением 0,12 МПа с температурой 105 °С, теплота которого утилизируется в пароводяном подогревателе 4 на подогрев циркулирующей в системе воды, выполняющей функцию промежуточного теплоносителя. Циркулирующая вода накапливается в резервуаре 7, а затем поступает на подогреватель сетевой воды второй степени 12.

На втором этапе потоки конденсата, оставшегося в расширителях 2 и 3, и дренаж пара вторичного вскипания из теплообменника 4, собранные в баке запаса конденсата 5 направляются в аккумуляторный бак 8, из которого расходуется на подогреватель сетевой воды первой степени 11.

Третий этап утилизации теплоты конденсата включает подогрев добавочной химочищенной воды, компенсирующий потери сетевой воды, в подогревателе 13, где используется остаточная теплота конденсата после подогревателя 11.

В зависимости от температуры наружного воздуха и соответствующей тепловой нагрузки сетевая вода либо полностью нагревается при утилизации теплоты конденсата, либо частично с последующим догревом в котлах водогрейной котельной, что обеспечивает экономию топлива в котельной.

На рисунке 2 представлена схема утилизации теплоты конденсата для технологических нужд. Здесь также предусматривается три этапа утилизации теплоты конденсата.

Первый этап включает использование конденсата давлением 1,3 МПа для получения пара вторичного вскипания 0,6 МПа в расширителе 3 с выдачей этого пара в цеховой паропровод 0,6 МПа и последующим использованием пара в форматорах-вулканизаторах, что частично или полностью исключает использование пара 0,6 МПа от котельной.

Второй этап включает утилизацию конденсата 0,6 МПа, который направляется в расширитель 4, для получения пара вторичного вскипания 0,35 МПа с последующей выдачей этого пара в цеховой паропровод с давлением пара 0,35 МПа, который также предназначен на технологические нужды, в данном случае для термообработки сырья.

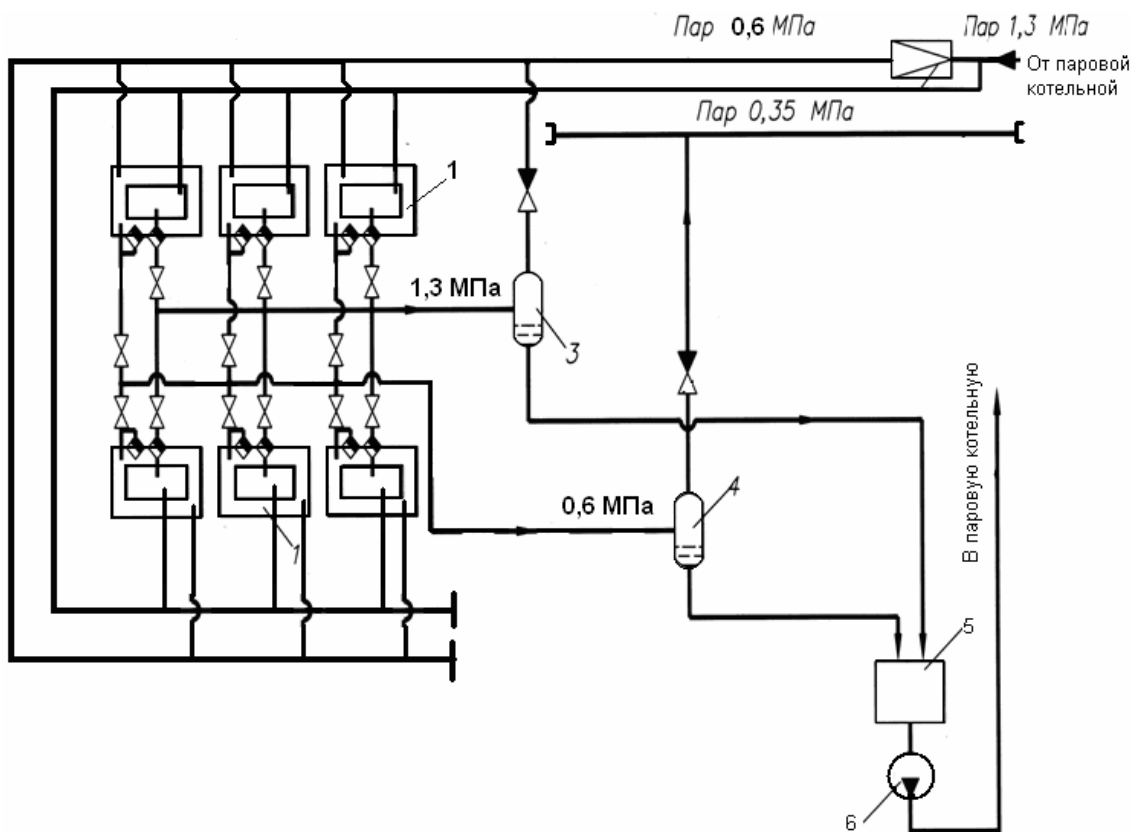


Рис. 2. Система утилизации теплоты конденсата для технологических нужд предприятия:

- 1 – форматор-вулканизатор; 2 – РОУ 1,3/0,6 МПа; 3 – расширитель конденсата 1,3 МПа; 4 – расширитель конденсата 0,6 МПа;
- 5 – усреднительный бак запаса конденсата; 6 – конденсатный насос

Третий этап заключается в усреднении потоков конденсата, оставшегося в расширителях 3 и 4, для дальнейшей утилизации теплоты конденсата, после соответствующей обработки, в качестве котловой питательной воды.

Таким образом, система утилизации теплоты конденсата для технологических нужд, позволяет частично удовлетворить производство в технологическом паре и, соответственно, сократить выработку пара в котельной технологического теплоснабжения.

Анализ энергетической эффективности утилизации теплоты конденсата

Анализ энергетической эффективности утилизации теплоты конденсата выполнен расчетным путем. Методика расчета иллюстрируется на примере варианта утилизации теплоты конденсата для коммунально-бытовых нужд (см. рис. 1).

Тепловая мощность утилизированного потока теплоты конденсата на первом этапе (через расширители 2 и 3) определяется в следующей последовательности:

а) определяется количество вторичного пара, получаемого в расширителях

$$D_p^{n-0,6(1,3)} = \frac{D^{0,6(1,3)} (i'_k - i'_p) \eta_p}{i''_p - i'_p}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{ч}}, \quad (1)$$

где $D^{0,6(1,3)}$ – количество конденсата соответствующего давления, поступающего от форматоров-вулканизаторов, кг/ч; i'_k – энтальпия кипящей воды при давлении конденсата P_k , поступающего в расширитель, кДж/кг; i'_p – энтальпия кипящей воды при давлении в расширителе $P_p = 0,12$ МПа, кДж/кг; η_p – тепловой к.п.д. расширителя, учитывающий потери в окружающую среду, доли ед.; i''_p – энтальпия сухого насыщенного пара при давлении в расширителе $P_p = 0,12$ МПа, кДж/кг;

б) определяется общее количество пара вторичного вскипания из расширителей 2 и 3

$$D_{p\Sigma}^n = D_p^{n-0,6} + D_p^{n-1,3}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{ч}}; \quad (2)$$

в) определяется тепловая мощность утилизированного потока теплоты конденсата на первом этапе утилизации

$$Q_{ym1} = D_{p\Sigma}^n \cdot r \cdot \eta_{mn}, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}, \quad (3)$$

где r – теплота парообразования вторичного пара, кДж/кг; η_{mn} – к.п.д. теплового потока, доли ед.

Тепловая мощность утилизированного потока на втором этапе определяется в следующей последовательности:

а) определяется количество конденсата, отводимого, соответственно из расширителей 2 и 3, после выделения пара вторичного вскипания

$$D_p^{k-0,6(1,3)} = D^{0,6(1,3)} - D_p^{n-0,6(1,3)}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{ч}}; \quad (4)$$

б) определяется общее количество конденсата, отводимого из расширителей 2 и 3

$$D_{p\Sigma}^k = D_p^{k-0,6} + D_p^{k-1,3}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{ч}}; \quad (5)$$

в) определяется тепловая мощность утилизированного потока на втором этапе утилизации теплоты конденсата

$$Q_{ум2} = D_{p\Sigma}^k \cdot i_p' \cdot \eta_{mn}, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}. \quad (6)$$

Тепловая мощность утилизированного потока теплоты конденсата на третьем этапе при подогреве сетевой подпиточной воды определяется произведением:

$$Q_{ум3} = D_{p\Sigma}^k \cdot \Delta i_k \cdot \eta_{mn}, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{ч}}, \quad (7)$$

где Δi_k – изменение энтальпии конденсата в подогревателе сетевой подпиточной воды, кДж/кг.

Результаты расчета энергетической эффективности утилизации теплоты конденсата для условий предприятия ОАО «Днепрошина», представленные на рисунках 3 и 4, указывают на достаточно высокую эффективность систем утилизации теплоты как для коммунально-бытовых, так и для технологических нужд. Суммарный утилизированный поток теплоты при утилизации теплоты конденсата для коммунально-бытовых нужд составляет более 46 ГДж/ч, а для технологических нужд – свыше 96 ГДж/ч, что соответствует теплопроизводительности средней по тепловой мощности промышленной котельной.

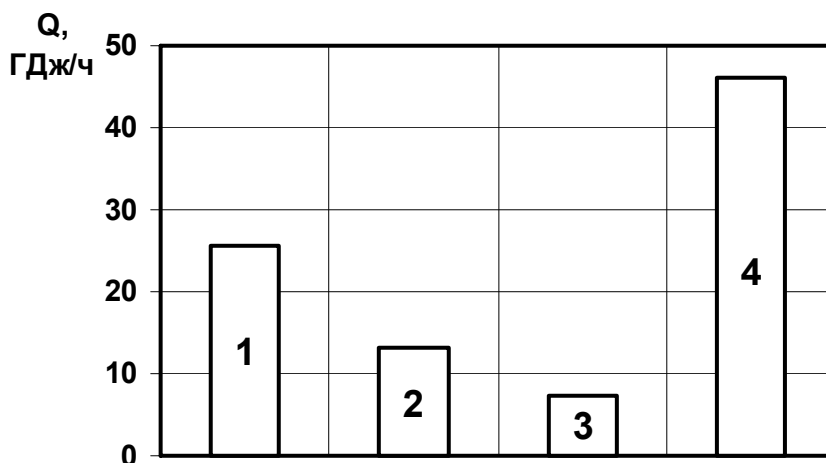


Рис. 3. Результаты расчета энергетической эффективности утилизации теплоты конденсата для коммунально-бытовых нужд:
 1 – первый этап утилизации (для подогревателя сетевой воды второй ступени);
 2 – второй этап утилизации (для подогревателя сетевой воды первой ступени);
 3 – третий этап утилизации (для подогревателя подпиточной сетевой воды);
 4 – суммарный утилизированный поток теплоты

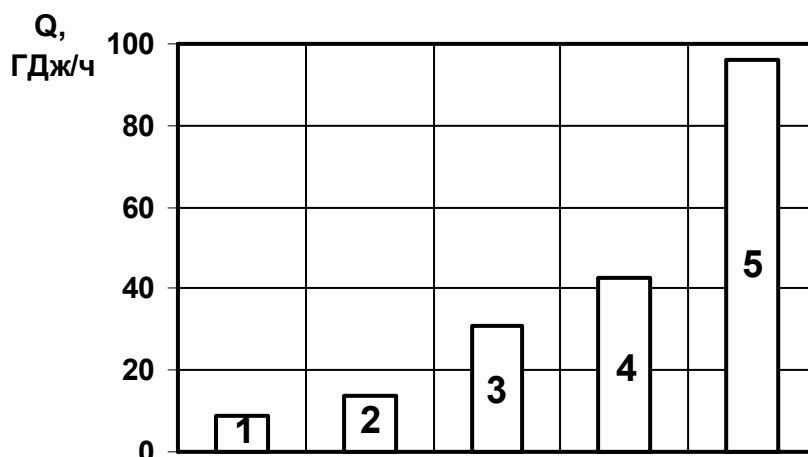


Рис. 4. Результаты расчета энергетической эффективности утилизации теплоты конденсата для технологических нужд:
1 – теплота пара от расширителя конденсата 0,6 МПа; 2 – теплота пара от расширителя конденсата 1,3 МПа; 3 – теплота воды от расширителя конденсата 0,6 МПа; 4 – теплота воды от расширителя конденсата 1,3 МПа; 5 – суммарный утилизируемый поток теплоты

Представленные результаты могут быть использованы для выбора соответствующего утилизационного оборудования при проектировании систем утилизации теплоты конденсата по предложенным схемам.

Окончательный выбор более предпочтительного варианта может быть сделан на основе технико-экономических расчетов с учетом капитальных затрат на утилизационное оборудование и реальных режимов эксплуатации систем теплоснабжения предприятия.

Выводы

1. При разработке систем утилизации теплоты конденсата отработавшего в технологии пара при наличии избыточного давления конденсата целесообразным является применение расширителей конденсата, позволяющих получать утилизационный пар различных параметров с последующим использованием пара по назначению взамен пара, вырабатываемого в котельных.

2. Предложены варианты систем утилизации теплоты конденсата для коммунально-бытовых и технологических нужд предприятия в условиях шинного производства.

3. Результаты расчета показали высокую энергетическую эффективность утилизации теплоты конденсата как для коммунально-бытовых, так и для технологических нужд, и могут быть использованы для выбора соответствующего утилизационного оборудования при проектировании систем утилизации теплоты конденсата.

Список литературы

1. Якадин А. И. Конденсатное хозяйство промышленных предприятий / Якадин А. И. – М. : Энергия, 1973. – 232 с.
2. Гичёв Ю. А. Утилизация теплоты конденсата отработавшего в технологии пара / Ю. А. Гичёв, Д. С. Адаменко, В. А. Перцовой, Е. В. Ткаченко // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Наука і освіта 2003». – Том 12. Технические науки. – Днепропетровск : Наука и образование, 2003. – С. 26.
3. Гичёв Ю. А. Использование теплоты конденсата отработавшего в технологии пара / Ю. А. Гичёв, В. А. Перцовой, Е. В. Ткаченко // Metallurgical heat engineering : сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины. – 2003. – Т. 9. – С. 189–194.
4. Гольстрем В. А. Справочник по экономии тепловых энергетических ресурсов / Гольстрем В. А., Кузнецов Ю. Л. – К. : Техніка, 1985. – 384 с.
5. Левин М. С. Использование отработавшего и вторичного пара и конденсата / Левин М. С. – М. : Энергия, 1971. – 144 с.

Рукопись поступила 24.06.2009 г.