

УДК 536.3

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ МЯСОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИОННОЙ ТЕПЛОТЫ ВЭР КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА

Докт. техн. наук, проф. НЕСЕНЧУК А. П.¹⁾, магистр техн. наук АБРАЗОВСКИЙ А. А.²⁾,
канд. техн. наук РЫЖОВА Т. В.³⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет,

²⁾ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»,

³⁾ОАО «МАЗ» – управляющая компания холдинга «БелавтоМАЗ»

Привод газоперекачивающего агрегата, установленного на компрессорной станции магистрального газопровода, является серьезным источником внешнего (утилизационного) теплоиспользования, способным удовлетворить потребности в энергии как промышленного, так и сельского товаропроизводителя [1]. В рамках государственной политики по созданию вертикально-интегрированных объектов в мясной отрасли имеющиеся на компрессорной станции ВЭР могут быть использованы, в том числе, и для энергообеспечения крупного агрокомбината, в котором объединены организации, производящие сельскохозяйственную продукцию, и перерабатывающие предприятия. Энергетический потенциал имеющихся на компрессорной станции тепловых ВЭР отождествляется с их энтальпией [2]

$$h = \sum V c'_p (T - T_0) , \quad (1)$$

где $\sum V$ – суммарный объем энергоносителя; c'_p – изобарная теплоемкость энергоносителя в интервале температур $T - T_0$; T, T_0 – соответственно температура энергоносителя и окружающей среды.

Возможная выработка теплоты, ГДж/год, в утилизационной установке

$$W_{\text{возм}}^T = G \varepsilon_{\text{уд}} (h_2 - h_1) \beta \eta_{\text{ут}} \kappa_1 \cdot 10^{-6} , \quad (2)$$

где G – расход дымовых газов, кг/с; $\varepsilon_{\text{уд}}$ – удельная выработка теплоты за счет ВЭР, кДж/кг; h_1, h_2 – энтальпии ВЭР на входе и выходе из утилизации

онной установки, кДж/кг; β – коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы основного и утилизационного оборудования, $\beta = 0,80-0,95$; $\eta_{\text{ут}}$ – КПД утилизационной установки, $\eta_{\text{ут}} = 0,75-0,90$; κ_1 – число часов использования ВЭР.

Возможная выработка холода, ГДж/год, определяется

$$W_{\text{возм}}^x = G \varepsilon_{\text{уд}} h_2 - h_1 \beta \varepsilon \kappa_1 \cdot 10^{-6}, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{уд}}$ – удельная выработка холода за счет ВЭР, кДж/кг; ε – холодильный коэффициент.

Для выбора теплоутилизационных схем необходимо определить структуру энергопотребления предприятия (вид и параметры требуемых энергоносителей). В качестве потребителя ВЭР предлагается рассмотреть предприятие мясоперерабатывающей промышленности, а именно мясокомбинат. Типовой мясокомбинат с трехсменным режимом работы, включающий базу предубойного содержания, мясожировой корпус, холодильник, колбасные и консервные цеха [3], имеет в наличии собственную котельную, снабжающую предприятие тепловой энергией в виде пара и горячей воды (рис. 1, 2). Природный газ используется в работе котлов и на производстве. Потребляемая электроэнергия направляется на привод технологического оборудования, холодильной техники, выработку сжатого воздуха, вентиляцию и освещение, тепловая энергия – для технологических нужд, отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Сгенерированный на котельной пар используется как в технологических операциях, так и на нагрев воды, которая в свою очередь направляется на технологические, отопительные и хозяйственно-бытовые нужды.

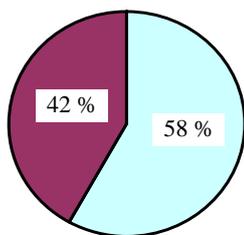


Рис. 1. Структура энергопотребления мясокомбината:

□ – электроэнергия; ■ – топливо

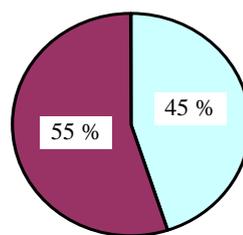


Рис. 2. Структура потребления тепловой энергии по видам теплоносителей:

□ – горячая вода; ■ – пар

К наиболее энергоемким технологическим процессам на мясокомбинате относится производство холода, который используется для хранения сырья, при производстве и хранении продукции. На выработку холода на предприятии расходуется 55–60 % всей потребляемой электроэнергии, удельный расход которой на эти цели составляет 125 кВт·ч/ГДж.

Удельные нормы расхода энергии по основным видам продукции и на технологические нужды представлены в табл. 1.

Таблица 1

Нормы расхода энергии по основным видам продукции и на технологические нужды

Вид продукции, технологические нужды	Единица измерения	Удельный расход
Тепловая энергия		
Мясо и субпродукты	МДж/т	2500
Полуфабрикаты	МДж/т	2700
Колбасные изделия	МДж/т	3400
Сухие корма	МДж/т	17500
Отопление, вентиляция	МДж/(тыс. м ³ ·сут) °С	50
Горячее водоснабжение	МДж/чел.	1200
Электрическая энергия		
Мясо и субпродукты	кВт·ч/т	305
Полуфабрикаты	кВт·ч/т	291
Колбасные изделия	кВт·ч/т	454
Сухие корма	кВт·ч/т	890

Используя ВЭР компрессорной станции, можно обеспечить предприятие тепловой энергией и холодом в полном объеме. Пар и горячая вода необходимых параметров могут быть получены в водогрейных и паровых котлах-утилизаторах (КУ). Кроме индивидуальных водогрейных и паровых КУ, возможно применение комбинированных КУ, вырабатывающих как пар, так и горячую воду (после экономайзерного участка размещен дополнительный газодыяной теплообменник (ГВТО)). Тепловая мощность КУ (ГВТО), кВт, в зависимости от типа тепловой нагрузки может быть определена

$$Q_T = G_{дг} h''_{дг} - h'_{дг} \quad \varphi = D_{п} h_{п} - h_{ок} = G_{в} h''_{в} - h'_{в} \quad , \quad (4)$$

где $G_{дг}$ – количество дымовых газов ГТУ, кг/с; $D_{п}$, $G_{в}$ – количество пара и воды, кг/с; $h''_{дг}$, $h'_{дг}$ – энтальпии дымовых газов на входе и выходе из КУ, кДж/кг; $h_{п}$, $h_{ок}$ – энтальпии пара и его обратного конденсата, кДж/кг; $h''_{в}$, $h'_{в}$ – энтальпии воды на выходе и входе в КУ; φ – коэффициент сохранения теплоты в КУ.

Коэффициент эффективности утилизации теплоты в КУ можно выразить [4]

$$\beta_{ут} = 1 - \frac{h'_{дг}}{h''_{дг}} \quad . \quad (5)$$

Зависимость данного показателя от температуры дымовых газов на входе и выходе из КУ приведена на рис. 3.

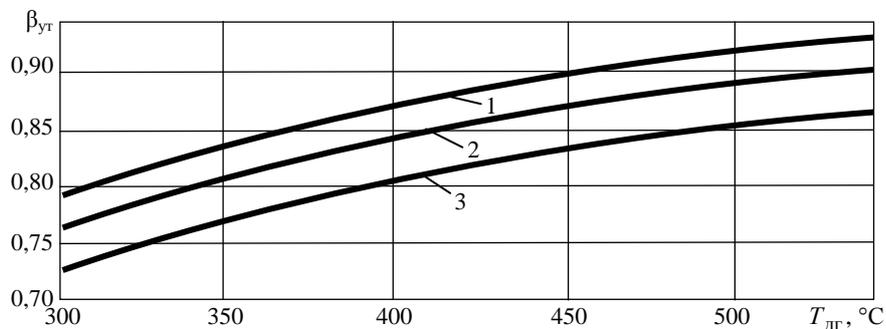


Рис. 3. Зависимость степени утилизации дымовых газов ГТУ от температуры:

1 – $T_{дг} = 60$ °С; 2 – 80 °С; 3 – 100 °С

Что же касается холода, то его производство можно осуществить с помощью теплоиспользующих холодильных машин (пароэжекторных и абсорбционных) [5]. Пароэжекторные холодильные машины потребляют теплоту греющих источников с высокой температурой и характеризуются низкой энергетической эффективностью. Что же касается использования абсорбционных холодильных машин (АХМ), то они нашли широкое применение для холодоснабжения предприятий различных отраслей промышленности. В зависимости от конкретных требований объекта с помощью абсорбционных машин можно вырабатывать холод, осуществлять тепло-снабжение, а также комбинированную выработку холода и теплоты.

Несмотря на все многообразие бинарных растворов, используемых в АХМ, преимущественное применение нашли только два: вода – аммиак, бромистый литий – вода [6]. Получить отрицательные температуры в испарителе, используя воду как хладагент, не представляется возможным, поэтому лишь водоаммиачная машина позволяет обеспечить холодом такой промышленный объект, как мясокомбинат.

В общем случае при рассмотрении схем холодоснабжения промышленного предприятия, которые базируются на различных холодильных машинах (компрессионных и абсорбционных), экономия ежегодных издержек на эксплуатацию может быть определена

$$\Delta S = S_T \left(\frac{b_{ТЭС}}{\varepsilon \eta_k} - \frac{b_T}{\xi \eta_T} \omega_T \right) + P_a + P_p \Delta K + S_{п}, \quad (6)$$

где S_T – затраты на топливо в рассматриваемом районе потребления, у. е./т у. т.; $b_{ТЭС}$ – удельный расход топлива на производство электроэнергии на тепловой электрической станции, т у. т./ГДж; ε – холодильный коэффициент компрессорной холодильной машины; η_k – коэффициент потерь компрессорной холодильной машины, учитывающий потери энергии в приводе компрессора (электромеханический КПД $\eta_{эм}$), в электрических ($\eta_{эс}$) и холодильных сетях ($\eta_{хс}$) и дополнительный расход электроэнергии на привод вспомогательных механизмов ($\eta_{доп}$): $\eta_k = \eta_{эм} \eta_{эс} \eta_{хс} \eta_{доп}$; η_T – коэффициент потерь в абсорбционной холодильной машине, учитывающий потери теплоты в тепловых сетях ($\eta_{тс}$) и холода в холодильных сетях ($\eta_{хс}$): $\eta_T = \eta_{тс} \eta_{хс}$; ω_T – коэффициент, учитывающий расход энергии на привод механизмов абсорбционной холодильной машины; b_T – удельный расход топлива на отпущенную теплоту от ТЭЦ либо котельной для обогрева генератора, т у. т./ГДж; ξ – тепловой коэффициент холодильной машины; P_a, P_p – доля амортизационных отчислений и расходов на текущий ремонт; $S_{п}$ – постоянная часть ежегодных издержек.

Используя для обогрева генератора ВЭР компрессорной станции, снижение ежегодных издержек можно вычислить

$$\Delta S = S_T b_{ТЭС} \left(\frac{1}{\varepsilon \eta_{зам}} - \frac{\omega_{ВЭР}}{\eta_{ВЭР}} \right) + P_a + P_p \Delta K + S_{п}, \quad (7)$$

где $\eta_{\text{зам}}$ – коэффициент потерь энергии замещаемой холодильной машины; $\eta_{\text{ВЭР}}$ – коэффициент, учитывающий потери энергии в холодильной машине, использующей тепловые ВЭР; $\omega_{\text{ВЭР}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительный расход энергии на собственные нужды.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена структура энергопотребления предприятия мясоперерабатывающей отрасли с приведением удельных норм расхода энергии по основным видам продукции.

2. Предложены схемы обеспечения предприятия теплотой и холодом за счет утилизации ВЭР компрессорной станции магистрального газопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. В л и я н и е теплоутилизационного «хвоста» компрессорной станции на эффективность работы газотурбинного привода с изобарным подводом теплоты и регенеративным теплоиспользованием / А. П. Несенчук [и др.] // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2013. – № 4. – С. 37–46.
2. С и с т е м ы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий: учеб. / Б. М. Хрусталева [и др.]. – Минск: Технопринт, 2005. – Ч. 1. – 544 с.
3. П р о е к т и р о в а н и е предприятий мясной отрасли с основами САПР / Л. В. Антипова [и др.]. – М.: КолосС, 2003. – 320 с.
4. Г а з о т у р б и н н ы е и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов / Под ред. С. В. Цанаева. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 584 с.
5. С и с т е м ы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий: учеб. / Б. М. Хрусталева [и др.]. – Минск: Технопринт, 2005. – Ч. 2. – 410 с.
6. Д я ч е к, П. И. Холодильные машины и установки: учеб. пособие / П. И. Дячек. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007. – 424 с.

Представлена кафедрой ПТЭ и Т

Поступила 30.05.2013

УДК 696.2 (075.8)

РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Докт. техн. наук, проф. ОСИПОВ С. Н.

РУП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.»

Многие жилые районы г. Минска и других городов Беларуси нуждаются в реконструкции, а жилые здания – в капитальном ремонте. Это относится и к распределительным газопроводным сетям, особенно низкого давления, многие из которых исправно работают около 50 лет.