

PAVLENKO S.N. Energy saving by increasing of initial parameters of steam

The way of economy of energy increase in parameters of steam – is described in this article. This problem, is very actual for conditions on our thermal power plants.

УДК 631. 354. 2.

Афанасенко Е.В., Левандовский С.Р., Нестеров М.В.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Введение. Молочно-товарные фермы (МТФ) сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь в основном оснащены современным холодильным оборудованием, в полной мере обеспечивающим соблюдение режимов первичной переработки молока.

В данном холодильном оборудовании используется термодинамический цикл охлаждения молока, который предусматривает:

- испарение фреона для получения хладагента;
- последующее обязательное охлаждение и конденсацию паров фреона.

В подавляющем большинстве в серийных охладителях молока процесс охлаждения и конденсации фреона осуществляется в конденсаторах воздушного охлаждения.

При этом выделяющееся при охлаждении и конденсации фреона тепло бесполезно выбрасывается в окружающую среду, что приводит к нерациональному использованию вторичных топливно-энергетических ресурсов (ВТЭР) и противоречит основным положениям Директивы №3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» от 14.06.2007 г., подписанной президентом Республики Беларусь А.Г. Лукашенко.

Кроме того, при работе воздушных конденсаторов в помещениях, где смонтировано холодильное оборудование, резко повышается температура окружающего воздуха. Этот фактор отрицательно сказывается как на технологическом процессе охлаждения молока, так и ведет к резкому снижению коэффициента полезного действия холодильной установки, и как следствие – к сверхнормативным затратам электроэнергии.

Совместные исследования эксплуатационных характеристик фреонового компрессора ESH743Y, установленного в инфраструктуре молокоохладителя МОР-6000М, были проведены УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» с ОДО «ЭСАТ» на МТФ поселка Волчья Гора СПК им. Дзержинского Бобруйского района.

Как показали исследования, вследствие резкого повышения температуры окружающего воздуха в молочном блоке МТФ и сопутствующего нарушения условий конденсации фреона, температура конденсации последнего повышается от оптимального значения 40°C до критического, практически аварийного, значения равного 55°C.

На рис.1 приведен график зависимости холодопроизводительности и расхода электроэнергии на привод компрессора от температуры конденсации паров фреона.

Из демонстрационного графика следует, что при таких негативных условиях потребление электроэнергии приводом компрессора возрастает на 27% ($15,4 - 11,23 = 4,17$ кВт – линия 2) при одновременном падении на 24% его холодопроизводительности ($33,7 - 25,6 = 8,1$ кВт – линия 1).

В свою очередь, падение холодопроизводительности компрессора неизбежно приводит к увеличению длительности цикла охлаждения молока. При минимальной загрузке молокоохладителя МОР-6000М 3500 л длительность цикла охлаждения молока увеличивает-

ся с 3,0 часов до 3,9 часа, что подтверждается эксплуатационными испытаниями.

Таким образом, при повышенном энергопотреблении компрессора и вынужденном увеличении длительности его работы, нерациональное использование электроэнергии за цикл работы молокоохладителя составляют $4,17 \cdot 3,9 + 15,4 \cdot 0,9 = 30,2$ кВт·ч / цикл.

Авторы считают, что выходом из сложившейся ситуации может стать применение в комплексе с холодильным оборудованием водогрейного рекуператора. Тепло, выделяющееся при охлаждении и конденсации фреона, используется для нужд отопления (догрев сетевой воды с помощью котла на местных видах топлива) и горячего водоснабжения МТФ для санитарной обработки (мойки) доильного оборудования, кормопроизводства, бытовых нужд персонала и т.п.

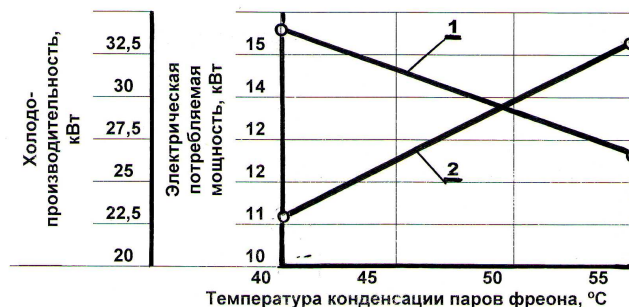


Рис. 1. Зависимость холодопроизводительности и расхода электроэнергии на привод компрессора от температуры конденсации паров фреона: линия 1 – зависимость холодопроизводительности компрессора от температуры конденсации паров фреона; линия 2 – зависимость расхода электроэнергии на привод компрессора от температуры конденсации паров фреона

Следует отметить, что существующие молокоохладители нового поколения, оснащенные водогрейными рекуператорами тепла, имеют невысокие показатели энергоэффективности, так как их конструкция не позволяет оптимизировать нагрев воды работающими холодильными установками. Это объясняется тем, что в существующих водогрейных рекуператорах тепла используется неэффективная многократная хаотичная рециркуляция нагреваемой воды в системе «водяной конденсатор – циркуляционный насос – накопительная емкость».

Это приводит к поэтапному повышению температуры воды при многократной ее рециркуляции в течение цикла охлаждения молока и к пропорциональному снижению потенциала тепловосприятия воды от конденсируемого фреона. Следует отметить, что постепенное повышение температуры воды в ходе цикла охлаждения молока достаточно быстро приводит к нарушению процесса конденсации фреона, вызывает рост его рабочего давления при конденсации, и в конечном итоге увеличивает реальное энергопотребление компрессора холодильной машины.

В отличие от существующих водогрейных рекуператоров тепла,

Афанасенко Евгений Викторович, к.т.н., доцент кафедры гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Нестеров Михаил Васильевич, к.т.н., зав. кафедрой гидротехнических сооружений и водоснабжения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Беларусь, БГСХА, 213410, Могилевская обл., г. Горки, ул. Мичурина, 5.

Левандовский Станислав Ричардович, к.т.н., технический директор ОДО «ЭСАТ».

авторами разработан, изготовлен и апробирован тепло-энергосберегающий комплекс «Х-ТЭК» (рис. 2), который представляет собой замкнутый контур рециркуляции нагреваемой воды и включает в себя:

- специальную емкость для резервирования нагретой воды (1);
- ультразвуковой теплосчетчик полученных ВТЭР (2);
- микропроцессорный блок для поддержания оптимальных параметров конденсации фреона с электрорегулирующим клапаном (3);
- высокоэффективный пластинчатый конденсатор-утилизатор тепла (4);
- энергосберегающий циркуляционный насос мощностью 70 Вт (5);
- трубопроводную обвязку для воды и фреона.

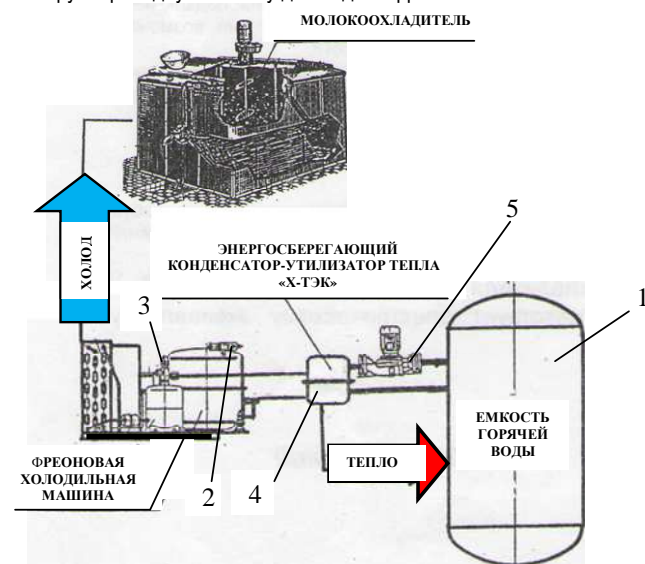


Рис. 2. Схема молокоохладителя «МОР-6000М» в комплекте с рециркулятором «Х-ТЭК»

Принцип работы «Х-ТЭК» заключается в следующем. В пластинчатом конденсаторе-утилизаторе тепла с помощью микропроцессорного блока оптимизации параметров конденсации фреона осуществляется однократный (в один проход) нагрев воды от исходной (+6...15 °С) до требуемой (45 ± 2 °С) температуры. Окончательно нагретая вода направляется в верхнюю часть специальной емкости для резервирования.

В специальной емкости для резервирования создается устойчивый гидродинамический режим. После первичного заполнения емкости холодной водой и в течение всего цикла охлаждения молока температура выходящей из нее в нижней части воды рециркуляции соответствует стабильному значению, равному температуре в сети холодного водоснабжения МТФ (+6...15°С). При этом обеспечиваются оптимальный режим работы холодильной машины по температуре конденсации фреона, минимальный расход электроэнергии и максимально возможная холодопроизводительность.

Указанный гидродинамический режим создается тем, что в специальной емкости для резервирования с помощью определенных технических приемов достигается «температурная стратификация» нагреваемой воды. Это позволяет обеспечить «послойное» накопление нагретой пластинчатым конденсатором-утилизатором воды в направлении от верхней до нижней части емкости в течение всего цикла работы молокоохладителя. При таком построении процесса однократно нагретая до требуемой температуры (45±2°С) вода скапливается в верхней части накопительной емкости и с течением времени «вытесняет» с помощью циркуляционного насоса исходную холодную воду для нагрева в пластинчатом конденсаторе-утилизаторе тепла.

При полном заполнении накопительной емкости горячей водой предусмотрено автоматическое включение штатного конденсатора воздушного охлаждения до начала разбора горячей воды из емкости и частичного замещения ее холодной водой.

В соответствии с современными требованиями по энергосбережению, комплекс «Х-ТЭК» оснащен высокоточным ультразвуковым теплосчетчиком ВТЭР, который одновременно обеспечивает определение:

- текущей производительности комплекса по нагреваемой воде;
- текущей тепловой мощности утилизации тепла;
- текущих температурных параметров нагреваемой воды.

Комплекс «Х-ТЭК» отличается высокой надежностью по уровню автоматизации, не требует вмешательства обслуживающего персонала по подготовке теплой воды для производственных нужд.

Расчет экономической эффективности от внедрения комплекса «Х-ТЭК» выполнен по методике «Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий», разработанной и утвержденной Комитетом по энергоэффективности 12.01. 2003г.

За базовый вариант в расчетах приняты характеристики существующего молокоохладителя «МОР-6000М», производимого СОО «Молтехносервис» в г. Витебске с паспортной вместимостью 6000 литров молока за цикл охлаждения.

Расчетная часть. Реальная полезная массовая вместимость молокоохладителя при условии соблюдения действующих технологических инструкций по времени охлаждения молока может быть рассчитана по формуле:

$$M_{загр} = T \times q_{опт} / C_{мол} \times (t_{нач}^M - t_{кон}^M), \text{ м}^3, \quad (1)$$

где $M_{загр}$ – полезная массовая вместимость молокоохладителя, м³; T – максимальное время охлаждения молока по температурному графику +30°С => +4°С согласно технологической инструкции, сек; $q_{опт}$ – холодопроизводительность компрессора при температуре конденсации фреона $t_{кф} = 40^\circ\text{C}$, кВт; $C_{мол}$ – теплоемкость молока при температуре 30°С, кВт/кг·°С·сек; $t_{нач}^M$ – температура молока до охлаждения; $t_{кон}^M$ – температура молока после охлаждения; 1028 м³/кг – переводной коэффициент.

$$M_{заг} = 10800 \times 33,7 / 3,936 \times (30 - 4) / 1028 = 3,46 \text{ м}^3.$$

При оптимальной работе холодильной машины с параметрами $t_{кул} = -4^\circ\text{C}$; $t_{кон0} = +40^\circ\text{C}$, продолжительность работы молокоохладителя $T_{опт}$ составит:

$$T_{опт} = M_{заг} \times C_{мол} \times (t_{нач}^M - t_{кон}^M) / q_{опт}, \text{ час}, \quad (2)$$

$$T_{опт} = 3557 \times 3,936 \times (30 - 4) / 33,7 = 10801 \text{ сек} = 10801/3600 = 3,0 \text{ часа}.$$

В реальных условиях, без применения комплекса «Х-ТЭК» (базовый вариант), на основании проведенных исследований можно утверждать, что компрессор молокоохладителя работает в неоптимальном режиме по температуре конденсации фреона. Его параметры по холодопроизводительности и потреблению электроэнергии при температуре конденсации фреона не менее 55°С составляют не более 25,6 кВт и не менее 15,4 кВт соответственно. Это объясняется тем, что в подавляющем большинстве серийных охладителей молока процесс охлаждения и конденсации фреона осуществляется в конденсаторах воздушного охлаждения, что приводит к резкому повышению температуры в помещении МТФ, и как следствие, к ухудшению работы холодильной установки. Это подтверждается таблицей № 1.

Таблица 1. Зависимость параметров работы компрессора холодильной установки от температуры конденсации фреона

Компрессор марки ESH743Y; $t_{кул} = -4^\circ\text{C}$	Температура конденсации фреона			
	40 °С	45 °С	50 °С	55 °С
Холодопроизводительность	33,7 кВт	31 кВт	28,3 кВт	25,6 кВт
Потребление электроэнергии	11, 23 кВт	12,58 кВт	14,05 кВт	15,4 кВт

Определим продолжительность работы $T_{баз}$ молокоохладителя без установки комплекса «Х-ТЭК» по формуле:

$$T_{баз} = M_{заг} \times C_{мол} \times (t_{нач}^M - t_{кон}^M) / q_{опт}, \text{ час}, \quad (3)$$

$$T_{опт} = 3557 \times 3,936 \times (30 - 4) / 25,6 = 14219 \text{ сек} = 14219/3600 = 3,9 \text{ часа}.$$

Расчет экономической эффективности базового и пилотного вариантов проводится в равных условиях эксплуатации, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Равные условия эксплуатации базового и пилотного вариантов охлаждения молока

Количество циклов охлаждения молока в сутки	1
Количество суток работы молокоохладителя в год	365
Стоимость покупной электроэнергии для нужд МТФ (по состоянию на I кв. 2010 г.)	375 руб/кВт·ч

Расчет экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) при использовании комплекса «Х-ТЭК» для холодильного оборудования МТФ в сравнении с базовым вариантом приведен в таблице 3.

Заключение

1. Внедрение комплекса «Х-ТЭК» при модернизации молокоохладителей МТФ приводит к существенному снижению удельного расхода электроэнергии на технологические нужды (с 22,1 МВт·ч до 12,3 МВт·ч в год), включающие охлаждение молока и нагрев

воды для мойки оборудования, а также способствует улучшению социально-бытовых условий работников ферм.

2. Согласно данным таблицы 1, годовой экономический эффект от внедрения комплекса «Х-ТЭК», только лишь на одной ферме, в эквиваленте топливозамещения составляет 13,1 тунн электро-энергии, что в действующих ценах на энергоресурсы в 2010 году равно 17,56 млн. руб./год.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Директива №3 от 14 июня 2007 г. Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства. – Мн., 2007. – 6 с.
2. Методические рекомендации по составлению ТЭО для энергосберегающих мероприятий/Комитет по энергоэффективности – Мн., 2003. – 55 с.
3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов [и др.]. – М.: Химия, 1987.
4. Кафаров, В.В. Анализ и синтез химико-технологических систем / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин – М.: Химия, 1991. – 432 с.
5. Зеликовский, И.Х. Малые холодильные машины и установки / И.Х. Зеликовский, А.Г. Каплан – М.: Агропромиздат, 1989.
6. Пластинчатые теплообменники «Альфа-Лаваль» для холода / С.Л. Аес, S.T.Enhede – Alfa-Laval, 2008.

Таблица 3. Расчет экономии ТЭР при использовании комплекса «Х-ТЭК» в инфраструктуре молокоохладителя МОР-6000М

Параметр	Вариант	
	Базовый	Пилотный
1. Годовой расход электроэнергии на привод компрессора	3,94·365·15,4 = 22,146 МВт·ч	3,01·365·11,23 = 12,338 МВт·ч
2. Годовая экономия электроэнергии на привод компрессора	22,146 – 12,338 = 9,8 МВт·ч	
3. Эффект энергосбережения за счет использования тепла от охлаждения и конденсации паров фреона для приготовления горячей воды для нужд МТФ	33,7·365·3,01 = 37,02 МВт = 32 Гкал	
4. Максимальный объем нагретой воды за цикл охлаждения молока	2,48 м ³ /цикл	
5. Суммарная экономия электроэнергии по п.п.2 и 3	9,8 + 37,03 = 46,83 МВт·ч	
6. Годовой экономический эффект энергосбережения в денежном выражении	46,83·1000·375 = 17,56 млн. руб/год	
7. Эквивалент топливозамещения	46,83·0,28 = 13,1 тунн/год	

Материал поступил в редакцию 10.01.10

APHANASENKO E.V., LEVDANSKIJ S.R., NESTEROV M.V. The energy is protected by technologies for a refrigerating machinery of the agricultural enterprises

The article deals with the problem of using energy saving technologies in the primary processing of milk on dairy-trading farms of agricultural enterprises of the Republic of Belarus.

УДК 543.3:543.422

Головач А.П.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД

Введение. Экологическое состояние водных объектов, санитарно-гигиенические качества воды, ее технологические свойства в значительной мере определяет суммарное содержание в природных водах органических веществ (ОВ). Этот показатель используется для решения различных задач, о его важности говорят попытки модификации химических методов оценки данного показателя (по окисляемости, химическому или биохимическому потреблению кислорода).

Для природных поверхностных вод Республики Беларусь наряду с исключительным разнообразием состава растворенных органических веществ (РОВ) характерен широкий диапазон вариаций в содержании отдельных компонентов, а также доминирование природных высоко-

молекулярных гидрофильных веществ гумусовой природы, которые представляют собой биохимические устойчивые полифункциональные соединения, обладающие свойствами слабых кислот. Гумусовые вещества (ГВ) разделяют на гуминовые кислоты (ГК) и фульвокислоты (ФК), которые различаются по растворимости в кислых водных средах (при pH<1 ФК растворимы, а ГК полностью выпадают в осадок). В поверхностных водах гумусовые вещества составляют 60–90 % от общего количества РОВ и, находясь в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии, формируют, в основном, естественный фон примесей. В силу специфики строения, обусловленной наличием гидрофобного ароматического каркаса и богатой функциональными групп-

Головач Анна Петровна, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.