

УДК 621.577

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Османов К.О., Хатянович П.П.

Научный руководитель – старший преподаватель Космачёва Э.М.

Экономия топливно-энергетических ресурсов на предприятиях любого профиля достигается повышением энергетического КПД оборудования путем улучшения организации технологических процессов и режимов работы машин и аппаратов (сокращения непроизводительных затрат), а также вовлечением в производство вторичных энергоресурсов. Оба пути обладают высоким энергетическим и экономическим эффектом.

На предприятиях пищевой промышленности для реализации технологических процессов часто требуется использование холодильных машин. Так, например, на молочных комбинатах, мясоперерабатывающих заводах, на пивоваренных заводах работают крупные централизованные холодильные установки. В то же время в течение всего года на данных предприятиях существует большая потребность в горячей воде, применяемой как в технологических целях, так и для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения производственных и жилых помещений. Таким образом, имеются все условия для выгодного применения тепловых насосов.

В работе изучен вопрос возможного применения теплового насоса в технологии пастеризации молока на предприятии молочной промышленности. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

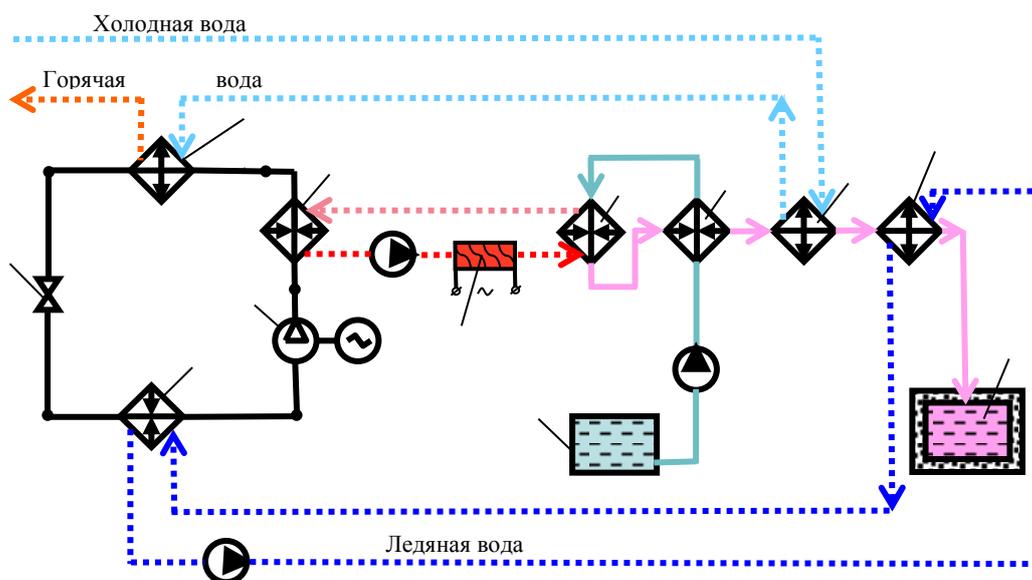


Рисунок 1 – Принципиальная схема установки пастеризации молока с использованием теплового насоса

I - компрессор с электроприводом; II – охладитель рабочего тела теплового насоса; III - конденсатор; IV - дроссельный вентиль; V - испаритель; VI – емкость необработанного молока; VII – емкость для пастеризованного молока; VIII – электронагреватель; IX – теплообменник пастеризации; X – регенеративный подогреватель необработанного молока пастеризованным; XI - охладитель пастеризованного молока холодной водопроводной водой; XII - охладитель

Холодное необработанное молоко подается насосом в теплообменник X, выполняющего функции регенератора, где оно нагревается горячей пастеризованным

молоком, выходящим из пастеризатора IX, и направляется в пастеризатор. В нем молоко нагревается до температуры  $\sim 75^{\circ}\text{C}$  горячей водой, подогретой в охладителе рабочего тела II теплового насоса, а затем до температуры  $\sim 85^{\circ}\text{C}$  в электронагревателе.

Вышедшее из пастеризатора молоко проходит через регенератор, где частично охлаждается и направляется в охладители XI и XII. В охладителе XI в качестве охлаждающей среды используется холодная водопроводная вода, а в охладителе XII – ледяная вода, поступающая из испарителя теплового насоса. В результате пастеризованное молоко охлаждается до температуры  $\sim 6^{\circ}\text{C}$  и сливается в теплоизолированную емкость VII.

Работа теплового насоса позволяет:

- получить ледяную воду в испарителе V за счет кипения в нем рабочего тела (фреона);
- использовать теплоту перегрева фреона, сжатого в компрессоре I, для частичного подогрева воды, применяемой в качестве греющего теплоносителя в пастеризаторе;
- использовать теплоту конденсации фреона для подогрева в конденсаторе III водопроводной воды до температуры  $45\dots 50^{\circ}\text{C}$  и последующего использования ее в технологических целях.

Расчет цикла холодильно - теплонасосной установки, рабочим телом которой был принят фреон R21, позволил найти удельные (на 1 кг хладагента) тепловые нагрузки теплообменников (конденсатора III, испарителя V и охладителя хладагента II) и работу, затраченную на привод компрессора I.

$$q_V = q_o = i_1 - i_4 = 443 - 253 = 190 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (1)$$

$$q_{II} = i_2 - i_{2''} = 497 - 470 = 27 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (2)$$

$$q_{III} = q_k = i_{2''} - i_3 = 470 - 253 = 217 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (3)$$

$$l_k = i_2 - i_1 = 488 - 443 = 54 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \quad (4)$$

Расчет схемы (рисунок 1) осуществлен при условии производительности установки по пастеризованному молоку 6 т/ч (примерная производительность молочного завода г. Молодечно, РБ). Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные расчетные характеристики схемы пастеризации молока

Наименование	Обозначение	Размерность	Значение
Расход молока	$G_M$	кг/с	1,67
Расход ледяной воды	$G_B^{\text{лед}}$	кг/с	9,10
Расход водопроводной воды, подогретой до $50^{\circ}\text{C}$	$G_{г.в}$	кг/с	2,61
Расход воды, греющей пастеризатор IX	$G_{гр.в}$	кг/с	1,75
Расход фреона R-21	$G_{фр}$	кг/с	0,80
Электрическая мощность привода компрессора	$N_k^{\text{э}}$	кВт	43,6
Электрическая мощность нагревателя воды, используемой для пастеризации	$N_n^{\text{э}}$	кВт	270,6

Для оценки эффективности предлагаемого мероприятия определена экономия условного топлива  $\Delta B$  на замещающей котельной.

$$\begin{aligned}\Delta B &= \frac{Q_{\text{полезн}}}{Q_{\text{усл}} \cdot \eta_{\text{зам. кот}}} = \frac{G_{\text{г.в}} \cdot c_{p, \text{в}} \cdot (47 - 10)}{Q_{\text{усл}} \cdot \eta_{\text{зам. кот}}} = \\ &= \frac{2,61 \cdot 4,19 \cdot (47 - 10)}{29330 \cdot 0,88} = 0,016 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{с}} = 56,5 \frac{\text{кг у.т.}}{\text{ч}}\end{aligned}\quad (5)$$

Если учесть, что холодильная установка в любом случае имеет место в рассмотренной технологии, т.е. дополнительные капиталовложения минимальны, можно сделать вывод, что перевод холодильной установки в режим работы комбинированной холодильно - теплонасосной установки вполне целесообразен.

#### Литература

1. Трубаев П.А. Тепловые насосы: Учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 142 с.
2. <http://atmosystems.com.ua>
3. <http://www.teplodarom.com>