

УДК 637.131

## ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

Цубанов И. А. УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Целью Республиканской программы развития молочной отрасли в 2010-2015 годах является повышение экономической эффективности путем производства конкурентоспособной продукции на базе внедрения интенсивных энерго- и ресурсосберегающих технологий производства. В связи с этим особое значение приобретает внедрение прогрессивных систем охлаждения молока (СОМ) как средства, с одной стороны, повышения сохранности и качества молока, а с другой – снижения энергозатрат.

Анализируя СОМ необходимо обратить внимание на то обстоятельство, что свежесвыдоенное молоко имеет температуру 35°C и может служить вторичным энергоресурсом.

Эффективной СОМ представляется система, состоящая из пластинчатого молокоохладителя и теплового насоса (рис. 1). Водопроводная вода, нагретая при охлаждении молока, может быть использована в системе горячего водоснабжения (например, непосредственно для поения телят и коров).

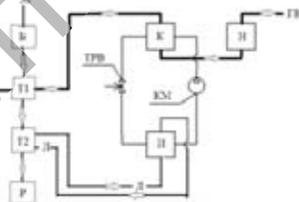


Рис. 1 – Принципиальная схема СОМ с тепловым насосом:

Б – бак-молокосборник; Т1 и Т2 – секции охлаждения водопроводной и ледяной водой; Р – резервуар-термос; К и И – конденсатор и испаритель теплового насоса; КМ – компрессор; ТРВ – терморегулирующий вентиль; Н – нагреватель; В, Л и ГВ – водопроводная, ледяная и горячая вода.

Выполним расчет достигаемого экономического эффекта при замене традиционной системы охлаждения с резервуарами-охладителями без рекуператоров теплоты на СОМ с пластинчатым молокоохладителем и тепловым насосом. В обоих вариантах ос-

новным источником теплоты в системе горячего водоснабжения фермы является электроводоподогреватель [1].

Экономический эффект достигается за счет экономии электроэнергии, потребляемой МТФ, и увеличения дохода при повышении сортности молока при быстром его охлаждении.

Исходные данные к расчету:

- число коров  $n = 600$  коров;
- среднегодовой удой  $M = 5000$  л/год;
- число доек  $k = 2$  со средней продолжительностью  $\tau = 2,5$ ч;
- температура свежесвыдоенного молока  $t_1 = 35^\circ\text{C}$ ;
- температура молока на выходе из секции охлаждения водопроводной водой  $t_2 = 18^\circ\text{C}$ ;
- температура охлажденного молока  $t_0 = 4^\circ\text{C}$ ;
- температура холодной воды  $t' = 5^\circ\text{C}$ ;
- температура нагретой воды на выходе из конденсатора теплового насоса  $t'' = 45^\circ\text{C}$ .

Тепловой поток, передаваемый в секции охлаждения водопроводной водой:

$$\Phi_1 = 0,28c\rho Mn(t_1 - t_2)10^{-6} / (365k\tau), \quad (1)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость молока, кДж/(кг·К);  $\rho$  – плотность молока, кг/м<sup>3</sup>.

$$\Phi_1 = 0,28 \cdot 3,93 \cdot 1030 \cdot 5000 \cdot 600 (35 - 18) 10^{-6} / (365 \cdot 2 \cdot 2,5) = 31,67 \text{ кВт.}$$

Требуемая холодопроизводительность теплового насоса:

$$\Phi = 0,28k_1c\rho Mn(t_1 - t_2)10^{-6} / (365k\tau), \quad (2)$$

где  $k_1$  – коэффициент неравномерности суточного надоя.

$$\Phi = 0,28 \cdot 1,15 \cdot 3,93 \cdot 1030 \cdot 5000 \cdot 600 (18 - 4) 10^{-6} / (365 \cdot 2 \cdot 2,5) = 30 \text{ кВт.}$$

При заданном температурном режиме работы теплового насоса коэффициент преобразования  $\mu = 3$  [2].

Теплопроизводительность теплового насоса:

$$\Phi_2 = \Phi \frac{\mu}{\mu - 1} = 30 \frac{3}{3 - 1} = 45 \text{ кВт.}$$

Количество теплоты, производимой за год и расходуемой на нагрев воды:

- в 1-ой ступени молокоохладителя

$$Q_1 = 365\Phi_1 k\tau = 365 \cdot 31,67 \cdot 2 \cdot 2,5 = 57800 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

– в тепловом насосе

$$Q_2 = 365\Phi_2 k\tau = 365 \cdot 45 \cdot 2 \cdot 2,5 = 82125 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

– в системе охлаждения в целом

$$Q = Q_1 + Q_2 = 57800 + 82125 = 139925 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Экономия электроэнергии определяется теплотой, производимой СОМ с молокоохладителем и тепловым насосом:  $\Delta\mathcal{E} = Q = 139925$  кВт·ч.

Экономия электроэнергии в денежном выражении:

$$\Delta C = \Delta\mathcal{E}C_{\text{эн}} = 139925 \cdot 560 = 78358000 \text{ руб.} = 9165\$.$$

Кроме того, увеличение на 15% выхода молока сорта «экстра» взамен молока высшего сорта увеличит доход фермы на  $\Delta C_I = 23400\$$ .

При расчете экономического эффекта было принято, что 30% увеличения дохода достигается за счет предлагаемой СОМ.

В таком случае суммарный экономический эффект:

$$\Delta C_{\Sigma} = \Delta C + 0,3\Delta C_M = 9165 + 0,3 \cdot 23400 = 16185\$.$$

### Литература

1. Яковлева, Т. Электронагрев: экономия энергоресурсов, современные технологии, экологическая безопасность, повышенный уровень комфорта / Т.Яковлева // Энергетика и ТЭК, №7/8, 2010. – С. 12-16.

2. Цубанов, А.Г. К расчету энергоэффективности применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А.Цубанов // Агропанорама, №1, 2011.– С.22-26.

**УДК 631.371**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ АБСОРБЦИОННОГО ТИПА С СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ В СИСТЕМАХ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

Черевко Г.В., д.э.н., профессор, Сиротюк В.Н., к.т.н., профессор,  
Сиротюк А.В., к.э.н., доцент, Е. Савченко

*Львовский национальный аграрный университет, г. Львов, Украина*

В условиях растущего энергетического кризиса ведутся значительные научные исследования, направленные на поиск вариантов