

интенсификации массообменных процессов. Переход к понятию квазижесткости газожидкостной системы дает возможность определения частоты собственных колебаний такой системы и перехода к резонансному режиму с высоким уровнем гидродинамических и массообменных процессов.

**Литература**

1. Піддубний В.А. Наукові основи і апаратурне оформлення перехідних процесів харчових і мікробіологічних виробництв: дис. ... докт. техн. наук: 05.18.12 / Піддубний Володимир Антонович; НУХТ. – К., 2007. – 421 с.
2. Соколенко А.І., Мазаракі А.А., Піддубний В.А. Енергетичні трансформації і енергозбереження в харчових технологіях. – К.: Фенікс, 2012. – 484 с.

УДК 637.131

**ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ В ЛИНИЯХ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ МОЛОКА**

*Цубанова И. А.*

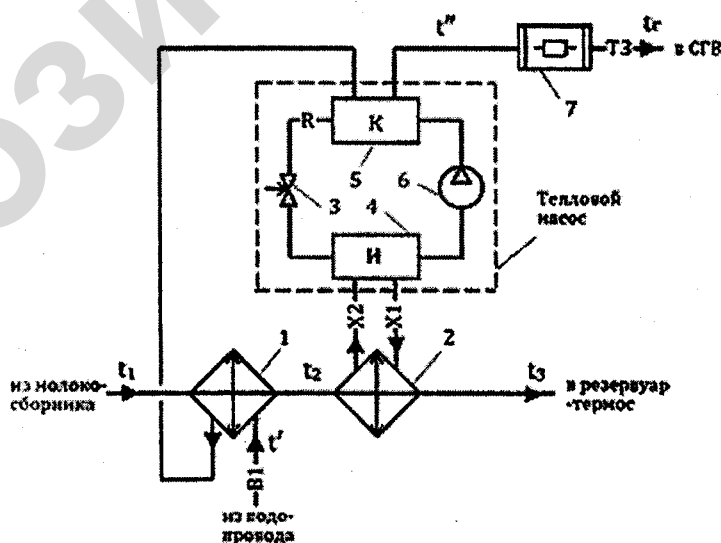
*(Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск)*

Охлаждение молока является основной технологической операцией первичной обработки. Своевременное охлаждение позволяет увеличить срок бактерицидной фазы и сохранить качество сырого молока длительное время.

В зависимости от органолептических, физико-химических и микробиологических показателей молоко подразделяют на четыре сорта. Молоко сорта «экстра» является наиболее ценным сырьевым продуктом и принимается молокоперерабатывающими организациями по самой высокой закупочной цене.

Однако использование традиционных технологических схем с танками-охладителями приводит к снижению сортности молока из-за увеличения времени охлаждения (более 2,5 часов). Это приводит к экономическим потерям в размере 10-15 % от реализуемого объема молока [1].

В концепции развития молочного скотоводства в 2015-2020 годах планируется продолжить модернизацию технологической базы производства и переработки молока с целью увеличения выпуска конкурентноспособной молочной продукции. В связи с этим особое значение приобретает внедрение высокоэффективных технологических схем первичной обработки для повышения сохранности молока и снижения энергозатрат.



**Рисунок 1 – Схема линии первичной обработки молока с тепловым насосом**

- 1 – секция охлаждения холодной водой; 2 – секция охлаждения ледяной водой; 3 – терморегулирующий вентиль; 4 – испаритель; 5 – конденсатор; 6 – компрессор; 7 – электроводонагреватель

Предлагаемая технологическая схема (рис. 1) включает пластинчатый охладитель и парокомпрессионный тепловой насос. Сырое молоко имеет температуру 35 °С и служит низкопотенциальным вторичным энергоресурсом. Для экономии искусственного холода пластинчатый охладитель состоит из двух секций охлаждения. Хладоноситель (ледяная вода) приготавливается в испарителе теплового насоса.

Водопроводная вода с начальной температурой  $t'$  последовательно проходит через секции охлаждения холодной водой и конденсатор теплового насоса. В результате охлаждения молока вода нагревается до температуры  $t''$ . После догрева в электроводонагревателе до заданной температуры  $t_r$  вода поступает в систему горячего водоснабжения МТФ.

Экономический эффект по сравнению традиционной технологической схемой достигается за счет экономии электроэнергии, потребляемой на нужды горячего водоснабжения 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 сырого молока  $t_1 = 35$  °С;
- температура молока на выходе из секции охлаждения водопроводной водой  $t_2 = 22$  °С;
- температура охлажденного молока  $t_3 = 4$  °С;
- коэффициент преобразования теплового насоса  $\mu = 3$ .

Тепловой поток, передаваемый в секции охлаждения холодной водой, кВт:

$$\Phi_1 = 0,28c_p M n (t_1 - t_2) \cdot 10^{-6} / (365k\tau), \quad (1)$$

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

$$\Phi_1 = 0,28 \cdot 3,93 \cdot 1030 \cdot 5000 \cdot 600 (35 - 22) \cdot 10^{-6} / (365 \cdot 2 \cdot 2,5) = 24,2 \text{ кВт.}$$

Требуемая холодопроизводительность теплового насоса, кВт:

$$\Phi = 0,28k_1 c_p M n (t_2 - t_3) \cdot 10^{-6} / (365k\tau), \quad (2)$$

где  $k_1$  – коэффициент неравномерности суточного надоя.

$$\Phi = 0,28 \cdot 1,15 \cdot 3,93 \cdot 1030 \cdot 5000 \cdot 600 (22 - 4) \cdot 10^{-6} / (365 \cdot 2 \cdot 2,5) = 38,6 \text{ кВт.}$$

Теплопроизводительность теплового насоса, кВт:

$$\Phi_2 = \Phi \mu / (1 - \mu) = 38,6 \cdot 3 / (1 - 3) = 57,9 \text{ кВт.}$$

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

-в секции охлаждения холодной водой

$$Q_1 = 365 \Phi_1 k \tau = 365 \cdot 24,2 \cdot 2 \cdot 2,5 = 44165 \text{ кВт·ч;}$$

-в тепловом насосе

$$Q_2 = 365 \Phi_2 k \tau = 365 \cdot 57,9 \cdot 2 \cdot 2,5 = 105667,5 \text{ кВт·ч;}$$

-в системе охлаждения

$$Q = Q_1 + Q_2 = 44165 + 105667,5 = 149832,5 \text{ кВт·ч.}$$

Экономия электроэнергии определяется теплотой, производимой системой охлаждения:  $\Delta \mathcal{E} = Q = 149832,5$  кВт·ч.

Экономия электроэнергии в денежном выражении, тыс. руб.:

$$\Delta \mathcal{C} = \Delta \mathcal{E} C_{\text{эл}} = 149832,5 \cdot 1203,1 = 180263,5 \text{ тыс. руб.}$$

Кроме того, увеличение на 15 % выхода молока сорта «экстра» взамен молока высшего сорта увеличит доход фермы на

$$\Delta C_m = 9361500 - 9141000 = 220500 \text{ тыс руб.}$$

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

В таком случае суммарный экономический эффект, тыс. руб:

$$\Delta C_\Sigma = \Delta C + \Delta C_m = 180263,5 + 0,3 \cdot 220500 = 246413,5 \text{ тыс руб.}$$

#### Литература

1. Утиленко, А. И. Энергосберегающая технология и устройство охлаждения парного молока / А. И. Утиленко, В.А. Пушкин.– Москва: Горячая линия – Телеком, 2011 – 128с.

УДК 664.08

### **К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМБИКОРМОВ**

*Шило И.Н.<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор, Романюк Н.Н.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Агейчик В.А.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Сашко К.В.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент, Ким Н.П.<sup>2</sup>, д-р пед. наук, профессор, Кушнир В.Г.<sup>2</sup>, д.т.н., профессор, Гаврилов Н.В.<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент*

*(<sup>1</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск;*

*<sup>2</sup>Костанайский государственный университет им. Байтурсынова, Казахстан)*

В последнее время в комбикормовой промышленности непрерывно повышаются требования к качеству комбикормов, усовершенствованию технологии, расширяется номенклатура сырья и ассортимент продукции. Особые требования предъявляются к комбикормам для молодняка животных, ценных пород молоди рыб, домашних животных и др. Задача комбикормовой промышленности заключается в выработке такой продукции, которая сочетала бы в себе одновременно низкую цену и гарантированно высокое продуктивное действие. Однако на практике производители в борьбе за рынок либо вырабатывают продукцию на основе малоценного сырья в ущерб питательности, либо используют дорогостоящие кормовые средства, которые повышают питательность комбикормов, но при этом удорожают продукцию [1].

Целью данных исследований явилось повышение производительности, снижение энергозатрат процесса экструдирования путем совершенствования конструкции экструдера.

Проведенный патентный поиск показал, что известно устройство для переработки комбикормов [2], содержащее загрузочную камеру, винт, корпус компрессионный затвор, фильеру, конструкция корпуса в зоне пластификации материала изготавливается под углом ( $\delta=25^\circ$ ) к оси в направлении фильер. Кроме того, конструкция винта в зоне пластификации изготавливается с увеличивающимся числом витков, зона уплотнения и пластификации разделена компрессионным затвором.

Недостатком этого устройства является высокая энергоемкость получения технического результата процесса экструзии и улучшения качества продукции.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкция экструдера для переработки комбикормов [3].

На рисунке приведен общий вид экструдера для переработки комбикормов.

Устройство для экструдирования комбикормов состоит из загрузочной камеры 1, винта 2, корпуса 3, компрессионного затвора 4, фильеры 5, устройства подачи воды 6.

Устройство для экструдирования комбикормов работает следующим образом.

Материал поступает в загрузочную камеру 1, захватывается винтом 2 и под