

Технология быстрого охлаждения молока в условиях работы летних молочных ферм

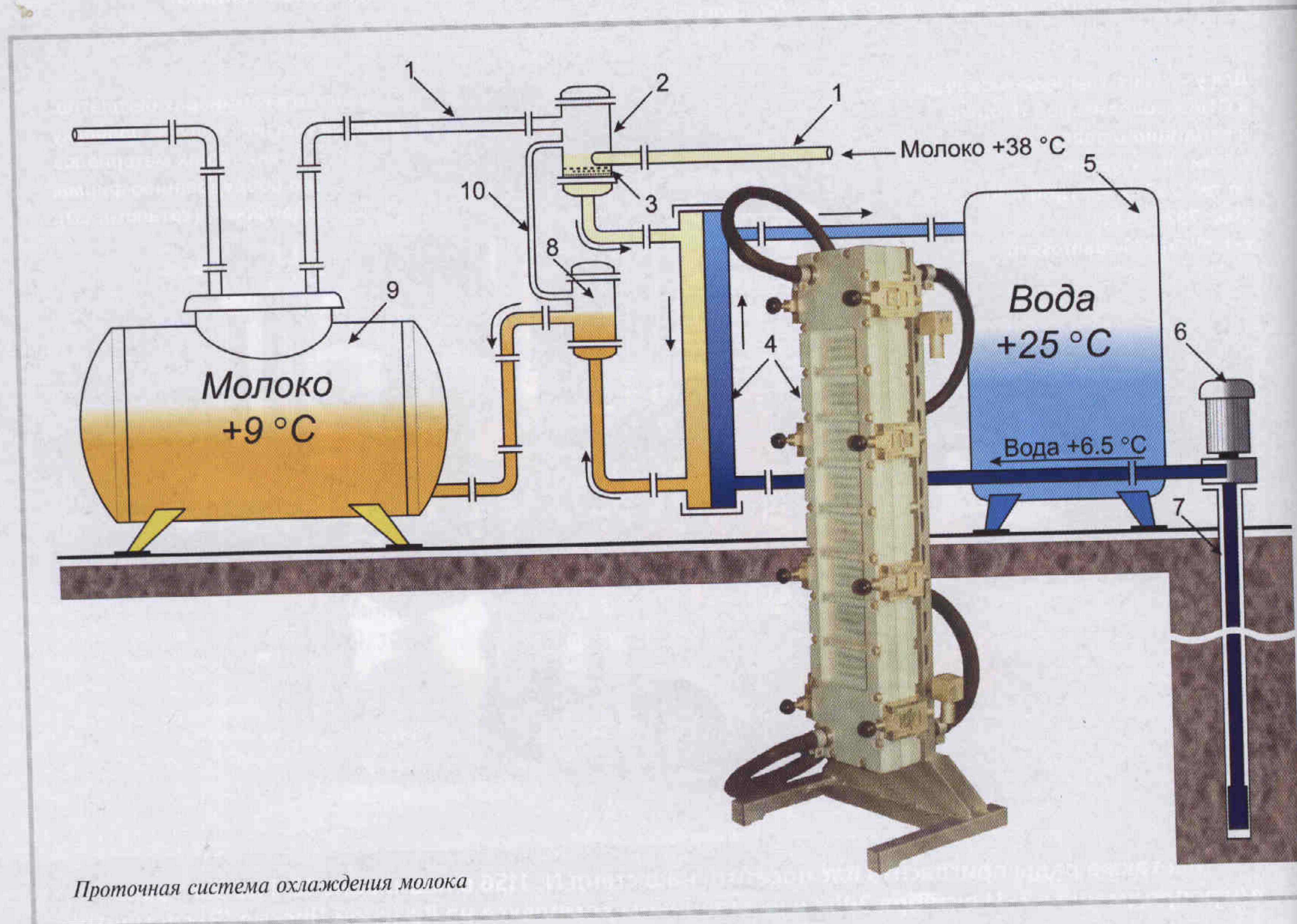
Канд. техн. наук **А.И.УЛИТЕНКО,**
В.А.ПУШКИН

В настоящее время на отечественном рынке ощущается острый недостаток качественного молока [1]. Это обусловлено высокой исходной бактериальной обсемененностью продукта, которая в обычных санитарных условиях при машинном доении коров составляет до $4 \cdot 10^{10} \text{ м}^{-3}$ [2]. Применение традиционных способов первичной обработки молока не приводит к желаемым результатам. Даже при хорошей организации производства молоко в течение длительного времени находится при достаточно высокой температуре, и, как показывает анализ, уже через 2 ч после перекачки в емкость для охлаждения ТОМ-2 ресурс его бактерицидности оказывается израсходованным полностью. Немаловажно и то, что потеря бактерицидности наступает примерно за 1 ч до того, как температура молока достигнет предусмотренного уровня охлаждения 7°C . Поэтому основной и, пожалуй, единственной возможностью со-

хранения высокого качества вырабатываемого молока является его быстрое проточное охлаждение.

Однако для реализации такого способа охлаждения необходимо наличие установок холодопроизводительностью не менее 30 кВт, что примерно в 4 раза превышает холодопроизводительность действующих стационарных установок в сфере непосредственного производства молока. Скорее всего, это, а также отсутствие какой бы то ни было мобильности делают технологию поточного охлаждения молока практически неосуществимой в условиях работы летних ферм непосредственно на пастбищах, несмотря на то, что именно здесь ее применение наиболее эффективно, особенно в случае использования естественного источника холода, что существенно упрощает решение проблемы снижения энергетических затрат.

Таким источником естественного холода и одновре-



Проточная система охлаждения молока

менно идеальным хладоносителем может служить вода с температурой порядка 6,5 °С, залегающая на глубине около 10 м. Высокая удельная теплоемкость и относительная доступность воды в местах расположения летних пастбищ позволяют создавать компактные и эффективные проточные охладители. Их можно использовать на любых этапах первичной обработки молока, однако наибольшего эффекта следует ожидать при непосредственном соединении системы охлаждения с магистралью молокопровода доильной установки (см. рисунок).

Предлагаемая система охлаждения [3] состоит из высокоэффективного легкоразборного теплообменника 4 и скважины малой производительности 7, расположенной в непосредственной близости от летней фермы. Кроме того, в состав системы охлаждения входят накопитель подогретой питьевой воды 5, расширитель 2 с фильтрами механической очистки молока 3 и стабилизатор потока 8, соединенный с расширителем обводным вакуум-проводом 10. Система также включает вакуумную магистраль молокопровода 1 и теплоизолированную накопительную емкость для молока 9, которые одновременно служат составными элементами доильной установки.

Принцип действия проточного охладителя заключается в следующем. Парное молоко, поступающее по вакуумной магистрали молокопровода доильной установки 1, попадает в расширитель 2 и далее, пройдя через фильтры механической очистки 3, под действием собственного гидростатического напора подается во внутренний контур жидкостного теплообменника 4. В процессе взаимодействия с холодной водой, циркулирующей во внешнем контуре теплообменника, молоко охлаждается, после чего поступает в стабилизатор потока 8 и затем сливается в теплоизолированную накопительную емкость 9, где продолжает оставаться до окончания процесса доения коров.

Наличие расширителя 2 обеспечивает отделение молока от паровоздушной смеси и его отвод в теплообменник 4 без изменения пропускной способности магистрали доильной установки. Подключение патрубка на выходе теплообменника 4 к накопительной емкости молока 9 через стабилизатор потока 8 делает подачу молока в емкость не зависящей от степени ее заполнения. Обводной вакуум-провод 10 предназначен для выравнивания остаточных давлений на входе и выходе внутреннего контура теплообменника 4.

Используемая для охлаждения вода извлекается из скважины малой производительности 7 с глубиной бурения 10...15 м. Подъем воды и ее нагнетание во внешний контур теплообменника осуществляются с помощью бытового центробежного насоса 6 потребляемой мощностью не более 750 Вт. Других энергетических затрат на обеспечение проточного охлаждения парного молока не требуется.

Накопительная емкость воды 5, подключенная к выходу внешнего контура теплообменника 4, предназначена для сбора отработанной подогретой воды, которая в дальнейшем используется для проведения различных

гигиенических мероприятий, связанных с эксплуатацией летних молочно-товарных ферм.

Для оценки возможного уровня охлаждения молока достаточно воспользоваться законом сохранения энергии, уравнениями для расчета теплопередачи и среднелогарифмического температурного напора в теплообменнике [4]. Поскольку значения начальных температур парного молока и охлаждающей воды заданы, то из совместного решения указанных уравнений несложно получить выражение для конечной температуры молока (°С):

$$t_m = 6,5 + \frac{31,5 \left(1 - \frac{c_m \dot{m}_m}{c_b \dot{m}_b} \right)}{\exp \left[\frac{kF}{c_m \dot{m}_m} \left(1 - \frac{c_m \dot{m}_m}{c_b \dot{m}_b} \right) \right] - \frac{c_m \dot{m}_m}{c_b \dot{m}_b}},$$

где t , c и m — температура, удельная теплоемкость и массовый расход жидкостей;

k — коэффициент теплопередачи;

F — площадь поверхности теплообмена.

Индексы «м» и «в» относятся соответственно к молоку и воде.

Как следует из приведенного соотношения, максимальный уровень охлаждения молока сильно зависит от параметра эффективности теплообменника (kF) и соотношения массовых расходов молока и воды в системе. Теоретически он слегка превышает 7 °С. Во избежание нежелательного подогрева воды до поступления в теплообменник ее следует подавать без предварительного накопления. В то же время вполне очевидно, что реализация такого уровня охлаждения потребует значительных массовых расходов охлаждающей воды, а также больших и хорошо развитых поверхностей теплообмена. Поэтому, исходя из чисто технических соображений, предельный уровень охлаждения целесообразно ограничить температурой 9 °С (в соответствии с ГОСТ 13264–70 температура молока первого сорта охлажденного не должна превышать 10 °С), что, как показывает опыт эксплуатации проточных охладителей, обеспечивает продолжительность бактерицидной фазы более 24 ч.

Обработанное по такой технологии молоко охлаждается практически сразу же после истечения его из вымени. Благодаря этому оно переходит на более высокую ступень качества по сравнению с молоком, обработанным по традиционной технологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтерев Г.П. Качество молока в зависимости от санитарного состояния доильного оборудования // Молочная промышленность. 2000. № 5.
2. Молоко / Под общ. ред. Р.Б. Давидова. — М.: Колос, 1969.
3. Пат. 2160986 РФ. Способ охлаждения молока и устройство для его осуществления / А. И. Улитенко. Опубл. в БИ № 36 27.12.2000.
4. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. — М.: Атомиздат, 1979.