

## Природный холод – приоритетное направление при охлаждении молока

*В.И. Квашенников, д.т.н., профессор, В.А. Шахов, д.т.н., профессор, А.А. Петров, к.т.н., А.П. Козловцев, к.т.н., А.А. Панин, к.т.н., Г.С. Коровин, аспирант, М.И. Попова, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ*

Коровье молоко – ценнейший натуральный пищевой продукт для человека. Это обусловлено его химическим составом и высокой биологической ценностью. В состав молока входит более 100 компонен-

тов: жиры, белки, углеводы, минеральные вещества, витамины, ферменты, гормоны и др. Своевременное охлаждение молока до оптимальной температуры сохраняет его полезные природные свойства и обеспечивает высокое качество изготовления молочных продуктов. Хранение неохлаждённого молока более двух часов делает его дальнейшую переработку бессмысленной: продукция не выдерживает срок хранения и становится небезопасной для здоровья.

Оптимальная температура для хранения молока 3–5°C, при этой температуре жизнедеятельность бактерий практически прекращается и молоко может храниться до 3 суток. Поэтому температура охлаждения является основным параметром, определяющим бактериальную обсеменённость и кислотность молока.

**Материал и методы исследования.** Использование современных систем охлаждения – актуальная задача для большинства хозяйств, занимающихся молочным направлением. Рынок холодильного оборудования в России на сегодняшний день перенасыщен, в продаже имеется самое разнообразное оборудование как импортного, так и отечественного производства с различными характеристиками по холодопроизводительности, вместимости, установленной электрической мощности [1].

Всё это оборудование трудоёмко в обслуживании, энергоёмко, имеет высокую стоимость. На охлаждение каждой тонны молока с использованием холодильных машин затрачивается до 29 кВт·ч электроэнергии. Кроме того, из-за недостаточно высокой надёжности указанных машин и нередко низкой квалификации обслуживающего персонала возникают отказы в работе, приводящие к ухудшению качества молока.

Поэтому сегодня, как никогда, актуальна проблема применения природного (естественного) холода для круглогодичного охлаждения молока на молочнотоварных фермах [2]. Основным условием работы таких установок является наличие определённого количества дней в году с отрицательной температурой – индекс холода  $Q = \sum (t_i \times D_i)$  ( $t_i$  – среднесуточная температура окружающего воздуха в зимний период, град;  $D_i$  – количество дней года с температурой ниже 0°C) должен составлять не менее 400 градусосуток.

Анализ температурных данных показал, что климатические условия на большей части России обеспечивают отрицательные температуры наружного воздуха 120–150 сут. в году. Больше половины территории России располагается в зоне вечной мерзлоты. По данным Росгидромета, в Уральском регионе и прилегающих областях средняя температура имеет следующие значения (табл.).

Анализируя существующие направления использования природного холода, выявили, что наиболее дешёвым и доступным источником в

большинстве регионов является естественный лёд. Его использование в качестве источника холода объясняется ценным физическим свойством – высокой теплотой плавления, равной в обычных условиях 335 кДж/кг.

Использованием естественного холода для охлаждения жидкостных продуктов, разработкой конструктивных схем, приборов, приспособлений для этих целей занимается большое число специалистов – ученых, инженеров, изобретателей.

Проведя анализ существующих конструкций для охлаждения молока, мы выявили, что основными их недостатками являются:

1. Незащищённость стен льдохранилища от разрушения при замерзании воды;
2. Невозможность механизации работ при выемке и использовании льда. Лёд необходимо вручную выкалывать и доставлять к месту использования;
3. Талая вода, получаемая при плавлении льда во время охлаждения, не используется повторно для замораживания, а сливается в канализацию.

Опубликованные научные исследования по рассматриваемой проблеме предлагают использовать естественный холод только в зимнее морозное время в комбинированных системах «холодильная машина – естественный холод». В качестве источника холода предлагается в основном морозный воздух. Традиционные способы холодонакопления (естественный лёд) сегодня забыты и не используются вовсе [3].

**Результаты исследования.** С учётом выявленных недостатков, а также в соответствии с данными Росгидромета в Уральском регионе нами предложена универсальная установка, использующая естественный холод для заморозки льда и последующего охлаждения молока [4]. Она позволит значительно снизить затраты на электроэнергию, обслуживание и ремонт оборудования, исключить утечку фреона и фреоновых масел, а также будет доступна для использования в отдалённых регионах. В этой установке процесс охлаждения осуществляется с помощью тепловых труб, которые представляют собой вытянутые в длину герметичные, как правило, тонкостенные металлические сосуды с запаянными концами. Труба может работать как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Наиболее просты по устройству вертикальные трубы – термосифоны.

Среднесуточная температура по областным центрам Южного Урала

Областной центр	Среднесуточная температура, °С					Среднегодовой индекс холода, градусосуток
	январь	февраль	март	ноябрь	декабрь	
Курган	-17,7	-16,6	-8,6	-7,2	-14,3	1939,4
Челябинск	-15,8	-14,3	-7,4	-6,2	-12,9	1705,5
Екатеринбург	-15,5	-13,6	-6,9	-6,8	-13,1	1685,3
Уфа	-14,9	-13,7	-6,7	-5,1	-11,2	1553,4
Оренбург	-14,8	-14,2	-7,3	-4	-11,2	1550
Самара	-13,5	-12,6	-5,8	-3,4	-9,6	1350,7

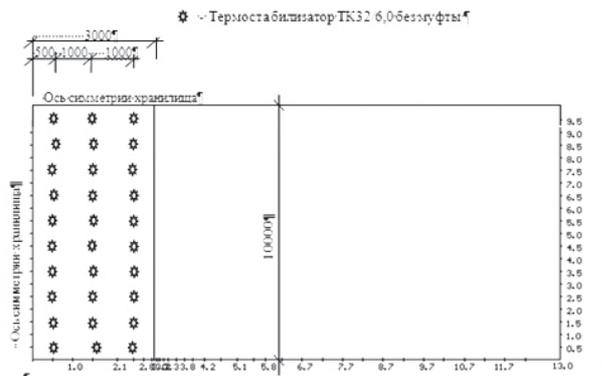


Рис. 1 – Расчётная область в плане

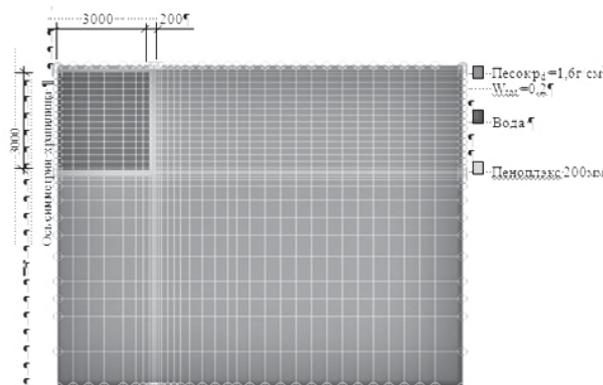


Рис. 2 – Расчётная область

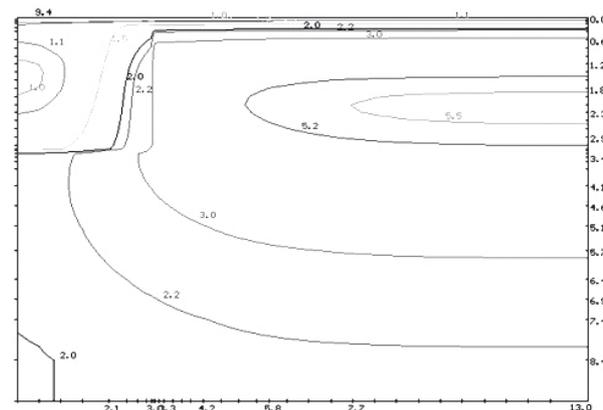


Рис. 3 – Температурное поле перед началом работы термостабилизатора (30 октября)

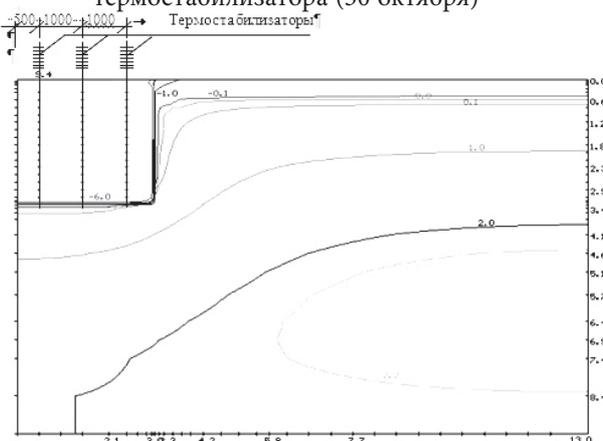


Рис. 4 – Температурное поле на конец первой зимы работы ТК (15 марта)

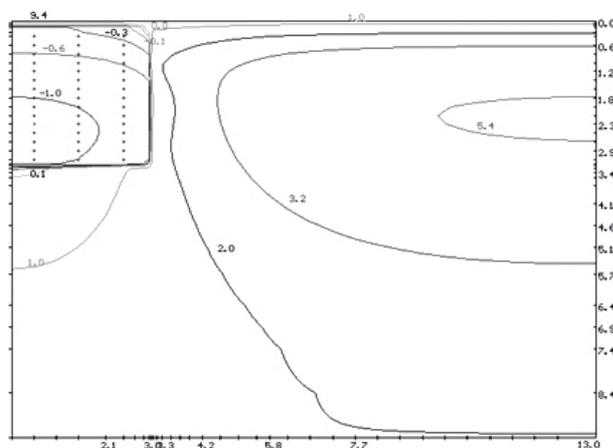


Рис. 5 – Температурное поле на конец первого года работы ТК (30 октября)

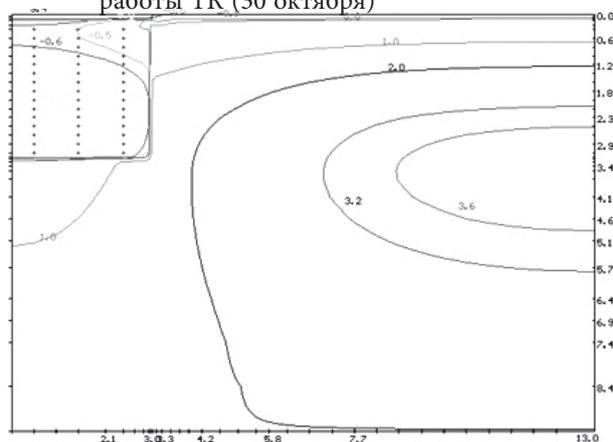


Рис. 5 – Температурное поле на 1 декабря

Нижняя часть трубы заполнена жидким фреоном R22. Если нижнюю часть (испаритель) поместить в воду с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$ , а верхняя, оребрённая, часть будет находиться в морозном воздухе, то жидкий фреон в испарителе будет интенсивно кипеть, забирая тепло из окружающей его среды, образуя лёд.

Пары фреона, поднимаясь по трубе вверх, соприкасаются с внутренней холодной, замороженной поверхностью конденсатора и конденсируются, выделяя теплоту в окружающий морозный воздух. Жидкий фреон по стенкам трубы стекает вниз, в испаритель, где снова испаряется. Процесс идёт непрерывно до тех пор, пока разность температур на концах трубы (тепловой напор) не станет минимальной ( $5^{\circ}\text{C}$ ).

Таким образом, термосифон перекачивает тепло от воды в окружающий морозный воздух, вода замерзает. При повышении температуры воздуха до положительных значений термосифон перестаёт функционировать, но тепло в обратную сторону, т.е. из окружающего воздуха в замороженную воду не передаёт, т.к. он является тепловым диодом [5, 6].

Для выявления качества функционирования предложенной системы мы провели экспериментальные исследования и построили графики по следующим параметрам (рис. 1–6).

Льдохранилище с размерами 20,0×6,0 м, глубиной 3,0 м заглублено в грунт и наполнено водой. Теплоизоляция из пеноплекса толщиной 200 мм выполнена по контуру всего сооружения. Для замораживания воды термостабилизаторы ТК32/6,0 без муфты поставлены с шагом 1×1 м в количестве 120 шт.

Термостабилизаторы начинают работать в первый год с 25 ноября, в последующие годы с 1 декабря по март.

Климатические характеристики приняты по метеостанции Оренбург.

**Вывод.** Согласно прогнозным расчётам и результатам проведённых исследований, при работе термостабилизаторов в исследуемом бассейне за зимний период вокруг термосифонов наморозится 330695 кг льда, что достаточно для круглогодичного охлаждения молока от 100 коров с продуктивностью от одной коровы более 4000 кг/гол·год.

## Литература

1. Козловцев А.П. Терминология при производстве и эксплуатации ледогенераторов / А.П. Козловцев, В.И. Квашенников, А.А. Панин, В.А. Шахов, Г.С. Коровин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 2.
2. Квашенников В.И., Козловцев А.П., Панин А.А. Инновационный метод охлаждения сельскохозяйственной продукции // Материалы XVI Междунар. симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных. Минск.: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. 383 с.
3. Васильева Е.Н., Деревянко В.А., Макуха А.В. Динамика замораживания грунта с помощью тепловых труб // Труды Красноярского государственного университета. 2005. 233 с.
4. Патент на изобретение 2014115170/13(023678), 2015. Хранилище для пищевых продуктов с аккумулярованием холода / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.П. Козловцев, А.А. Панин, И.В. Герасименко, Г.С. Коровин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет». Оpub. Бюл. № 08, 2015.
5. Положительное решение на выдачу патента на изобретение по заявке № 1№2014121902 РФ. Термосифон с термонасадкой / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.П. Козловцев, А.А. Панин, И.В. Герасименко, Г.С. Коровин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет».
6. Квашенников В.И. Энергосберегающая технология заготовки естественного льда на молочных фермах / В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.П. Козловцев, Г.С. Коровин, Н.П. Крючин // Научное обозрение. Научный журнал. 2015. № 4.