

## Альтернативные источники энергии в системе охлаждения пищевой продукции

*В.А. Шахов, д.т.н., профессор, А.П. Козловцев, к.т.н., И.З. Аширов, к.т.н., М.И. Попова, аспирантка, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ*

Принятые Правительством Российской Федерации проекты, государственные программы по развитию сельского хозяйства, АПК и регулированию рынков сельскохозяйственной продукции фактически отражают взгляд сельских товаропроизводителей на процессы, обеспечивающие как продовольственную независимость России, так и повышение конкурентоспособности отечественной продукции на внутреннем и внешних рынках. В этой связи увеличение производства молока и повышение его качества становится приоритетной задачей работников животноводческой отрасли и молокоперерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса.

К сожалению, статистические данные свидетельствуют об усугублении тенденции к спаду производства молока и сокращении численности поголовья КРС. Причиной сложившейся ситуации является убыточность производства, но решать данную проблему путём увеличения дотаций из госбюджета экономически нецелесообразно. Как показывает практика, наиболее реально развивать отрасль по пути снижения себестоимости производства молока, причём технологическая прерогатива должна сохраняться за процессом энерго- и ресурсосбережения.

Экологическая неустойчивость и рост цен на углеводородное топливо закономерно интенсифицирует реализацию проектов, направленных на внедрение альтернативных источников энергии, особенно тех, которые определяются спецификой ландшафтно-климатических условий территориального расположения предприятий и производственных комплексов.

Исследования, проводимые по проблеме снижения удельного расхода энергоносителей, в том числе и электроэнергии, на производство и переработку молока показали актуальность конкретного направления научно-технического поиска и востребованность инженерных решений в области хладорезервирования и разработки систем искусственного охлаждения на основе лимита природно-энергетического ресурса в зонах внедрения альтернативных технологий.

**Материал и методы исследования.** Цель исследования — разработать конструкцию аккумулятора природного холода, позволяющую снизить энергетические затраты на охлаждение продукции молочнотоварных ферм в процессе её производства и переработки.

Задача исследования — выявить оптимальную конструкцию аккумулятора холода для охлаждения пищевых продуктов.

Рассматривая первичное охлаждение молока как замкнутый технологический цикл, можно от-

метить дуалистический характер стоящей перед исследователями проблемы. Её глобальный аспект касается процессов разрушения озонового слоя Земли, в связи с чем 22 марта 1985 г. была принята Венская конвенция, и в 1987 г. все индустриальные страны подписали Монреальский протокол, ограничивающий производство и использование фреонов. Как следствие, появление новой тенденции поиска альтернативных хладагентов потребовало методологического обоснования и теории теплофизического анализа для структурных схем теплообмена без использования хладонов, результатом разложения которых является хлор и его водородные соединения.

Ресурсо-климатический анализ подтверждает возможность использования естественного холода для создания технологий охлаждения молока с намораживанием ледяной массы. Более того, проектные расчёты показывают перспективность создания хладорезерва для круглогодичной эксплуатации при первичной обработке молока. Поэтому разработка методов оптимизации и внедрения соответствующего технического обеспечения, реализующего циклы намораживания льда в заданных температурных режимах с установленной производительностью и геометрическими характеристиками, является важной задачей.

В связи с этим в последнее время всё большее внимание уделяется вопросам перехода на природный холод. Большой вклад в решение данного вопроса в России внесли учёные В.А. Бобков, А.И. Завражнов, В.И. Квашенников, А.М. Мусин, Ф.Г. Марьяхин, Ю.А. Цой и многие другие [1–6]. Их научные труды показывают высокую эффективность использования льдоаккумуляторных систем в технологических схемах охлаждения молока на молочнотоварных фермах. Они сформировали основные требования к системам охлаждения молока, разработали типоразмерный ряд установок для охлаждения молока с использованием естественного холода, методики расчёта и обоснования параметров, режимов работы.

Методы исследования опираются на современные информационные технологии, аналитические исследования процессов теплообмена в системе «АТИВ» с применением классической механики, гидравлики, термодинамики, гидро- и ледотермики, теории планирования эксперимента и принципы создания проблемно-ориентированных программных комплексов. Расчёт и анализ параметров процесса осуществляли с использованием теории математической обработки данных.

**Результаты исследования.** Известно, что использование природного холода для охлаждения и хранения пищевых продуктов насчитывает более чем двухсотлетнюю историю. За это время разработано множество технологий, способов и приёмов использования холода, но самым эффективным способом накопления природного холода являет-

ся заготовка водного льда. Однако все известные сегодня способы его заготовки и использования на молочных фермах не приемлемы ни по экономическим, ни по экологическим соображениям. Следовательно, нужны новые способы заготовки и использования природного льда, основанные на современных достижениях науки и техники.

Одним из вариантов таких способов может послужить разработанная схема холодильной камеры для охлаждения пищевых продуктов краткосрочного хранения с использованием природного холода, получаемого с помощью термосифонных систем (рис.). Она представляет собой подземное сооружение, содержащее ёмкость для аккумуляции холода 1, воздушную холодильную камеру 2, имеющую стену 3, контактирующую с грунтом 4, пол и потолочное покрытие с люком 5 [7]. Доступ к люку 5, в частном случае выполнения хранилища, осуществляется через наклонный тамбур 6 с дверью 7 и лестницей 8, которая продолжается до пола воздушной холодильной камеры 2. Вместо наклонного тамбура 6 с дверью 7 может быть использована вертикальная шахта, имеющая вместо двери 7 горизонтальный люк на уровне поверхности грунта. В ёмкости для аккумуляции холода 1 установлены термосифоны 9. Ёмкость для аккумуляции холода 1 располагается внутри в центральной части воздушной холодильной камеры 2, обеспечивая тем самым увеличение площади теплопередачи.

Для контроля состояния льда по всей глубине ёмкости для аккумуляции холода 1 через определённое расстояние устанавливаются датчики температуры 11.

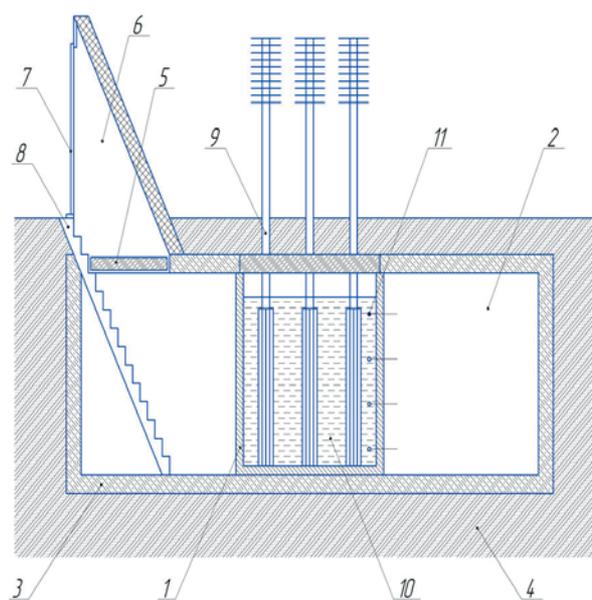


Рис. – Схема холодильной камеры для охлаждения пищевых продуктов краткосрочного хранения: 1 – ёмкость для аккумуляции холода; 2 – воздушная холодильная камера; 3 – стена; 4 – грунт; 5 – потолочное покрытие с люком; 6 – наклонный тамбур; 7 – дверь; 8 – лестница; 9 – термосифоны; 10 – вода; 11 – температурные датчики

Рабочий объём льдохранилища

	Продуктивность стада, кг/гол											
	3000			4000			5000			6000		
Число коров на ферме, гол.	100	200	400	100	200	400	100	200	400	100	200	400
Рабочий объём льдохранилища, м <sup>3</sup>	112	224	448	150	300	600	187	374	748	225	450	900

Грунт 4, контактирующий со стеной 3, охлаждается в холодный период года и играет роль дополнительного аккумулятора холода в воздушной холодильной камере 2.

Хранилище подобного типа на молочнотоварной ферме можно сделать в наземном исполнении, разместив его на стыке блока вспомогательных помещений с коровником, желательнее со стороны северного направления. В этом случае значительно упрощаются эксплуатация и контроль за работой технологического оборудования хранилища.

Рабочий объём в зависимости от поголовья коров на ферме и их годовой продуктивности рассчитывается по формуле:

$$V_{л} = NV_{г}C(t_{нач} - t_{кон})\eta / \rho_{л}L_{л}, \quad (1)$$

где  $c_{л}$  – плотность льда, кг/м<sup>3</sup>;

$L_{л}$  – удельная теплота плавления льда,  $334 \cdot 10^5$  Дж/кг;

$N$  – поголовье коров на ферме, гол.;

$V_{г}$  – годовая продуктивность коров, кг/гол;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий потери льда, 1,1–1,2;

$t_{нач}$   $t_{кон}$  – начальная и конечная температура молока, °С;

$C = 4 \cdot 10^3$  – теплоёмкость молока, Дж/(кг·К).

При подстановке числовых значений физических величин в формулу (1) получим:

$$V_{л} = 3,744 \cdot 10^4 \cdot V_{г}. \quad (2)$$

Рабочий объём  $V_{л}$  с годовой потребностью льда, рассчитанной по формуле (1) в зависимости от

числа коров на ферме и их годовой продуктивности, представлен в таблице.

К рабочему объёму необходимо добавить незамерзаемый объём воды, необходимый для работы насоса ледяной воды, равный 5–7% от рабочего.

**Вывод.** Использование аккумулятора природного холода на молочнотоварных фермах, на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности позволит обеспечить процесс охлаждения пищевых продуктов в течение всего года без затрат электроэнергии.

### Литература

1. Бобков В.А. Производство и применение льда. М.: Пищевая промышленность, 1977. 230 с.
2. Бузин В.А., Зиновьев А.Т. Ледовые процессы и явления на реках и водохранилищах. Барнаул: ООО «Пять плюс», 2009. 167 с.
3. Завражнов А.И. Круглогодичное использование природного холода в условиях молочнотоварных ферм Южного Урала: рекомендации. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2016. 61 с.
4. Квашенников В.И. Энергосберегающая технология заготовки естественного льда на молочных фермах / В.И. Квашенников, А.П. Козловцев, Г.С. Коровин, В.А. Шахов // Научное обозрение. 2015. № 4. С. 17–22.
5. Мусин А.М. Изготовление и использование установок естественного холода для охлаждения молока: рекомендации / А.М. Мусин, Ф.Г. Марьяхин, А.И. Учеваткин, А.Я. Бойко, А.В. Марков. М.: Росагропромиздат, 1991. 28 с.
6. Козловцев А.П. Природный холод – приоритетное направление при охлаждении молока / А.П. Козловцев, В.И. Квашенников, В.А. Шахов, А.А. Панин, Г.С. Коровин, М.И. Попова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 6 (56). С. 90–93.
7. Хранилище для пищевых продуктов с аккумулярованием холода: пат. 2561745 Рос. Федерация / В.И. Квашенников, А.П. Козловцев, В.А. Шахов, Г.С. Коровин, А.А. Панин, И.В. Герасименко. № 2014115170/13; заявл. 15.04.14; опубл. 10.09.15.