

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ХОЛОДА И ВОДОЛЕДЯНОГО АККУМУЛЯТОРА

А.А. Мультап

В данной статье приводится энергосберегающая технология охлаждения молока на фермах. Проблема аккумуляции холода обусловлена необходимостью экономии энергетических ресурсов. Основными причинами актуальности данной проблемы на сегодня являются большие затраты на генерацию холода, а также значительно более дешёвый тариф на электроэнергию в ночное время суток (до 4 раз).

Ключевые слова: энергосбережение, охлаждение, экосол, лёд, аккумулятор, молоко.

Сохранение качества и сокращение потерь молока является серьёзной проблемой, в значительной мере определяющей эффективность работы всего АПК России. Эта задача должна быть решена на базе дальнейшего совершенствования холодильного оборудования и правильного сочетания источников искусственного и естественного холода.

В настоящее время в Российской Федерации насчитывается около 25000 сельскохозяйственных предприятий и около 257000 крестьянских (фермерских) хозяйств, занимающихся производством молока и молочной продукции.

Наибольшее распространение при охлаждении молока в хозяйствах получили парокомпрессионные холодильные машины (ПКХМ) производительностью до 35 кВт.

Имеющееся на молочных фермах холодильное оборудование в большинстве случаев не отвечает современным требованиям. Около 80% находящегося в эксплуатации холодильного оборудования выработало свой ресурс и находится в предаварийном или аварийном состоянии. Положение усугубляется тем обстоятельством, что ремонтная база хозяйств, квалификация обслуживающего персонала, поставка запасных частей и комплектующих не отвечает требованиям эффективной эксплуатации холодильной техники. Интенсивность отказов возрастает, что приводит к увеличению потерь продукции от отказов холодильного оборудования. На ферме в 400 голов при соответствующем уровне цен на коровье молоко потери могут достигать до 30 тыс. руб. в сутки. Низкий уровень унификации холодильного оборудования затрудняет его обслуживание и ремонт. Затраты рабочего времени на эти операции составляют около 1000 чел.ч в год. Это при-

вело к тому, что в отдельных регионах страны в последние годы только около 50 % молока принимается охлажденным и в ряде случаев оно не отвечает требованиям ГОСТ 52054-2003 «Молоко натуральное коровье сырое». Устойчивый рост стоимости электроэнергии и холодильного оборудования приводит к увеличению себестоимости молока и молочной продукции.

В связи с вышеизложенным, повышение экономической эффективности холодильного оборудования и развитие бесфреоновых технологий производства холода имеет большое общегосударственное значение, так как позволит значительно сократить расход электроэнергии и повысить экологическую безопасность за счет сокращения неблагоприятного воздействия фреона на озоновый слой земли.

При построении принципиальных схем учитывались преимущества аккумуляционных комбинированных холодильных машин (АКХМ):

- компактная конструкция компрессорно-конденсаторного блока и минимальная потребность во фреоне;
- большая аккумулирующая способность аккумуляторов холода и пониженная частота включения компрессоров;
- возможность взаимодействия с приемниками природного холода, в том числе с градирнями водолеяного типа, установленными на открытом воздухе для прямого охлаждения молока;
- сокращение установленной мощности и стоимости источников искусственного холода.

В последнее время появилось новое поколение экологически чистых хладносителей – экосолы и экофросты. Они не вызывают повышенной коррозии металла и не взрывоопасны, имеют температуру замерзания до –

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ХОЛОДА И ВОДОЛЕДЯНОГО АККУМУЛЯТОРА

45 °С. Все компоненты экосолов не токсичны. На экосолы оформлено гигиеническое заключение головного центра Госсанэпиднадзора Минздрава РФ. Экосолы обладают уникальным свойством – они уменьшаются в объеме при замерзании, что исключает возможность разрыва трубопроводов и аппаратов при понижении температуры ниже порога замерзания. Экосолы химически неактивны. В настоящее время расширяется температурный диапазон низкотемпературных жидкостей, допускающих контакт с пищевыми продуктами.

Применение АКХМ повышает надежность охлаждающих систем и экологическую безопасность, позволяет осуществить техническое перевооружение хозяйств комбинированными холодильными машинами, выполненными на современной конструктивной и элементной базе, что позволит:

- сократить капитальные и эксплуатационные затраты на охлаждение молока путем снижения установленной мощности компрессоров, испарителей, вспомогательного оборудования и питающих трансформаторных подстанций;

- уменьшить затраты и сократить расход электроэнергии на выработку холода за счет использования льготного ночного тарифа, более низкой температуры конденсации хладагента, в том числе в ночное время, применения природного холода наружного воздуха и грунтовой воды для охлаждения хладоносителя;

- повысить надежность системы охлаждения за счет наличия оперативного запаса холода.

Использование всех перечисленных факторов достигается в процессе аккумуляции искусственного и естественного хо-

лода, осуществляемого в аккумуляторах холода водоледяного типа. Преимущество применения льда для аккумуляции холода объясняется его увеличенной по сравнению с водой аккумулирующей способностью.

Охлаждение воды и наморозка льда преимущественно происходит с использованием природного холода. Применение стороннего источника холода имеет место лишь при температуре наружного воздуха выше нуля или при недостатке холода для своевременного охлаждения воды и последующей наморозки льда. Также наморозка льда с использованием стороннего источника может происходить в периоды времени, когда действует льготный тариф на электроэнергию.

В настоящее время в ГНУ ВИЭСХ разработана и функционирует экспериментальная установка (рисунки 1, 2), где проводятся исследования процессов наморозки льда с использованием природного холода, сбор статистических данных и определение требуемых параметров установки для построения типоразмерного ряда оборудования для охлаждения молока на фермах.

Экспериментальная установка (рисунок 1) включает:

- 1 – насос для молока;
- 2 – датчики температуры;
- 3 – насос хладоносителя;
- 4 – водоледяной аккумулятор холода;
- 5 – пароконденсационная холодильная машина;
- 6 – резервуар для молока (емкостной теплообменник);
- 7 – теплообменник приемника естественного холода (устанавливается на открытом воздухе).

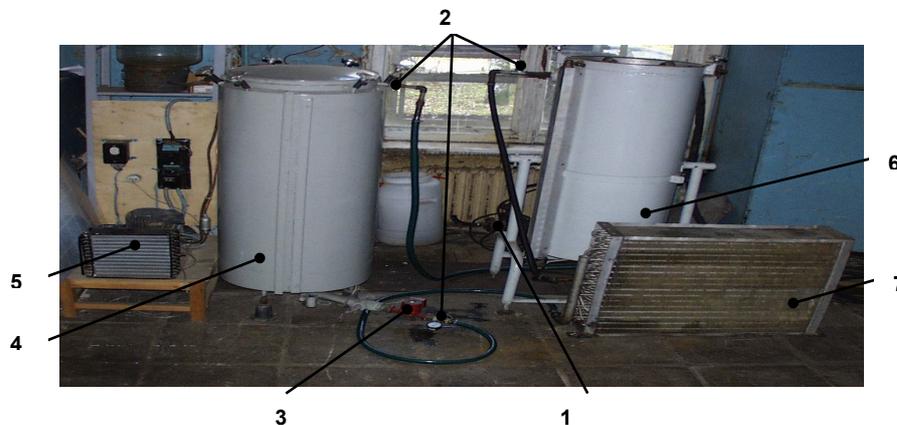


Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки

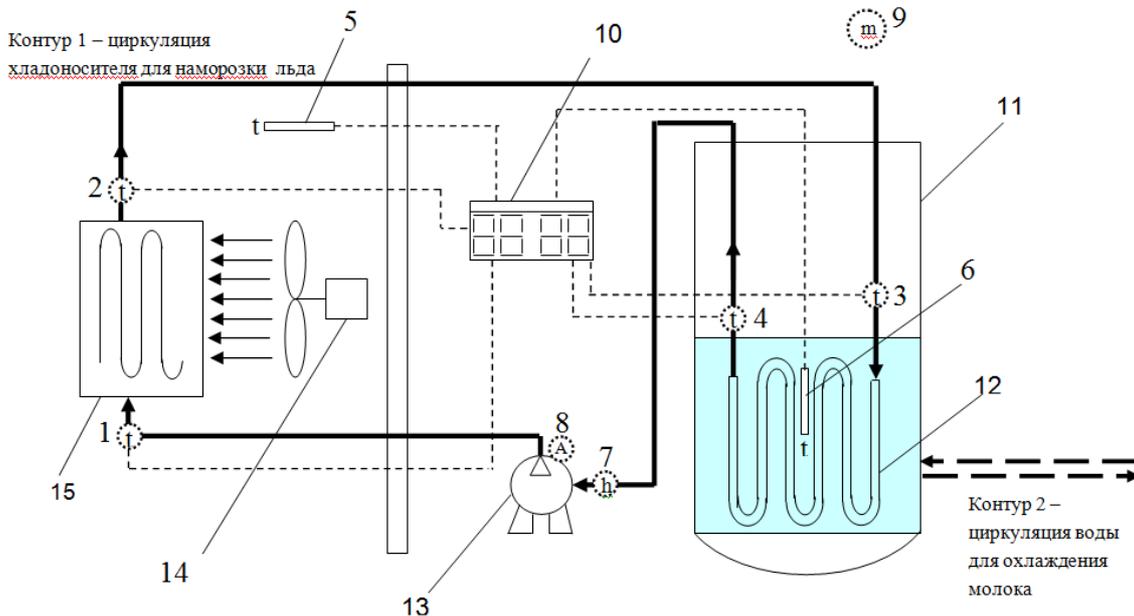


Рисунок 2 – Технологическая схема экспериментальной установки в режиме наморозки льда с использованием природного холода

Датчики:

1, 2 – температура хладоносителя на входе в наружный теплообменник и на выходе соответственно;

3, 4 – температура хладоносителя на входе в льдоаккумулятор и на выходе соответственно;

5 – температура наружного воздуха;

6 – температура воды в льдоаккумуляторе;

7 – расходомер;

8 – ваттметр;

9 – весы.

Оборудование:

10 – электронный термометр с системой реле вторичной коммутации и преобразователями сигналов с датчиков температуры 1–6;

11 – резервуар с водой;

12 – внутренний теплообменник;

13 – насос;

14 – вентилятор принудительного охлаждения наружного теплообменника;

15 – наружный теплообменник.

Установка включает наружный теплообменник, установленный на открытом воздухе, при необходимости обдуваемый принудительно для лучшего теплообмена с окружающим воздухом, датчики 1 и 2 для измерения температуры хладоносителя на входе и выходе наружного теплообменника. После наружного теплообменника хладоноситель по

контур «1» поступает в теплоизолированный льдоаккумулятор, где через стенки испарителя происходит теплообмен между остывшим экосолом и более теплой средой – водой. Температура на данном этапе контролируется датчиками 3 и 4 (температура хладоносителя на входе и выходе из погруженного в воду теплообменника). Далее хладоноситель поступает в насос. На данном этапе происходит измерение расхода хладоносителя в контуре и мощности на валу двигателя насоса, которая изменяется с изменением вязкости экосола; вязкость, в свою очередь, зависит от температуры хладоносителя. После чего цикл повторяется. Кроме того, во время эксперимента происходит замер температуры наружного воздуха, температуры воды в льдоаккумуляторе в нескольких точках. Влажность наружного воздуха определялась по данным гидрометцентра Москвы в день измерений. Масса замороженного льда измерялась взвешиванием испарителя, т. к. на пластинах последнего происходит образование льда.

Охлаждение воды и наморозка льда преимущественно происходит с использованием природного холода. Применение стороннего источника холода имеет место лишь при температуре наружного воздуха выше нуля или при недостатке холода для своевременного охлаждения воды и последующей наморозки льда. Также наморозка льда с использованием стороннего источника может

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНОГО ХОЛОДА И ВОДОЛЕДЯНОГО АККУМУЛЯТОРА

происходить в периоды времени, когда действует льготный тариф на электроэнергию.

Основным элементом установки является льдоаккумулятор, который при различных режимах работы и производит теплообмен с другими элементами установки, что более наглядно показано на рисунке 3.

Проведённые на сегодня эксперименты позволяют получить общую картину процесса охлаждения воды и наморозки льда при использовании природного холода. На рисунке 4 приведён график, построенный по

результатам одного из экспериментов, на котором изображён процесс изменения температуры воды в льдоаккумуляторе в процессе наморозки льда без использования искусственного холода, исключительно при помощи наружного естественного холодного воздуха (температура наружного воздуха при проведении эксперимента составляла примерно $-10-12\text{ }^{\circ}\text{C}$). В конце эксперимента масса льда в аккумуляторе составляла примерно 6 кг.

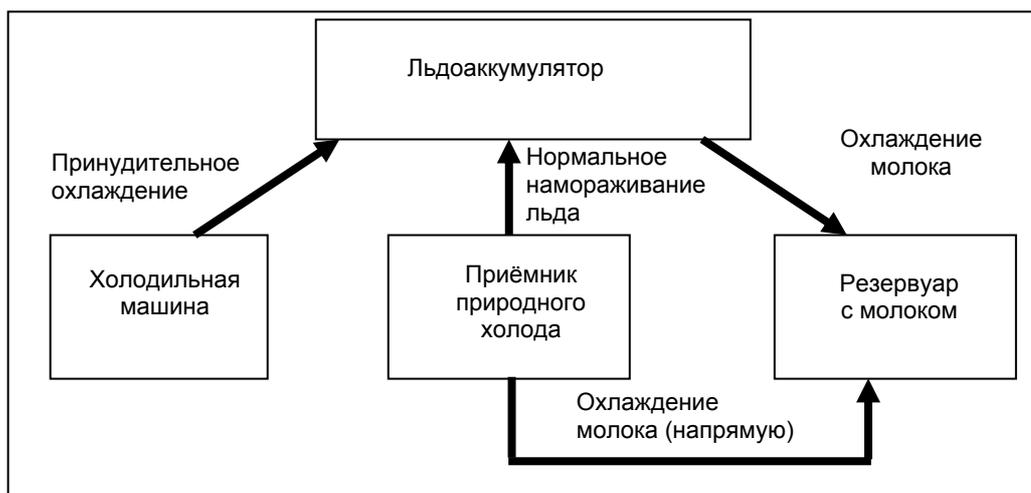


Рисунок 3 – Блок-схема исследуемой системы с возможными направлениями низкопотенциальной энергии

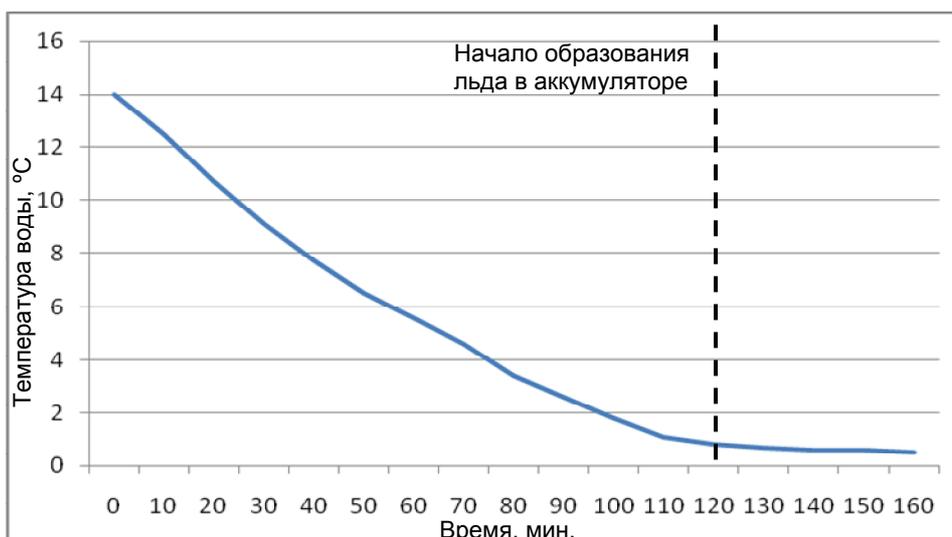


Рисунок 4 – Изменение температуры воды в водолеяном аккумуляторе при использовании естественного холода

МУЛЬТАН А.А.

Из графика видно, что интенсивное образование льда при заданных условиях эксперимента началось через 2 часа после запуска установки. При необходимости крутизна характеристики может быть увеличена (например, при недостатке холода снаружи) путём включения фреоновой холодильной машины с погружённым в воду испарителем. Необходимость включения холодильной машины будет определяться автоматизированной системой управления, исходя из показаний датчиков и также текущего алгоритма работы, определяемого программой.

Образование льда на погружённом теплообменнике снизило теплообмен с водой в аккумуляторе, вследствие чего, как видно на графике, во время процесса льдообразования, средняя температура воды в аккумуляторе стабилизировалась на уровне примерно 0,5 °С.

Кроме основных параметров, приведённых выше, в ходе экспериментов регистрировались для последующего анализа ряд других параметров, изменяющихся с течением времени и влияющих на общую эффективность установки.

Наличие аккумулятора холода комбинированного действия даёт возможность эффективно использовать АКХМ в ночное время суток в течение всего года.

Таким образом, повышение эффективности холодильных установок осуществляется за счёт сокращения капитальных и эксплуатационных затрат при снижении установленной мощности АКХМ; сокращения затрат на электроэнергию при использовании

выгодного ночного тарифа; экономии энергии при использовании природного холода; экономии энергии на привод холодильной машины при её эксплуатации в ночное время суток.

Применение нового энергосберегающего оборудования позволит снизить затраты на электроэнергию (30...40 %) за счёт использования природного холода наружного воздуха и льготного ночного тарифа, снижения стоимости и установленной мощности холодильных машин.

Энергосберегающая система охлаждения может работать на технологических линиях обработки молока, как с проточными, так и с емкостными теплообменниками, обеспечивая сокращение капитальных и эксплуатационных затрат.

Ключевые слова: природный холод, эко-сол, низкотемпературные хладоносители, водолеяная аккумулятор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учеваткин, А.И. Автоматизированные энергосберегающие технологии и система электрооборудования линий первичной обработки молока на фермах. Автореф.дисс. ... докт.техн. наук / А.И. Учеваткин. – М.: ВИЭСХ, 1998.
2. Патент РФ № 2314681. Энергосберегающая установка для охлаждения молока на фермах с использованием природного холода / Ф.Г. Марьяхин, Б.П. Коршунов, А.Б. Коршунов, Ю.Б. Прже-тишевский, Ю.В.Челницев. – БИ № 36. – 2008.

Мультан А.А., аспирант, ГНУ ВИЭСХ, E-mail: multans@mail.ru, E-mail: multans@yandex.ru