

МЕХАΝІЗАЦЫЯ І ЭНЕРГЕТЫКА

УДК 637.1.023

О. В. ДЫМАР

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА ПО ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Институт мясо-молочной промышленности

(Поступила в редакцию 16.10.2008)

Основы качества молочных продуктов закладываются уже при его производстве на ферме. Вместе с тем из-за специфики производства молоко неизбежно получает некоторую бактериальную обсемененность, а особенности состава делают его благоприятной средой для их роста. В одном миллилитре свежесвыдоенного молока может содержаться от нескольких тысяч (в случае если животные здоровы и соблюдены санитарно-гигиенические требования) до нескольких миллионов бактерий (если животные больны, а стандарты гигиены и дезинфекции нарушены). Таким образом, качество исходного продукта обеспечивается физическим состоянием животных, соблюдением правил дойки, своевременной и качественной мойкой и дезинфекцией доильного оборудования.

Состояние здоровья коров, наряду с бактериальной обсемененностью, определяет и количество соматических клеток. На эти показатели инженерная служба может влиять опосредованно, реализуя мероприятия, направленные на снижение травматизма животных, осуществляя правильный подбор сосковой резины и обеспечивая правильные режимы дойки. В остальном этот вопрос следует рассматривать отдельно как ветеринарный.

Обеспечение качества мойки является первостепенной задачей инженерной службы. Особое внимание следует уделять правильному подбору циркуляционного насоса; строгому соблюдению режимов мойки, особенно температурного; подбору оптимального моющего средства; сокращению стыков и оптимизации молокопроводов с позиции минимизации застойных и непромываемых зон, в которых развиваются бактерии в период после мойки до дойки. Для ферм, на которых нет возможности провести эти мероприятия, можно рекомендовать короткое ополаскивание чистой водой непосредственно перед дойкой для смыва остатков воды с развившейся в ней микрофлорой.

Но все усилия по получению качественного молока могут быть сведены на нет плохим охлаждением молока. В Республике Беларусь на текущий момент охлаждение парного молока, как правило, проводится в термоизолированных ваннах для охлаждения и хранения, оборудованных водяной рубашкой и системой непосредственного испарения. Эффективность охлаждения этих систем невысокая. Так, даже по паспортным данным, для резервуара продолжительность охлаждения молока от начальной температуры 32 °С до конечной 4 ± 1 °С при 50%-ном заполнении составляет 3 ч. Ненадлежащая работа компрессора, изношенная теплоизоляция значительно увеличивают это время, а конечная температура часто не достигает требуемой величины. Но даже в идеальных условиях, когда молоко охлаждается нормально работающим аппаратом, при продолжительном охлаждении практически исчерпывается время бактерицидной фазы (таблица), вследствие чего молоко на ферме можно хранить не более 12–18 ч [1]. Таким образом, в существующих условиях молоко на переработку необходимо направлять каждый день, а порой и чаще (после каждой дойки), что существенно увеличивает расходы на транспортировку молока. С другой стороны, современные системы охлаждения молока способны обеспечить качественное охлаждение

и хранение молока на ферме до 36 ч. Однако имеющийся автотранспорт часто не в состоянии перевезти весь объем молока за один рейс, что не позволяет эффективно использовать больше-объемные системы охлаждения молока и организацию забора молока по схеме раз в два дня. Таким образом, вопросы, связанные с организацией хранения молока и его доставки на переработку, надо рассматривать совместно.

Зависимость продолжительности бактерицидной фазы молока от его температуры

Температура хранения молока, °С	0	5	10	15	20	25	30	37
Продолжительность бактерицидной фазы, ч	48–72	36–48	24–36	10–20	7–10	5–8	3–5	2–3

Для производства качественного молока необходимо затратить много усилий и учесть большое количество факторов, а единственным в настоящий момент способом сохранения качества молока на молочно-товарной ферме является его быстрое охлаждение до температуры ниже 4 °С. Замедление роста бактерий в молоке и продление бактерицидной фазы является первостепенной задачей молокоохладительного оборудования. Вместе с тем крайне важно понимать, что охлаждение – это только дополнительное средство, а не замена строгого соблюдения санитарно-гигиенических правил.

Нами рассмотрены основные схемы, применяемые при охлаждении молока.

Прямое охлаждение. Это система охлаждения молока получила самое широкое распространение в мире. Дно емкости интегрировано с испарителем таким образом, что теплота молока через его стенку напрямую передается хладагенту. Фреон испаряется, забирая теплоту от молока.

К основным достоинствам оборудования этого типа относятся простота и, следовательно, дешевизна. Однако, ввиду того, что резервуары прямого охлаждения не имеют аккумулятора холода, для обеспечения работы холодильного оборудования необходима постоянная работа мощного компрессора, причем его работа будет осуществляться совместно с работой доильной установки, что предъявляет серьезные требования к системе электропитания фермы как по подводимой мощности, так и по надежности, а использование ночных тарифов на электроэнергию в данном случае невозможна. При работе данного оборудования случается намораживание молока на стенки танка, либо первые порции молока до 200 л не охлаждаются. Кроме того, порции молока от разных доек с разной температурой смешиваются, что приводит к значительным колебаниям температуры хранящегося продукта и резко снижает скорость охлаждения второго и последующих удоев. Это негативно сказывается на качестве продукта. Работа компрессора при охлаждении молока протекает в тяжелых условиях с перегрузкой и большим количеством циклов запуска двигателя. Удельный расход электроэнергии на охлаждение составляет 16–20 кВт·ч/т.

Охлаждение с помощью холодоаккумулятора (косвенное охлаждение). В системах этого типа испаритель помещен в емкость с хладоносителем – водой, аккумуляция холода осуществляется путем намораживания льда. Испаритель представляет собой систему трубок, в которых испаряется фреон. Важнейшим преимуществом системы охлаждения молока с использованием холодоаккумулятора является то, что она позволяет существенно снизить необходимую мощность компрессора и разделить по времени работу компрессора и доильной установки. Это весьма важно для снижения требований к линиям электропитания. Системы этого типа особенно эффективны при использовании ночных тарифов, которые позволяют с лихвой компенсировать несколько более высокие удельные затраты на охлаждение молока, характерные для косвенного охлаждения. Кроме того, работа компрессора протекает в значительно более мягком режиме, практически исключается повышение давления фреона при охлаждении первых порций молока, количество включений двигателя тоже значительно меньше. Для этой системы нормальным временем охлаждения молока до 4 °С является 2,5–3,0 ч.

Из двух возможных вариантов реализации косвенного охлаждения – намораживание льда в аккумуляторе и поточное охлаждение воды (чиллер) – на практике используют первый. Чиллеры не дают существенных преимуществ по сравнению с системами прямого охлаждения, а их стоимость и сложность высоки. Удельный расход электроэнергии на охлаждение составляет 17–21 кВт·ч/т.

Установки с системой предварительного охлаждения. Молоко через фильтр подается на проточный охладитель [2]. В охладителе молоко охлаждается артезианской водой [3–5]. Глубина охлаждения продукта определяется собственно температурой охлаждающей воды и эффективностью охладителя. Нормальным считается охлаждение молока до температуры на 2–4 °С выше температуры хладоносителя. Доохлаждение продукта производится в емкости для хранения. Подогретая вода резервируется в емкостях 10–30 м³, а затем направляется на выпойку скоту. В холодное время года это положительно сказывается на надоях, так как более теплая вода требует меньшего расхода энергии поедаемых кормов на ее нагрев до температуры тела животного.

Предварительное охлаждение с помощью холодной водопроводной воды снижает общие и эксплуатационные затраты предприятия за счет снижения потребностей в холоде, вырабатываемом холодильной машиной. Кроме этого, значительно сокращается время охлаждения молока. В емкость молоко поступает уже с температурой 12–18 °С. Особенно важно, что в области критических температур, выше 15 °С, молоко находится считанные минуты. Доохлаждение продолжается 1,0–1,5 ч. Это позволяет гарантированно сохранить качество выдоенного молока.

Дооборудование уже работающих молокоохладительных установок первых двух типов системой предварительного охлаждения более чем в два раза сокращает затраты энергии на проведение процесса. Установка может быть оборудована менее мощным компрессором. Другими словами, 4-удойные установки автоматически переводятся в разряд 2-удойных. Удельный расход электроэнергии на охлаждение составляет 8–12 кВт·ч/т.

Отечественные установки фирмы «Промтехника» типа МТКО DIAN оснащаются предохладителями, представляющими собой трубу определенной длины, орошаемую ледяной водой из резервуара. Невысокая тепловая эффективность подобной системы компенсируется технологичностью и низкой ценой конструкции. Такая система не дает преимуществ в энергосбережении, но значительно ускоряет процесс охлаждения молока, обеспечивая лучшее сохранение его качества.

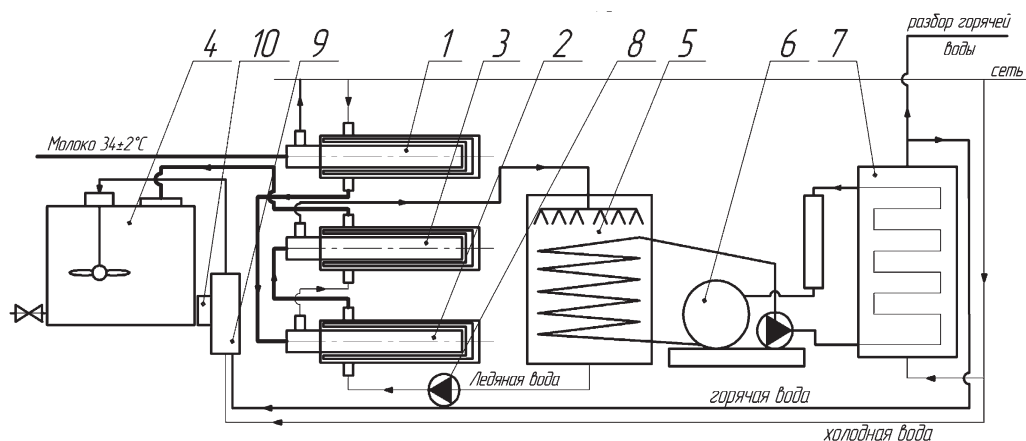
Быстрое (мгновенное) охлаждение. В случае использования для охлаждения молока проточных теплообменников при помощи ледяной воды возможно снижение температуры продукта сразу до температуры хранения 4 °С. Охлаждение продукта осуществляется за несколько десятков секунд. Исходное качество продукта сохраняется полностью. Эта система позволяет отказаться от системы охлаждения емкостей. Для хранения используются стационарные термостатированные емкости или полуприцепы, используемые также и для транспортировки молока на переработку. В последнем случае санитарная обработка проводится после доставки молока на перерабатывающее предприятие на центральном моечном пункте.

Комбинированное охлаждение. Комбинированное охлаждение относится к схеме поточного охлаждения. В этом случае первичное охлаждение продукта осуществляется по схеме с предварительным охлаждением проточной водой, а его доохлаждение проводится по схеме мгновенного охлаждения [6], при этом эффективно сочетаются преимущества обеих схем: экономичность первой и максимальная сохранность качества свежесвыдоенного молока второй. Особенно эффективно использование этой схемы в нашей республике. Это связано с тем, что среднегодовая температура у нас значительно ниже, чем в среднем по Европе, а, как известно, она определяет температуру артезианских вод. Таким образом, энергосберегающий эффект от предварительного охлаждения будет существенно выше. Удельный расход электроэнергии на охлаждение составит 4–12 кВт·ч/т.

Проведем расчеты для обоснования этих данных. В качестве исходных данных примем температуру артезианской воды 12 °С (зимой до 4 °С). Теплообменник обеспечивает охлаждение до температуры артезианской воды +4°. Таким образом, молоко после первой ступени будет иметь температуру не более 16 °С. Потребную хладопроизводительность на доохлаждение молока считаем как

$$1000 \cdot 4000 \cdot (16 - 4) = 49,4 \text{ МДж, или } 13,3 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

При коэффициенте преобразования электроэнергии в холод на холодильной машине 2,0–3,5 затраты на обеспечение холодом составят порядка 6,5–4,5 кВт·ч электроэнергии. Дополнительные затраты обуславливаются работой насосов, мешалок, вентилятора конденсатора, работой систе-



Технологическая схема работы комплекса оборудования для охлаждения молока Я23-ОХА: 1 – теплообменник первой ступени охлаждения; 2 – первый теплообменник второй ступени охлаждения; 3 – второй теплообменник второй ступени охлаждения; 4 – танк молочный; 5 – генератор ледяной воды; 6 – компрессорно-конденсаторный агрегат; 7 – емкость аккумуляционная; 8 – насос ледяной воды; 9 – пульт танка молочного; 10 – мерный стакан для моющего средства

мы мойки. Наличие системы рекуперации тепла конденсирующихся паров фреона сводит эти затраты к минимуму.

До настоящего времени подобные системы в республике не выпускались, но завершившаяся в рамках выполнения основного задания ГНТП «Агропромкомплекс – возрождение и развитие села» разработка комплекса оборудования для охлаждения молока Я23-ОХА (рисунок) позволила заполнить этот пробел.

Для разработки принята схема двухступенчатого комбинированного охлаждения молока в потоке. По этой схеме охлаждение молока проводится в два этапа. На первом этапе продукт охлаждается проточной водой до 15–19 °С за 15–30 с. На втором этапе в качестве хладоносителя выступит ледяная вода с температурой 0,5±0,5 °С. Общее время охлаждения продукта до 4 °С составит не более 120 с. Бактерицидные свойства молока сохраняются полностью, что позволяет хранить молоко на ферме до 36 ч до его перевозки на дальнейшую переработку. Во время работы комплекс обеспечивает нагрев воды для санитарно-бытовых целей, а также автоматическую промывку молочной емкости после выгрузки молока. Установленная мощность составляет 12,5 кВт, из которых 6 кВт приходится на устройство догрева моющей жидкости. Эта опция необходима при отсутствии подвода горячей воды или системы рекуперации тепла паров конденсирующегося фреона.

Область применения комплекса – молочно-товарные фермы, производящие до 5000 л/сут с доением в молокопровод. Установка может комплектоваться танком горизонтального или вертикального исполнения емкостью от 5 до 10 м³. В случае необходимости комплексом может быть обеспечено охлаждение большего количества молока. Для этого необходимо увеличить объем намораживаемого льда и установить большие циркуляционные насосы.

Исследования показали, что основными преимуществами принятой системы охлаждения молока являются:

- исключение термошока и смешивание теплого молока с охлажденным, характерное для всех емкостных охладителей;

- исключение необходимости в системе охлаждения емкости, что ведет к ее значительному удешевлению;

- возможность работать на две и более изотермические емкости запитываясь холодом от одного генератора ледяной воды;

- снижение требуемой мощности компрессора в 3–6 раза (его установленная мощность до 4 кВт), комплектация комплекса системой рекуперации тепла, позволяющей отказаться от дополнительного подогрева воды для санитарной обработки и хозяйственно-бытовых нужд;

в случае аварийного отказа холодильной системы для сохранения удовлетворительного качества молока в течение 6–12 ч достаточно охладителей первой ступени, работающих на проточной холодной воде;

снижение расходов на электроэнергию по сравнению с традиционными емкостными охладителями для фермы, производящей 2,5 т молока в сутки, составляет до 2,6 млн руб. в год. Еще больше снизить затраты на электроэнергию можно, организовав наработку льда в ночное время по сниженному тарифу;

изотермическая емкость для хранения молока может располагаться на улице, что снижает требования к объему помещения и его вентиляции;

возможность модернизации имеющегося молокоохладительного оборудования простым доукомплектованием по одно- или двухступенчатой схеме. Индивидуальный подход к комплектации каждой фермы в зависимости от уже имеющегося в хозяйствах оборудования, унификация оборудования по производительности, гибкость производства.

Таким образом, инженерная служба предприятия может и должна обеспечивать две из трех основных составляющих качественного производства молока: мойку и охлаждение. В целом незначительные первоначальные вложения могут обеспечить повышение качества сдаваемого молока на одну ступень и окупаемость этих мероприятий от недели до нескольких месяцев, а эффект от них растягивается на годы.

Литература

1. Твердохлеб, Г. В. Технология молока и молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб, В. Н. Алексеев, Ф. С. Соколов. – Киев: Вища школа, 1978. – 408 с.
2. Басенок, Г. С. Обеспечение стабильного качества очистки молока от механических примесей на молочно-товарных фермах / Г. С. Басенок, Н. Н. Москвина // Пищевая промышленность. – 2006. – № 4. – С. 54.
3. Ковалев, В. Я. Повышение эффективности первичной переработки молока / В. Я. Ковалев, В. С. Трофимов, О. В. Дымар // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 1997. – С. 89–90.
4. Улитенко, А. И. Влияние технологии первичной обработки на бактерицидные свойства молока / А. И. Улитенко, Э. И. Соколовский, В. А. Пушкин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2003. – № 12. – С. 83–86.
5. Улитенко, А. И. Проточный охладитель производительностью 750 л/ч парного молока / А. И. Улитенко, В. А. Пушкин // Молочная промышленность. – 2005. – № 10. – С. 46.
6. Дымар, О. В. Энергосберегающая технология охлаждения молока на ферме / О. В. Дымар, В. С. Трофимов // Агрэкономика. – 2003. – № 10. – С. 20–21.

O. V. DYMAR

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SYSTEMS OF MILK REFRIGERATING REGARDING THEIR EFFECTIRENESS

Summary

It is shown that the basic source of increase of a gain of a dairy-commodity farm for the present moment is the improvement of milk quality. The analysis of the basic problems of organization of processes of milking and sanitary processing of the milking equipment is given. Results on the analyzed existing schemes of refrigerating of milk on farms are presented. Advantages and disadvantages of systems of capacitor refrigerating are shown. Possible schemes of refrigerating of milk in a stream are described. The basic technical characteristics of the developed equipment are presented and the advantages of its use are described. The economic substantiation of expediency of use of the scheme of preliminary refrigerating is given when the existing equipment is updated for the purpose of decreasing a running cost and improving of the milk quality.