

дачей в ферментатор с анализом существующих технологий и оборудования.

*Ключевые слова:* биогаз, органическое сырье, ферментатор, биомасса, метан, измельчение, биогазовые установки.

УДК 637.133.1

## СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

А. С. СИМЧЕНКОВ, ассистент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Процесс срочного охлаждения свежесцеженного молока позволяет сохранить все качества продукта, подавляя развитие в нем микрофлоры. Чтобы за короткое время снизить температуру молока с +36 до +4–6 °С и грамотно организовать его хранение до переработки, используют танки-охладители.

Несмотря на то, что свежесцеженное молоко имеет естественную устойчивость к бактериям, только немедленное охлаждение молока до температуры 4–6 °С может остановить рост бактерий [3]. Технологически правильное охлаждение молока – единственный путь к сохранению наилучшего качества молока и получению наибольшей прибыли.

**Основная часть.** Молоко является отличной средой для развития молочнокислых и маслянокислых бактерий. Бактерии в молоко попадают из вымени животного, из воздуха, с рук человека, из посуды и т. д. Оптимальная температура для роста и развития бактерий 25–40 °С и рН среда 6,8–7,4.

Молочнокислые бактерии, которые вызывают сквашивание молока, приостанавливают свой рост при температуре примерно 10 °С, а при температуре 2–4 °С их развитие полностью прекращается. Заморозка также помогает приостановить развитие бактерий в молоке, но в дальнейшем, при размораживании, многие бактерии возобновляют свою активность.

Охладитель молока – аппарат для понижения температуры молока в целях подавления развития в нём микрофлоры. При этом между молоком и охлаждающей жидкостью происходит теплообмен через стенки труб или листы. Чем меньше загрязнено молоко, быстрее охлаждено и ниже температура его охлаждения, тем дольше сохраняются его

свойства. В зависимости от продолжительности хранения молоко охлаждают до определенной температуры.

Теоретическому и экспериментальному исследованию процесса охлаждения молока посвящены работы М. В. Колончука, В. П. Миклуша, В. Г. Самосюка, В. М. Русских, В. С. Бабакина, В. Н. Кулагина, В. А. Выгодина и других ученых.

Авторами статьи была произведена классификация и анализ существующих систем охлаждения молока с выявлением достоинств и недостатков в эксплуатации. На изготовленной установке были произведены опыты с охлаждением. На основе полученных данных построены и проанализированы графические зависимости.

Для охлаждения молока в хозяйствах используют различные системы и способы, которые отличаются применяемыми хладагентами и хладоносителями (аммиак, фреоны, ледяная вода, рассол), способами охлаждения (в емкостях, потоке, с аккумуляцией холода), конструкцией компрессоров, их производительностью.

Почти все способы основаны на том, что молоко отдает тепло охлаждающей жидкости через разделяющую их стенку [6].

Выделяют объемное охлаждение, охлаждение в потоке и комбинированные системы.

#### *1. Охлаждение жидкости на проток.*

Предполагает использование пластинчатых или кожухотрубных теплообменников в качестве испарителей холодильной машины. Минимальная температура воды на выходе 3–4 °С. Используется для охлаждения жидкостей не более чем на 7 К.

Характеризуется простотой, низкой стоимостью, но ограничена в применении – только для систем с постоянным расходом и постоянной или изменяющейся плавно тепловой нагрузкой.

Преимущества: простота, надежность, легкость в обслуживании; охлаждение любой жидкости с любыми конечными температурами; дешевизна.

Недостатки: неустойчивость работы при резкопеременных нагрузках.

#### *2. Охлаждение жидкости с накопительной емкостью.*

Используется для постепенного охлаждения жидкости (охлаждения молока) за счет многократной циркуляции или накопления охлажденного хладоносителя в накопительной емкости. Предполагает возможность нескольких потребителей холода с непостоянным расходом жидкости и переменными тепловыми нагрузками. Может быть исполь-

зована при наличии кратковременных пиковых нагрузках. Позволяет снабжать холодной жидкостью потребителей с большим перепадом температуры. Используются, как правило, пластинчатые или кожухотрубные теплообменные аппараты. Температура воды в емкости не ниже +4 °С. Для стабилизации режима работы водоохлаждающей машины и температуры хладоносителя в накопительной емкости могут быть установлены дополнительные перегородки.

Преимущества: простота, надежность, легкость в обслуживании, дешевизна, охлаждение любых жидкостей с любыми конечными температурами, возможность снабжением холодом потребителей с разными расходами охлаждающей жидкости, простота регулировки, устойчивая работа при любых режимах нагрузки.

Недостатки: необходима теплоизолированная емкость, требуется дополнительный насос хладоносителя.

### *3. Охлаждение жидкости с промежуточным хладоносителем.*

Охлаждение жидкости при перепаде температур ( $T_n - T_k$ ) более 10 °С производится с применением промежуточного хладоносителя и дополнительного теплообменника. Позволяет поддерживать температуру охлажденной жидкости с большой степенью точности и охладить жидкости на 50 °С и более за один проход через теплообменный аппарат. При небольшой модификации схемы можно получать воду с температурой на выходе до +1 °С. Также используется для охлаждения жидкостей с высокой начальной температурой. Часто применяется в случае разветвленной сети подачи хладоносителя и удаленности объекта охлаждения от холодильной машины.

Преимущества: возможность охлаждения жидкостей в широком диапазоне температур, отсутствует риск разморозки испарителя, снижен риск разморозки промежуточного теплообменника, возможность поддержания температуры охлаждаемой жидкости с высокой точностью, возможность установки холодильной машины на большом расстоянии от потребителя холода.

Недостатки: сложность регулировки системы, требуется дополнительный насос, требуется теплообменник промежуточного контура, высокие требования к герметичности системы промежуточного хладоносителя.

### *4. Охлаждения с возможностью получения ледяной воды и накопления льда.*

Этот способ применяется для получения ледяной воды и накопления запаса льда (при явно выраженных кратковременных пиках тепло-

вых нагрузок потребителя). Ледяную воду получают с помощью пленочных или погружных испарителей. В первом случае панели испарителя, в которых кипит хладагент, орошаются водой, стекающей из распределителя в виде пленки. Образовавшаяся ледяная вода с температурой 0,5–1 °С подается потребителю. Во втором случае испаритель погружен в воду и обеспечивает ее охлаждение, интенсивность которого усиливают с помощью мешалки или барботажа воздуха.

Преимущества: возможность снижения холодопроизводительности установки за счет накопления запаса ледяной воды или льда, работа при пиковых нагрузках.

Недостатки: высокая стоимость, большие габаритные размеры.

Резервуары-охладители используют для глубокого охлаждения молока (до 4–6 °С), его временного хранения в охлажденном виде. Внутренняя емкость резервуара имеет рубашку охлаждения, обеспечивающую циркуляцию охлаждающей жидкости между стенками резервуара. Теплоизоляционный слой препятствует повышению температуры внутри емкости. Охлаждение в резервуарах-охладителях подразделяют на непосредственное и косвенное. При непосредственном охлаждении хладагент холодильной машины отнимает тепло непосредственно от молока, при косвенном охлаждении – от промежуточного хладоносителя.

Недостатки охлаждения молока с использованием резервуара-охладителя.

Охлаждение при помощи резервуаров-охладителей имеет ряд недостатков, которые решены в системе мгновенного охлаждения молока:

1. Резервуары-охладители требуют наполнения резервуара-охладителя хотя бы на 10 %, а система мгновенного охлаждения позволяет охлаждать молоко в потоке.

2. Время охлаждения в резервуаре-охладителе до 4 градусов составляет около 2,5 ч, за это время в молоке увеличивается количество бактерий, следовательно повышается вероятность некондиционного молока (кисляка), а ведь это потерянные деньги. С системой мгновенного охлаждения эта проблема решена, так как охлаждение происходит немедленно.

3. Еще один недостаток резервуаров-охладителей – смешивание молока, поступающего в охладитель от второй и последующих доек. В резервуаре происходит изменение жирового и белкового состава молока.

Система «мгновенного» охлаждения молока предназначена для быстрого охлаждения молока перед его подачей в резервуар-охладитель. В состав системы, кроме танка-охладителя молока, как правило, входит мощный ледогенератор со своим холодильным агрегатом, трубчатый (или пластинчатый) теплообменник, насос для подачи воды, термостат и аппаратура управления. Молоко, проходя через теплообменник охлаждается до 8–10 °С, а затем поступает в резервуар-охладитель для дальнейшего охлаждения (до 3–4 °С) и хранения. При правильно выбранном ледогенераторе данная система охлаждает молоко с 32 °С до 4 °С за 30–40 минут.

Достоинства системы мгновенного охлаждения молока.

Благодаря принципиально другому подходу к охлаждению система мгновенного охлаждения накапливает холод в перерывах между дойками или приемками. Для накопления холода используется аккумулялированный лед. Благодаря этому молоко охлаждается в потоке по мере поступления. При этом исключается подмораживание молока. Система экономична, как в плане энергопотребления, так и в потреблении воды. Вода находится в замкнутом контуре и используется повторно.

Предварительное охлаждение молока искусственным холодом.

Эта система мгновенного охлаждения молока позволяет нам повысить качество молока. Она проста по конструкции и не требует больших затрат на обслуживание. На кафедре механизации животноводства и электрификации сельскохозяйственного производства создана опытная установка этого типа, предназначенная для охлаждения молока, получаемого в пастбищный период.

**Заключение.** На основании приведенных результатов опыта, можно сделать вывод, что с увеличением времени прохода жидкостей через теплообменник снижается расход хладоносителя на охлаждение единицы объема молока, но снижается и интенсивность (средняя скорость) охлаждения.

Следовательно, 1-й способ охлаждения предпочтительнее, так как циркуляция хладоносителя упрощает постоянное поддержание его низкой температуры, также степень охлаждения у этого способа выше из-за меньшего теплообмена хладоносителя с окружающей средой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Механизация животноводства / В. К. Гриб [и др.]. – Минск: Ураджай, 1997.
2. Практикум по механизации животноводства / Ю. Т. Вагин [и др.]. – Москва: Урожай, 2000. – 477 с.
3. Колончук, М. В. Доильное и холодильное оборудование: особенности кон-

струкций и технический сервис: пособие / М. В. Колончук, В. П. Миклуш, В. Г. Само-сюк. – Минск: УМЦ Минсельхозпрода, 2006. – 242 с.

4. Ulrich, D. Kühe Halten / D. Ulrich. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer GmbH, 2005.

5. Ведищев, С. М. Технологии и механизация первичной обработки и переработки молока: учеб. пособие / С. М. Ведищев, А. В. Милованов. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2005. – 152 с.

6. Русских, В. М. Способы охлаждения сырого молока / В. М. Русских // Переработка молока. – 2010. – № 7.

*Аннотация.* Выявлены и проанализированы способы охлаждения молока и технические средства, применяемые при этом процессе. Выбран наиболее перспективный способ, обеспечивающий технологически правильное охлаждение молока, ведущий к сохранению наилучшего качества молока и получению наибольшей прибыли.

*Ключевые слова:* молоко, охлаждение, бактерии, теплообменник, жидкость, хладоноситель.

УДК 621.92

## **ОСОБЕННОСТИ АНАЭРОБНОЙ ОБРАБОТКИ БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА И НАВОЗНЫХ СТОКОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ БИОГАЗА**

В. А. ШАРШУНОВ, чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор  
УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий»,  
Могилев, Республика Беларусь

**Введение.** Академик С. И. Назаров считается в странах СНГ одним из основателей направления разработки комплекса машин и оборудования для удаления, обработки и использования навоза и навозных стоков, как одного ценнейших видов удобрений для повышения плодородия почв Беларуси. Автор статьи, ученик С. И. Назарова, участвующий в обсуждениях с ним проблем этого направления при подготовке к изданию учебного пособия «Механизация обработки и внесения органических удобрений» (Минск: Ураджай, 1993), хорошо помнит его уверенность о том, что органические удобрения станут использоваться и для получения биогаза. Именно в БСХА на одном из заседаний совета по защите диссертаций под председательством С. И. Назарова состоялось заслушивание кандидатской диссертации по исследованию одной из первых биогазовых установок в СССР.

Прошло с тех пор более 30 лет и сегодня можно отметить, что глу-