

ство и сортность молока многократно возрастет; понизятся энергозатраты и амортизационный износ компрессоров танка охладителя; появляется возможность увеличить количество заготавливаемого сырья, так как система позволяет охлаждать большое его количество в меньшие сроки. Также применение предохладителя обеспечивает ферму теплой водой, что актуально в холодное время года. Все усовершенствование является не дешевым, однако приносит большую выгоду и быстро окупается, что необходимо для разных по категориям финансового обеспечения молочных хозяйств.

### **Список использованных источников**

1. Сапожников, Ф. Д. Охлаждение молока и техническое обслуживание установок / Ф. Д. Сапожников, В. М. Ковальчук, Ф. И. Назаров. – Минск: БГАТУ, 2016 – С. 4–8.
2. Антипов, А. В. Пути повышения энергоэффективности чиллеров / А. В. Антипов // Мясные технологии. – Минск, 2012 – С. 45–49.

УДК 633.521

### **Анализ системы охлаждения молока**

**Погадаев В. А., студент,**

**Ганусевич К. А., студент**

*Белорусский национальный технический университет,*

*Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

Аннотация:

В данной статье авторы проводят анализ существующих систем предохлаждения молока в потоке, приводятся их достоинства и недостатки.

Охладитель молока – аппарат для охлаждения молока с 38 °С до 2–4 °С в целях подавления развития в нем микрофлоры. Данные аппараты охлаждения устанавливаются непосредственно перед танком охладителем в который молоко поступает при температуре 4 °С. До

отправки молока на перерабатывающий завод температура поддерживается на уровне 4 °С. Таким образом танки охлаждения молока работают на хранение, но не на охлаждение молока, тем самым обеспечивая экономический эффект за счет снижения потребления электроэнергии. Следует отметить, что количество бактерий, скорость и температура охлаждения оказывают значительное влияние на срок хранения молочной продукции и сохранность ее свойств. В связи с вышесказанным встает вопрос о выборе способа охлаждения молока.

Различают разные системы и способы для охлаждения молока на молочных фермах, их отличия заключаются в применяемых хладагентах и хладоносителях (фреоны, пропиленгликоль, аммиак, ледяная вода), способами охлаждения (в емкостях, в потоке, с аккумуляцией холода), комплектуемыми компрессорами и их производительностью.

Основной схемой охлаждения является теплопередача от молока к охлаждающей жидкости через разделяющую их стенку. Существует три способа охлаждения: объемное охлаждение, охлаждение в потоке и комбинированные системы. Рассмотрим наиболее часто используемые системы предохлаждения молока.

Охлаждение жидкости на проток (охлаждение в потоке) (рисунок 1).

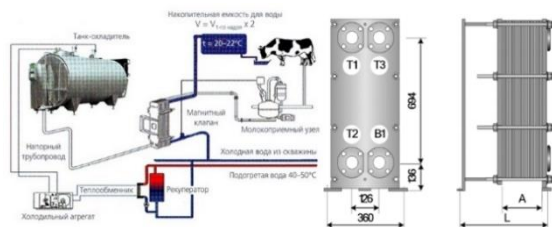


Рис. 1 – Схема охлаждения жидкости на проток

Данный метод предполагает использование пластинчатых или кожухотрубных теплообменников в качестве испарителей холодильной машины. Минимальная температура воды на выходе 3–4 °С.

Оборудование, которое используется при данном методе характеризуется простотой, надежностью, легкостью обслуживания, низкой стоимостью, но имеются ограничения в применении – только для систем с постоянным расходом и постоянной или изменяющейся плавно тепловой нагрузкой [5].

Охлаждение жидкости с накопительной емкостью (объемное охлаждение) (рисунок 2).

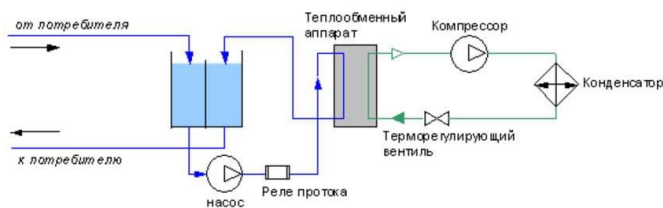


Рис. 2 – Схема охлаждения жидкости с накопительной емкостью

Используется для постепенного 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, что выгодно отличает от предыдущего способа охлаждения. Используются, как правило, пластинчатые или кожухотрубные теплообменные аппараты. Для стабилизации режима работы водоохлаждающей машины и температуры хладоносителя в накопительной емкости могут быть установлены дополнительные перегородки.

Следует отметить, что наряду с такими преимуществами данного способа охлаждения молока как: надежность и легкость в обслуживании устройства, устойчивая работа при любых температурных режимах с разным расходом охлаждающей жидкости, существуют два основных недостатка: должны быть предусмотрены теплоизолированная емкость и дополнительный насос для перекачки хладоносителя.

Охлаждение с возможностью получения ледяной воды и накопления льда (рисунок 3).

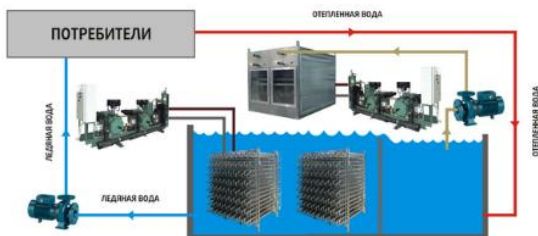


Рис. 3 – Охлаждение с возможностью получения ледяной воды и накопления льда

Этот способ применяется для получения ледяной воды и накопления запаса льда (при явно выраженных кратковременных пиках тепловых 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  $0,5-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  подается потребителю. Во втором случае испаритель погружен в воду и обеспечивает ее охлаждение, а интенсивность усиливают с помощью мешалки или барботаж воздуха [5].

Резервуары-охладители (рисунок 4).

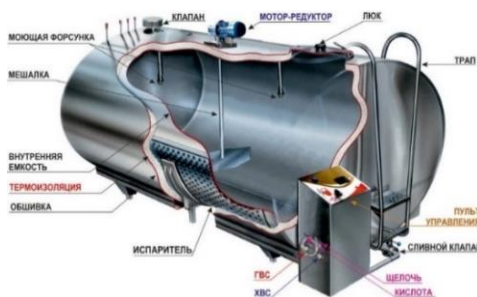


Рис. 4 – Резервуар-охладитель

Резервуары-охладители используют для глубокого охлаждения молока (до  $4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), и 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 [5].

Данный способ не нашел широкого применения на практике, так как мировые тенденции в развитии молочных ферм – это уход от большого количества поголовья при росте удоя за счет повышения качества корма и условий помещений, выделяемых под стойло коров, а оборудование, которое используется при данном методе охлаждения имеет значительные габаритные размеры и энергозатраты. В тоже время те фермы, где значительные стада коров (большое количество поголовья) данный способ будет приемлемым, так как оборудование стабильно работает при пиковых нагрузках [4].

Проведенный обзор существующих способов охлаждения молока позволяет сделать вывод, что в настоящее время наиболее оптимальным методом охлаждения на современных фермах будет система «Мгновенного» охлаждения, которая представляет собой чиллерную установку в паре с проточным предохладителем.

### **Список использованных источников**

1. Колончук, М. В. Доильное и холодильное оборудование: особенности конструкций и технический сервис / М. В. Колончук, В. П. Миклуш, В. Г. Самосюк. Минск: УМЦ Минсельхозпрода, 2006. 242 с.
2. Русских, В. М. Способы охлаждения сырого молока / В. М. Русских. Переработка молока. №7. 2010. С. 5–10.
3. Ковалевский, И. Повышение эффективности производства молока путем внедрения прогрессивных технологий / И. Ковалевский, И. Ковалевская // Аграрная экономика. 2006. №11. С. 36–38.
4. Антипов, А. В. Пути повышения энергоэффективности чиллеров // Мясные технологии. 2012 С. 45–49.

5. Добышев, А. С., Пузевич К. Л., Лукьянов Д. А., Горностаев Ю. О. Обзор и анализ систем охлаждения молока / А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» ЭММ ЧУП «Ходосовский ККЗ». 2011 С. 142–146.

УДК 621.793.18

**Возможность применения вакуумно-дугового метода  
для нанесения покрытий на термочувствительные подложки**

**Родькин Д. Г., студент,  
Жуевская С. Е., студент**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Комаровская В. М.*

**Аннотация:**

В данной статье рассмотрен метод вакуумно-дугового нанесения покрытий, выявлены основные преимущества и недостатки данного метода. Проведен сравнительный анализ способов модификации технологического процесса, с целью выявления возможности нанесения покрытий вакуумно-дуговым методом на термочувствительные подложки.

Вакуумно-дуговое нанесение покрытий – это физический метод нанесения покрытий в вакууме, путем конденсации на подложку материала из плазменных потоков, генерируемых на катоде-мишени в катодном пятне вакуумной дуги сильноточного низковольтного разряда, развивающегося исключительно в парах материала электрода [1].

Вакуумно-дуговой процесс испарения начинается с зажигания вакуумной дуги, которая формирует на поверхности катода (мишени) одну или несколько точечных эмиссионных зон, называемых «катодными пятнами», в которых концентрируется вся мощность разряда [1].

Локальная температура катодного пятна чрезвычайно высока (около 15000 °С), что вызывает интенсивное испарение и ионизацию в них материала катода и образование высокоскоростных потоков плазмы, распространяющихся из катодного пятна в окружающее пространство [1].

Вакуумно-дуговой метод получения покрытий (тонких пленок), обладает рядом преимуществ перед другими вакуумными методами: