

2. Кацыгин, В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий. // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Минск: Ураджай, 1964. Т. 13 – С. 5 – 147.

3. Кушнарев, А. С. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении индустриальных технологий возделывания сельскохозяйственных культур/А. С. Кушнарев, В. М. Мацепуро. – М.: 1986. – 56 с.

4. Булычев, В. Г. Механика дисперсных грунтов. – М.: Стройиздат, 1974. – 226 с.

5. Шеин, Е. В. Агрофизика/Е. В. Шеин, В. М. Гончаров. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 400 с.

6. Воронин, А. Д. Основы физики почв. – М.: МГУ, 1986.

7. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов. – Дис... д-ра техн. наук: 05.20.03/БГАТУ. – Минск, 1997. 269 с.

УДК 637.133.1.02

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.12.2006

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИСПАРИТЕЛЯ ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТА МОЛОКООХЛАДИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ СМ-1250

В. В. Кузьмич, докт. техн. наук, ст. науч. сотруд., Д. В. Зимницкий, ст. науч. сотруд.
(НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

Аннотация

Приведены методика и результаты экспериментальных исследований работы молокоохладительной установки СМ-1250 с коррозионно-стойким панельным испарителем. На основании сравнения данных, полученных в охладителе с новым испарителем, с результатами наблюдения процесса охлаждения молока в обычном молокоохладителе с трубчатым испарителем и результатами теоретических исследований сделаны выводы о влиянии параметров нового испарителя на динамику охлаждения. Проведено сравнение молокоохладителя с усовершенствованным испарителем с обычным молокоохладителем по показателям качества.

Введение

В настоящее время на молочнотоварных фермах Республики Беларусь эксплуатируется около 12 тыс. установок для охлаждения молока [1]. В большинстве своем они морально и технически устарели. Основное количество оборудования базируется на конструкциях, разработанных более 20 лет назад, и не в полной мере соответствует нормам эксплуатации и производственным условиям предприятий, производящих молочную продукцию. Технологическая потребность хозяйств республики в молокоохладительных установках составляет дополнительно 6 тыс. установок [1]. В Беларуси до недавнего времени производился только один тип молокоохладительных установок СЛ-1600. Поэтому перед учеными и инженерно – техническими работниками стоит задача разработки и освоения производства рациональных молокоохладительных установок для полного обеспечения потребности сельскохозяйственных предприятий республики.

В состав современного молокоохладительного оборудования входят ванна для сбора молока и холодильный агрегат. Холодильный агрегат состоит из компрессора, электродвигателя с осевым вентилятором, конденсато-

ра воздушного охлаждения, ресивера – теплообменника, фильтра – осушителя и испарителя. Одной из наиболее важных деталей холодильного агрегата является испаритель.

Испаритель – элемент холодильной машины, в котором рабочее вещество кипит за счет теплоты, подводимой от источника низкой температуры. Высокая теплоемкость промежуточного теплоносителя (как правило, воды или рассола) в молокоохладительных установках типа СМ-1250 позволяет снизить требования к теплотехническим характеристикам теплообменных поверхностей испарителей. Наиболее приемлемым материалом по стоимости и теплопроводности в этом случае становится железо. Основным ограничением применения железа в испарителях молокоохладителей до настоящего времени служила низкая коррозионная стойкость железа в агрессивных средах промежуточных теплоносителей. Решения задачи повышения коррозионной устойчивости можно достичь применением для испарителя трубы из нержавеющей стали с минимальной конструктивной и технологической толщиной стенки, или с помощью горячего цинкования испарителя при применении труб из углеродистой стали. Использование горячего цинкования не может гаранти-

ровать требуемое качество коррозионной защиты. Есть высокая вероятность возникновения трещин в защитном слое цинка под действием вибраций либо во время транспортировки всего агрегата, что приводит к быстрому коррозионному разложению железного основания трубы испарителя. Благодаря применению нержавеющей стали срок службы может быть увеличен до 10 лет, что в 3 раза больше срока службы традиционных испарителей из углеродистой стали.

Оборудование и методика исследований

В Институте энергетики АПК НАН Беларуси был разработан и изготовлен панельный, коррозионно-стойкий испаритель, включенный в состав компрессорно-конденсаторного агрегата. Трубы разработанного испарителя соединены в панели и имеют усовершенствованную шестиугольную теплообменную поверхность, что приводит к дополнительной турбулизации водного потока в начальный момент намораживания льда (рис. 1, в). Испаритель состоит из восьми гофрированных панелей (рис. 1, а), изготовленных из нержавеющей низколегированной стали марки 12Х18Н9Т с коэффициентом теплопроводности $25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$. Площадь теплообмена испарителя составила $2,45 \text{ м}^2$ при длине труб $52,3 \text{ м}$. Труба компоновалась в виде горизонтального многоярусного змеевика. Дополнительная площадь теплообмена образована поверхностью металла между трубами испарителя и предназначена для удержания льда на горизонтальной поверхности, что улучшает условия его намораживания (рис. 1, а, 1, в) по сравнению с испарителем в базовом агрегате (рис. 1, б).

Измерения проводились с применением следующих измерительных приборов. Температура окружающей

среды контролировалась термометром сопротивления ТСП-1199-5-100П-В-1 с диапазоном измерений от -50 до $+100 \text{ }^\circ\text{С}$ и погрешностью $0,25 \%$, термометр такого же типа был использован для измерения температуры молока в молочной ванне; дополнительный контроль за температурой молока производился цифровым термометром сопротивления Lenzkirch D-79853 с относительной погрешностью $0,1 \%$. Давление хладагента на входе в терморегулирующий вентиль и на выходе контролировалось манометрами МО 11202 с погрешностью $0,4 \%$. Электрические параметры холодильного агрегата (напряжение питающей сети, потребляемый агрегатом электрический ток, активная и реактивная мощности агрегата) определялись измерительным комплектом К540 с погрешностью $0,5 \%$. Потребляемая агрегатом электроэнергия измерялась трехфазным счетчиком электрической энергии типа САЗ-И670 с трансформатором тока УТТ-5М.

Холодопроизводительность агрегата при охлаждении каждой порции молока определялась из зависимости

$$Q = V\rho C(t_1 - t_2)/T, \quad (1)$$

где V – объем порции молока, л;

ρ – плотность молока, кг/л;

C – теплоемкость молока, кДж/л;

t_1 – первоначальная температура молока, $^\circ\text{С}$;

t_2 – конечная температура молока, $^\circ\text{С}$;

T – продолжительность охлаждения каждой порции молока от температуры t_1 до температуры t_2 .

Обсуждение результатов

В результате опытных испытаний агрегата была получена зависимость температуры охлаждения молока от времени работы агрегата в реальных производствен-

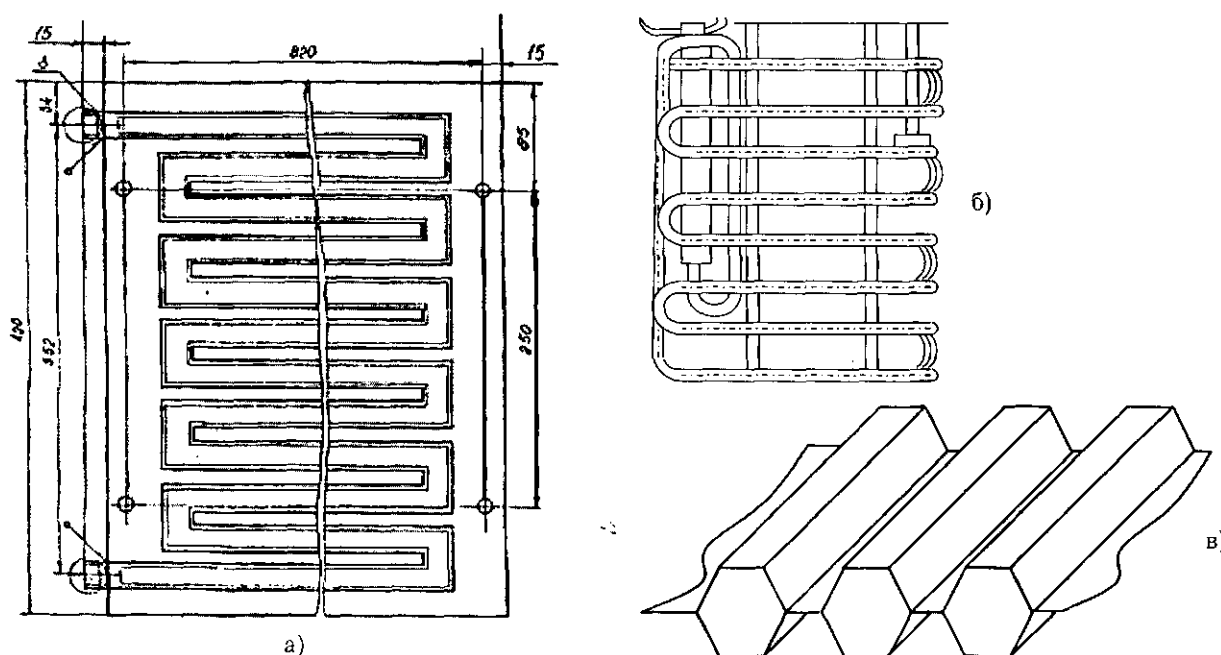


Рис. 1. Испарители в разработанном (а) и базовом (б) агрегатах; в) внешний вид панельного испарителя

ных условиях, показанная на рис. 2 (кривая 2). Кривая 1 на рис. 2 представляет собой зависимость температуры молока от времени для базового варианта молокоохладительной установки с трубчатым испарителем из углеродистой стали обычной комплектации. Анализ экспериментальных данных позволил определить теоретическую зависимость динамики снижения температуры молока от теплотехнических характеристик молокоохладительного оборудования, показанную на рис. 2 кривой 3. Как видно из рис. 2, температура молока, полученная на основании теоретических расчетов находится в хорошем соответствии с данными эксперимента (кривая 2 на рис. 2), полученными для нового панельного испарителя. На рис. 2 также видно, что конечная температура охлаждения молока в установке с панельным испарителем (кривая 2) на 20–25 % ниже по сравнению с базовой (кривая 1).

Для определения эффективности разработанного оборудования было проведено сравнение молокоохладителя с усовершенствованным испарителем по показателям качества. Для оценки уровня качества испарителя на основании экспериментальных исследований производилось сравнение испарителей молокоохладительной установки СМ-1250 и испытываемого панельного испарителя СМ-1250П комплексным методом [2].

Для осуществления метода выбирались 9 основных показателей качества: время падения температуры воды в водосборнике до расчетной температуры 2 °С с момента включения агрегата; холодопроизводительность агрегата на охлаждение 1 000 л воды в водосборнике с 9,5 до 2 °С; продолжительность аккумуляции льда при начальной температуре воды 2 °С и температуре окружающего воздуха 22 ± 1 °С; продолжительность охлаждения подогретой воды с 35 °С до 4 °С при 50 % заполнении молочной ванны; продолжительность охлаждения после окончания подачи воды; общая потребляемая электрическая мощность; удельный расход электроэнергии на 1 т молока; срок службы; затраты труда. За базу принималась холодильная установка с трубчатым испарителем обычной комплектации.

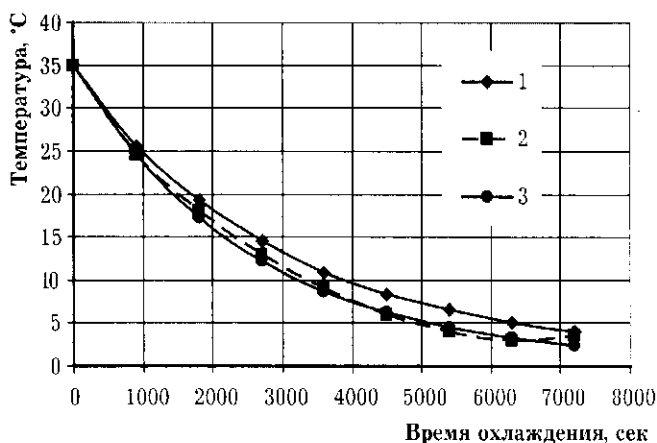


Рис. 2. Зависимость температуры молока от времени в процессе охлаждения: 1) – для базового агрегата; 2) – для нового агрегата; 3) – расчетная

Относительное значение показателя качества

$$q_i = \frac{P_i}{P_{i6}}, \quad (2)$$

$$q_i = \frac{P_{i6}}{P_i}, \quad (3)$$

где P_i – показатель качества для нового оборудования (P_{i6} – для базового оборудования).

Формула (2) используется, если абсолютное увеличение показателя приводит к улучшению качества.

Формула (3) используется, если абсолютное увеличение показателя приводит к ухудшению качества.

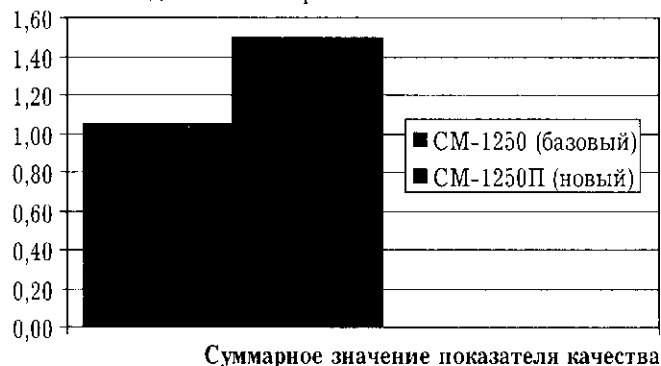
Суммарное значение показателя качества

$$Q = \sum m_i q_i, \quad (4)$$

где q_i – относительное значение показателя качества;

m_i – коэффициенты весомости для любого показателя (процент от 100 %, определялся на основании анализа литературных данных [3–5] относительно влияния показателя на качество молока);

Значения суммарного показателя качества приводятся на диаграмме (рис. 3). На диаграмме показано, что показатель качества для базового агрегата на 25 % ниже показателя для нового агрегата.



Суммарное значение показателя качества

Рис. 3. Значения показателей качества сравниваемых образцов

Выводы

На основании анализа показателей качества можно сделать следующие выводы: значение показателя качества для экспериментальной установки, содержащей в составе своих деталей испаритель из коррозионно-стойкой стали, на 20–30 % (рис. 3) превышает значение показателя качества сравниваемой серийной молокоохладительной установки. Такой результат основан на повышении срока эксплуатации разработанного испарителя в 3 раза, что позволило снизить затраты на ремонт и обслуживание холодильного агрегата. Испытания подтвердили высокую эксплуатационную эффективность испарителя. Количество поломок, требующих ремонтного вмешательства по причине износа испарителя, снизилось на 90 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Республиканская программа переоснащения молочнотоварных ферм и комплексов новым доильным и

холодильным оборудованием на 1999–2003 гг. – Минск: БелНИИМСХ, 1998 г. – 24 с.

2. Ребриц, Ю. И. Управление качеством / Ю. И. Ребриц // Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004 г. – 174 с.

3. Гусев, И. Б. Применение холода в пищевой промышленности. Микробиология холодильного хранения. Холод в мясной и молочной промышленности / И. Б. Гусев [и др.]; под общ. ред. М. П. Кузьмина. – Москва: Пищевая промышленность, 1979. – 271 с.

4. Шпыро, А. В. Устройство, монтаж, эксплуатация холодильных машин и установок молочно-варных ферм / А. В. Шпыро [и др.]; под общ. ред. А. В. Шпыро. – Минск: Ураджай, 1999. – 304 с.

5. Теоретические и экспериментальные исследования аппаратов для обработки молока на фермах. Выпуск 59: сборник научных трудов / ВИСХОМ: научный редактор Н. Е. Резник. – Москва, 1969. – 160 с.

УДК 635. 64. 07

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.12.2006

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ УРОЖАЙНОСТЬЮ, КАЧЕСТВОМ И ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ПЛОДОВ ТОМАТОВ

Л. А. Вермейчик, канд. с.-х. наук, доцент, Т. А. Миронович, ассистент (УО БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрены вопросы по установлению взаимосвязи, хозяйственно-ценных показателей качества плодов томатов и содержания в них основных макроэлементов. Проведены корреляционный и регрессионный анализы зависимости этих параметров с целью оптимизации и управления производственным процессом в регулируемых условиях.

Введение

Особое внимание при внедрении малообъемной технологии возделывания овощей уделяется формированию максимальной продуктивности, а также высокому содержанию биологически ценных компонентов в плодах, которые определяют их вкусовые качества. Условиями, обеспечивающими хороший вкус плодов, являются достаточное освещение, умеренная температура и влажность, а также оптимальное минеральное питание.

Вкусовые качества плодов томатов зависят от комплекса показателей, но основная роль в этом принадлежит содержанию сухого вещества, витамина С, кислот, сахаров и их соотношению [3, 6].

В связи с использованием принципиально новых гибридов томатов, предназначенных для возделывания в малообъемной культуре, определенный интерес представляют данные об их отзывчивости на условия питания. Очевидно, что только при нормально протекающих процессах метаболизма, обеспечивающих рост и продуктивность растений, посредством оптимального минерального питания, происходит синтез органического вещества, определяющего качество продукции. Одним из направлений в области регуляции продуктивности томатов и формирования высокого качества плодов является выяснение роли питательных элементов, направленных на улучшение этих показателей. Кроме того, выявление ограничивающих факторов, участвующих в регуляции

обмена веществ, дает реальный шанс управления продуктивностью растений. Достижение определенного соотношения между этими факторами, а также их коррекция позволяют приблизиться к оптимизации производственного процесса в регулируемых условиях. Поэтому одной из задач исследований являлось установление взаимосвязи содержания в плодах химических элементов с качественными показателями плодов, а также с общей продуктивностью растений с целью оптимизации системы питания и управления производственным процессом томатов в регулируемых условиях.

Материал и методы

Объектом исследований являлся индетерминантный гибрид томатов Раисса, рекомендованный для возделывания в регулируемых условиях по малообъемной технологии с капельной системой орошения. Растения выращивали на искусственных корнеобитаемых средах, в качестве которых применялись материалы отечественного производства – аглопорит, керамзит, перлит, контрольным вариантом являлась минеральная вата. Приводятся результаты исследований за 2003–2004 гг., проводимые на базе тепличного комбината «Озеричский» Смолевичского района Минской области. Учет урожая и выполнение анализов, расчеты корреляционной и регрессионной зависимости осуществляли по общеприятным методикам [1, 2, 4, 5, 7].