

УДК 637.1:620.93

DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0022

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА НА ФЕРМАХ

© 2021

Зайцев Петр Владимирович, доктор технических наук,

профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства

Зайцев Сергей Петрович, кандидат технических наук,

доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства

Зайцева Надежда Петровна, старший преподаватель кафедры экономики, менеджмента и агроконсалтинга

Чувашский государственный аграрный университет

(428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 27, e-mails: nad2094@yandex.ru, zaycevp@mail.ru, zapevl@mail.ru)

Аннотация. Производственный процесс обслуживания коров и получения молока включает множество сложных технологических операций [4,6]. Наиболее затратной и энергоемкой из них является операция по очистке и охлаждению молока на фермах. Использование простых машин и оборудования, не требующих участия высококвалифицированных специалистов, исключает зависимость фермерских хозяйств от специальных предприятий по техническому обслуживанию и ремонту техники в молочном животноводстве. Анализ проведенных исследований по первичной обработке молока с использованием естественного холода позволяет выбрать технологию и оптимальные параметры ледяного бунта для очистки и охлаждения молока на фермерских хозяйствах вблизи доильного зала. Такая технология приобретает большую актуальность для молочного животноводства в связи с увеличением стоимости энергоносителей. Природно-климатические условия Чувашской Республики дают возможность круглый год применять для охлаждения молочной продукции на фермах холод водоемов, льда и атмосферного воздуха при соблюдении санитарных и зоотехнических требований. Природный охлажденный воздух можно эффективно применять в качестве хладоносителя с целью замены дорогостоящих и энергоемких холодильных установок, что является альтернативным решением использования холода при намораживании льда на специальных отведенных площадках для его хранения. В статье дается подробный анализ использования природного холода в технологии охлаждения молока. Проведенные исследования данной технологии доказывают эффективность применения графического метода, иллюстрационно подтверждающего снижение энергетических затрат.

Ключевые слова: молоко, ледяной бунт; регистр; артезианская скважина; теплообмен; доильная площадка, затраты, хладопроизводительность.

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR COOLING MILK ON FARMS

© 2021

Zaytsev Peter Vladimirovich, doctor of technical sciences,

professor of the department of mechanization, electrification and automation of agricultural production

Zaitsev Sergey Petrovich, candidate of technical sciences,

associate professor of the department of mechanization, electrification and automation of agricultural production

Zaitseva Nadezhda Petrovna, senior lecturer, department of economics, management and agricultural consulting

Chuvash State Agrarian University

(428000, Cheboksary, K. Marx street, 27, e-mails: nad2094@yandex.ru, zaycevp@mail.ru, zapevl@mail.ru)

Abstract. The production process of servicing cows and receiving milk involves many complex technological operations. The most expensive and energy-intensive of them is the operation for cleaning and cooling milk on farms. The use of simple machines and equipment that do not require the participation of highly qualified specialists eliminates the dependence of farms on special enterprises for the maintenance and repair of equipment in dairy farming. The analysis of the conducted studies on the primary processing of milk using natural cold allows you to choose the technology and optimal parameters of the ice riot for cleaning and cooling milk on farms near the milking parlor. This technology is becoming more relevant for dairy farming due to the increase in the cost of energy carriers. The natural and climatic conditions of the Chuvash Republic make it possible to use the cold of reservoirs, ice and atmospheric air for the primary processing of milk on farms all year round, while observing sanitary and zootechnical requirements. It is advisable to use cold winter air on farms to accumulate cold in order to relieve energy-intensive refrigeration capacity. It is possible to accumulate cold in the form of water ice, using simple low-labor-intensive methods of its freezing, melting and reliable dry storage, as well as cheap construction and insulation materials for the construction of ice storage facilities. The article provides a detailed analysis of the use of natural cold in milk cooling technology. The conducted studies of this technology prove the effectiveness of the use of the graphic method, illustratively confirming the reduction of energy costs.

Keywords: milk, ice riot; register; artesian well; heat exchange; milking pad, costs, cooling capacity.

Введение. Государственной программой развития сельского хозяйства на ближайшие годы поставлена задача по повышению производства молочной продукции при увеличении годовой продуктивности с.х.

животных и достижения к 2023 году самообеспеченности молочным сырьем для эффективного развития рынка молочных продуктов [10 - 15].

В производственном процессе наиболее емкими и затратными являются операции очистки и охлаждения молока на фермах [6]. Анализ исследований по первичной обработке молока с использованием естественного холода позволяет выбрать технологию и оптимальные параметры ледяного бунта для очистки и охлаждения молока в хозяйствах, расположенных рядом с доильным залом. Такая технология приобретает большую актуальность для молочного животноводства в связи с увеличением стоимости энергоносителей. Кроме того, расход и стоимость электроэнергии в ночное и дневное время на животноводческой ферме при первичной обработке молока не одинаковый - в вечернее время он почти в 4 раза ниже чем в дневные часы. Поэтому одной из поставленных задач по эффективному и быстрому охлаждению молока является рациональное использование природно-энергетических ресурсов с применением альтернативных хладоносителей.

Целью работы является повышение эффективности технологии охлаждения свежесвыдоенного молока на молочных фермах за счет рационального применения альтернативных источников холода и использования энергосберегающей технологии.

Материалы и методы исследования. По итогам проведенных теоретических и производственных исследований можно рассчитать и выбрать соответствующие размеры ледяного бунта для очистки молока на животноводческих фермах вблизи доильной площадки. Потребность в применении сезонных энергосберегающих технологий и естественных источниках холода особенно актуальна для небольших сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств, для чего создаются компактные заглубленные льдохранилища из стандартных строительных материалов.

Самым экономичным, эффективным и простым способом сохранения молока в свежем виде является охлаждение его сразу после доения до температуры 4...5°C чаще всего при применении охлажденной воды температурой в 2...5°C с целью сохранения начальных свойств молока [1-3]. Одной из проблем использования атмосферного воздуха в качестве естественного холода является его низкая объемная теплоемкость по сравнению с водой. Водный лед является источником естественного холода, а его использование требует дополнительных энергозатрат на заморозку воды в зимний период, а в летний период – на колку и транспортировку от места хранения к молочному цеху. Экономическая эффективность использования льда обеспечивается его использованием только на последней стадии охлаждения молока в специальном аппарате. Гораздо выгоднее использовать схему на основе промежуточного хладоносителя в качестве воды, охлаждаемой в вентиляционной градирне с аккумулятором естественного холода.

Результаты исследований. Теоретические и про-

изводственные исследования согласно с разработанным планом работы позволяют выбрать оптимальные параметры ледяного бунта для очистки молока на животноводческих фермах вблизи доильной площадки. Стандартные технологии охлаждения молока с применением машин для искусственного холода слишком дороги в обслуживании (расходуют до 25 кВт/ч электроэнергии) и имеют низкий показатель экологичности. Большинство регионов РФ находятся в зоне рискованного климата, где проще воспользоваться естественным холодом.

Потребную производительность холода для фермы можно определить по формуле

$$Q_x = Q_{\text{Нас}} \cdot C_m (t_2 - t_1), \text{ кВт} \quad (1)$$

где $Q_{\text{Нас}}$ – производительность насоса, кг/с;

$C_m = 3,9 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$ – удельная теплоемкость молока;

$t_2 = 35...40^\circ\text{C}$ – начальная температура молока;

$t_1 = 4...6^\circ\text{C}$ – температура охлажденного молока.

С этой целью на молочных фермах, особенно в зимнее время, рекомендуется использовать энергосберегающую технологию охлаждения молока естественным хладогентом – льдом, который намораживают в специальных ледяных бунтах. Для этого требуется заготовить лед в объеме 0,5 м³ в расчете на 1 т молока, а льдохранилище рассчитывают на поголовье 150 дойных коров.

В процессе доения все свежее молоко из коровника направляется в специальный приемный резервуар, откуда, проходя через очиститель – охладитель ОМ-1А, охлажденное до температуры 5...7°C молоко поступает в накопительный термос – резервуар с последующей отправкой потребителю. В данной технологии охлажденная вода, проходя через емкость ледяного бунта, направляется в охладитель ОМ-1А.

Потребный объем емкости для охлаждающей воды определяется:

$$V_{\text{л.б.}} = 0,001 \frac{Q_{\text{ном}} - Q_{\text{фак}} \cdot Q_{\text{сут}}}{C_e \cdot \Delta t \cdot Q_{\text{нас}}}, \text{ м}^3 \quad (2)$$

где $Q_{\text{ном}}$ – потребная хладопроизводительность, кВт;

$Q_{\text{фак}}$ – фактическая хладопроизводительность, кВт;

$C_e = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$ – удельная теплоемкость воды в резервуаре;

$Q_{\text{сут}}$ – суточное поступление молока для охлаждения, кг;

Q_n – производительность насоса, кг/с.

В процессе охлаждения молочной продукции охлаждающая вода в емкости с начальной температуры около 3...5°C может нагреваться до 12...14°C после технологического процесса и использоваться на другие нужды. Процесс закладки ледяного бунта проводится в зимнее время, так как подобрать конструкцию водяного насоса с соответствующими характеристиками в производственных условиях очень трудно при намораживании льда на открытом воздухе [7].

По итогам технологических исследований разрабатывается графический метод определения интенсивности намораживания (δ) льда, длительности (τ) работы, производительности (Q) и потребной мощно-

сти (N) водяного насоса (рис. 1, табл. 1).

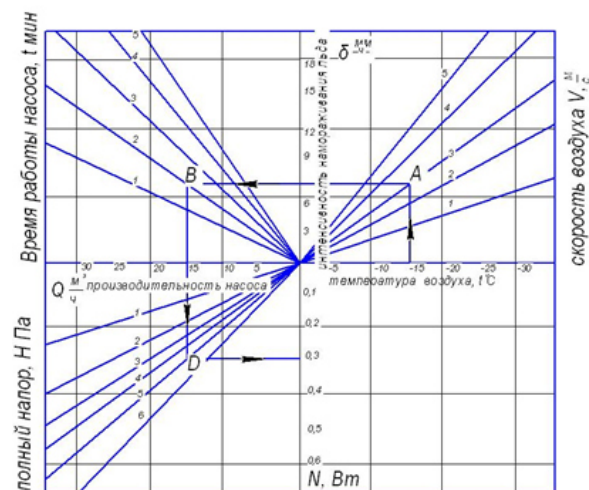


Рисунок 1 – Графический метод определения интенсивности δ намораживания льда, длительности τ работы насоса, производительности Q и потребностей мощности N насоса [5, 17, 19, 20].

Таблица 1 – Номера позиций (на рисунке) для определения значений δ, τ, Q, N

Номера позиций на рисунке	Обозначение и размерности величин	Скорость увеличения воздуха U , м/с	Время работы насоса τ , мин	Полный напор H , Па	Производительность насоса Q , м³/ч	Мощность насоса N , Вт
1		1	4	15	5	0,1
2		3	6	25	10	0,2
3		5	8	30	15	0,3
4		7	10	30	20	0,4
5		9	12	40	25	0,5
6		-	-	50	30	0,6

В производственных условиях возникают трудности определения показателей δ, Q, N при окружающем воздухе $t = -15^\circ\text{C}$ и $U = 5\text{ м/с}$. Авторами предлагается для этих целей использовать графический метод (рис.1).

Из точки $t = -15^\circ\text{C}$ (первый квадрат) проводим линию до точки A , затем по горизонтали находим $\delta = 7,1\text{ мм/ч}$. Далее из точки B проводим вертикаль и определяем $Q = 16,9\text{ м}^3/\text{ч}$. Из точки D проводим горизонтальную линию, по которой определяем мощность насоса $N = 0,3\text{ Вт}$.

Заключение. Эффективное использование альтернативных источников холода для охлаждения молочной продукции по сравнению с холодильными установками на молочных фермах снижает себестоимость животноводческой продукции с сохранением ее высокого качества [8-10]. Предложенная технология является энергосберегающей и может работать как самостоятельно, так и в линии охлаждения вместе с промышленными холодильными установками, а охлажденная льдом вода может применяться для охлаждения разных прохладительных напитков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Modern problems of development of branch of dairy cattle breeding Kirilova T.E., Shamina O.V., Kurilova A.A., Gordeeva

L.G., Zaytseva N.P.: Modern problems of development of branch of dairy cattle breeding Kirilova T.E., Shamina O.V., Kurilova A.A., Gordeeva L.G., Zaytseva N.P. В книге: Материалы Международной научно-практической конференции. - 2019. - С. 138-141. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 138-141.

2. Алексеев, С.А. Цифровые технологии как инструмент повышения эффективности молочного производства С. А. Алексеев, Н. П. Зайцева, П. В. Зайцев / Актуальные проблемы управления финансами в цифровой экономике. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары, 2019. - С. 180-184.

3. Белов, В.В. Снижение влияния колебаний на качество работы сельскохозяйственных агрегатов / В.В. Белов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. № 1. - С. 30.

4. Белова, Н. Н. Синергетический эффект от реконструкции энергохозяйства в моногородах Приволжского округа / Н. Н. Белова, Т. П. Виеру, О. Г. Васильева, И. В. Волков // Современная аграрная экономика: проблемы и перспективы в условиях развития цифровых технологий. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2019. - С. 107-111.

5. Горбунова, К. А. Использование новых видов упаковок для молочных продуктов / К. А. Горбунова, Е. В. Хушкин, Т. В. Шаронова // Молодежь и инновации: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Чебоксары, 2018. - С. 203-206.

6. Гришина, М.С. Аспекты государственной политики управления ресурсами для реализации инновационного сценария развития АПК / М. С. Гришина, О. В. Евграфов, А. Е. Макушев, А. И. Захаров, Н. Н. Белова // Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 32. - С. 62-67.

7. Зайцев П.В., Зайцев С. П., Зайцева Н. П. Технологическая линия для измерения объема и термической обработки жидкостей в животноводстве // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. № 3 (6). - С. 79-87.

8. Зайцев С.П. Повышение эффективности механизированных процессов при проведении ветеринарно-санитарных работ на фермах КРС/С.П. Зайцев, Н.П. Зайцева, П.В. Зайцев // Актуальные проблемы и перспективы развития ветеринарной и зоотехнической наук. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Чебоксары, 2019. - С. 229-234.

9. Зайцев С.П. Повышение эффективности проведения технического обслуживания технологического оборудования животноводческих ферм / С.П. Зайцев, Н.П. Зайцева, П.В. Зайцев // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях. Материалы VII Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2020. - С. 338-342.

10. Зайцева Н.П. Ключевые факторы развития отрасли молочного скотоводства в Чувашской Республике / Н. П. Зайцева, Н. В. Нестерова // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологов сельскохозяйственного производства. – Чебоксары, 2018. - С. 503-507.

11. Зайцева Н.П. Методы комплектования оборудования в энергосберегающих технологических линиях в животноводстве / Н. П. Зайцева, С. П. Зайцев, П. В. Зайцев // Рациональное природопользование и социально-экономическое развитие сельских территорий как основа эффективного функционирования АПК региона. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию со дня рождения заслуженного работника сельского хозяйства Российской Федерации, почетного гражданина Чувашской Республики Айдака Аркадия Павловича. – Чебоксары, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. 2017. - С. 153-158.

12. Зайцева Н.П. Проблемы кадрового обеспечения отрасли молочного скотоводства в условиях перехода на цифровые технологии / Н.П. Зайцева, П.В. Зайцев,

С.П. Зайцева // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова (1930-2015 гг.). В 2-х частях. - Чебоксары, 2020. - С. 410-413.

13. Зайцева Н.П. Современное состояние и проблемы развития отрасли молочного скотоводства в условиях перехода на цифровые технологии / Н. П. Зайцева, С. П. Зайцев, П. В. Зайцев // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сб. материалов Международной научно-практической конференции. – Чебоксары, 2019. - С. 169-174.

14. Зайцева Н.П. Перспективы развития отрасли молочного скотоводства в условиях импортозамещения / Н.П. Зайцева, С. П. Зайцев, П. В. Зайцев // Состояние и перспективы развития АПК. Сборник статей VII Международной научно-практической конференции кафедры «Организация и информатизация производства». – Пенза, 2019. - С. 49-54.

15. Ларионов, Г. А. Оценка качества молока в Чувашской Республике / Г. А. Ларионов, Н. В. Щипцова, Н. И. Миловидова // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2012. № 2 (8). С. 9-11.

16. Максимов, А.Н. Проблемы и перспективы цифровой трансформации сельского хозяйства /А.Н. Максимов, Н.Н. Пушкаренко, В. В. Белов, Н.Н. Белова // Цифровая трансформация сельского хозяйства: проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2020. - С. 3-16.

17. Михайлова О.В. СВЧ установки для термообработки воскового сырья в непрерывном режиме / О. В. Михайлова, Г. В. Новикова, М.В. Просвирякова, П. В. Зайцев, А.В. Шевелев, Д. Е. Дулепов // Перспективы развития аграрных наук. Материалы Международной научно-практической конференции: тезисы докладов. – Чебоксары, 2020. - С. 191-192.

18. Немцева Е.Ю. Молочная продуктивность коров разной линейной принадлежности / Е. Ю. Немцева // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК. Материалы Международной научно-практической конференции. - 2015. - С. 317-321.

19. Новикова Г.В. Разработка микроволновой технологии и установки для размораживания и разогрева коровьего молозива / Г.В. Новикова, М. В. Просвирякова, О. В. Михайлова, С. П. Зайцев // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (14). - С. 90-94.

20. Щипцова Н.В. Показатели безопасности молока коров и продукции переработки / Н. В. Щипцова, Г. А. Ларионов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2008. Т. 193. С. 254-256.

Статья поступила в редакцию 24.04.2021

Статья принята к публикации 16.06.2021