

## **КОМПЛЕКТ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА НА ФЕРМАХ**

**А. Б. КОРШУНОВ**, кандидат технических наук, доцент

**Б. П. КОРШУНОВ**, кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

**А. В. ИВАНОВ**, аспирант\*

**Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ  
(ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), г. Москва, Россия**

***Аннотация.** Разработка энергосберегающих технологий для охлаждения молока – одна из актуальнейших проблем в молочном животноводстве. Одним из эффективных путей снижения затрат энергии и повышения экологической чистоты технологического процесса производства молока на фермах является использование природного холода и экологически чистых хладоносителей с низкой температурой заморозки. В связи с этим, в ФНАЦ ВИМ проводятся исследования по разработке и внедрению комплекта энергосберегающего оборудования к системе охлаждения молока, работающего с использованием природного холода и экологически чистых хладоносителей с низкой температурой заморозки.*

*Предложена технологическая схема и произведен расчет потребления электроэнергии на первичную обработку молока по месяцам. Построены графики изменения затрат на электроэнергию в зависимости от среднегодовой температуры наружного воздуха. Применение системы с комплектом энергосберегающего оборудования для охлаждения молока позволяет повысить надежность, сохранить высокое качество молока и уменьшить эксплуатационные затраты. При этом расходы на электроэнергию уменьшаются в 1,5...3 раза в зависимости от региона, где устанавливается комплект.*

***Ключевые слова:** охлаждение, молоко, энергосбережение, природный холод, экологически чистый, хладоноситель с низкой температурой заморозки*

**Актуальность.** Рациональное использование природных ресурсов тепла, холода, а также электроэнергии является важной задачей при ведении экологически чистого агрохозяйствования и одним из основных требований при разработке энергосберегающих технологий и установок при производстве и хранении сельскохозяйственной продукции. Особенно это актуально при охлаждении и хранении молока, так как в этой отрасли сельскохозяйственного производства больше, чем в других, необходима реконструкция охлаждающих систем и наиболее серьезный

---

\*Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент А. Б. Коршунов

© А. Б. Коршунов, Б. П. Коршунов, А. В. Иванов, 2018

ущерб терпит экономика страны от недостаточной мощности и надёжности холодильного оборудования и низкого качества молока.

Анализ последних исследований и публикаций. По данным [1], затраты электроэнергии на ферме в 200 голов со средним годовым удоом 4000 кг в год составляют на подогрев воды 717,5 ГДж (199305 кВт.ч), а на производство холода и хранения молока в резервуарах – 255,2 ГДж (70889 кВт.ч), что составляет около 20% от всего расхода электроэнергии на ферме за год.

Кроме того, согласно нормам ЕС, молоко соответствующее требованиям нашего 1-го и тем более 2-го сорта считается непригодными к потреблению, а в стране по экспертным оценкам производится около 90 % такого молока [2].

Одна из основных причин низкого качества молока – нарушение технологий его охлаждения и хранения. Поэтому разработка энергосберегающих технологий и установок для охлаждения молока является одной из актуальнейших проблем в молочном животноводстве [3, 4].

Одним из эффективных путей снижения затрат энергии и повышения экологической чистоты технологического процесса производства молока на фермах является использование природного холода и экологически чистых хладоносителей с низкой температурой заморозания [5, 6].

**Цель исследования** – разработка и внедрение комплекта энергосберегающего оборудования к системе охлаждения молока, работающего с использованием природного холода и экологически чистых хладоносителей с низкой температурой заморозания.

**Материалы и методы исследования.** Экспериментальный образец системы с комплектом энергосберегающего оборудования для охлаждения молока представлен на рис. 1.



**Рис. 1.** Экспериментальный образец системы с комплектом энергосберегающего оборудования для охлаждения молока

Система работает следующим образом (рис. 2). В теплое время года, хладагент от холодильной машины 12 попадает в теплоизолированный аккумулирующий резервуар (льдоаккумулятор) 19, где начинается процесс намораживания льда на трубах испарителя 13. Толщина льда контролируется датчиком толщины льда 8. При достижении необходимой толщины льда управляющий блок 24 останавливает холодильную машину 12. Молоко, проходя через бесконтактный счетчик 3 с помощью насоса 5 попадает в первую секцию 27 теплообменника для охлаждения молока 6, где предварительно охлаждается артезианской водой, которая поступает с помощью насоса 4 в первый контур теплообменника 6. На выходе из первой секции 27 теплообменника 6 получают воду 14–16 °С, которая попадает в рекуператор тепла 11. Во вторую секцию 28 теплообменника 6 попадает ледяная вода (0–2 °С) из теплоизолированного аккумулирующего резервуара 19 через выходной патрубок 20 с помощью водяного насоса 7.

В холодное время года включается насос 9 хладоносителя с низкой температурой замерзания с вентилятором 16 приёмника природного холода 23 и происходит охлаждение воды в теплоизолированном аккумулирующем резервуаре 19 за счёт протекания холодного экосола по гофрированным эластичным трубам 10, расположенным в резервуаре 19. Для повышения эффективности охлаждения воды и наморозки льда на поверхности гофрированных труб 10 установлен датчик толщины наморозки льда 14, обеспечивающий включение и выключение насоса хладоносителя 9, что создаёт условия для отделения слоя льда от поверхности гофрированных труб 10 и накапливание его в теплоизолированном резервуаре 19. Из теплоизолированного аккумулирующего резервуара 19 ледяная вода (0–2 °С) с помощью водяного насоса 7 через выходной патрубок 20 попадает во вторую секцию 28 теплообменника 6, где охлаждается молоко, после чего, через входной патрубок 21 возвращается в резервуар 19.

Для определения эффективности использования природного холода и экологически чистых хладоносителей с низкой температурой замерзания произведен расчет потребления электроэнергии технологическим оборудованием на первичную обработку молока по месяцам по выражению:

$$Г = \sum_{i=1}^n (P_{КОМП} \cdot Ч_{Н} \cdot K_{ВК} + (P_{ПХ} \cdot K_{ВПХ} + P_{ХЛ} \cdot K_{ВХЛ} + P_{М} \cdot K_{ВМ}) \cdot K_{Д}) \cdot Д_n$$

где  $n$  – количество месяцев;

$P_{КОМП}$  – потребляемая мощность компрессора источника искусственного холода, кВт;

$Ч_{Н}$  – число часов «наморозки льда» для суточной дойки, ч;

$K_{ВК}$  – коэффициент включения компрессора;

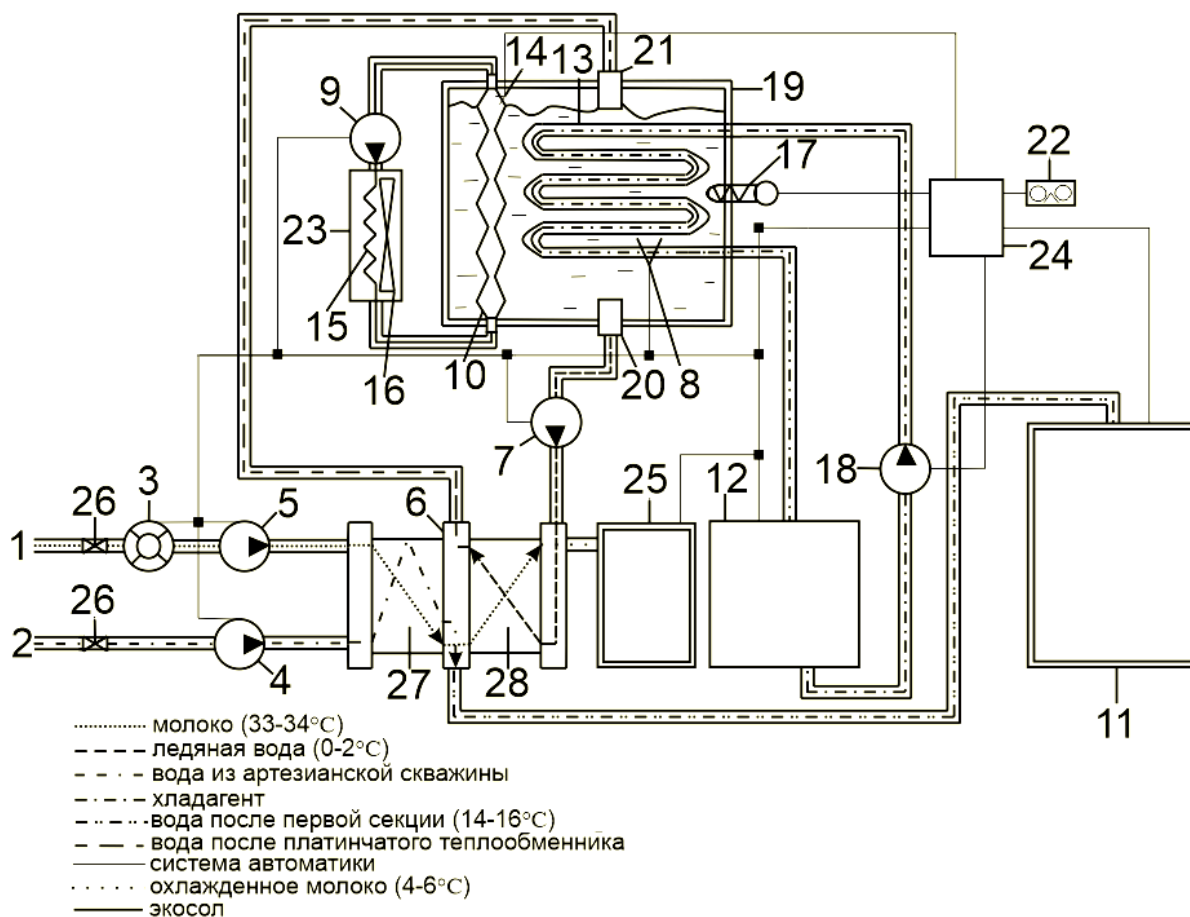
$P_{ПХ}$  – общая потребляемая мощность источника природного холода, кВт;

$K_{ВПХ}$  – коэффициент включения оборудования источника природного холода;

$P_{ХЛ}$  – потребляемая мощность насоса хладоносителя, кВт;

$K_{ВХЛ}$  – коэффициент включения насоса хладоносителя;

$P_M$  – потребляемая мощность насоса молока, кВт;  
 $K_{ВМ}$  – коэффициент включения насоса молока;  
 $K_D$  – количество доек в сутки;  
 $D_n$  – количество дней в месяце.

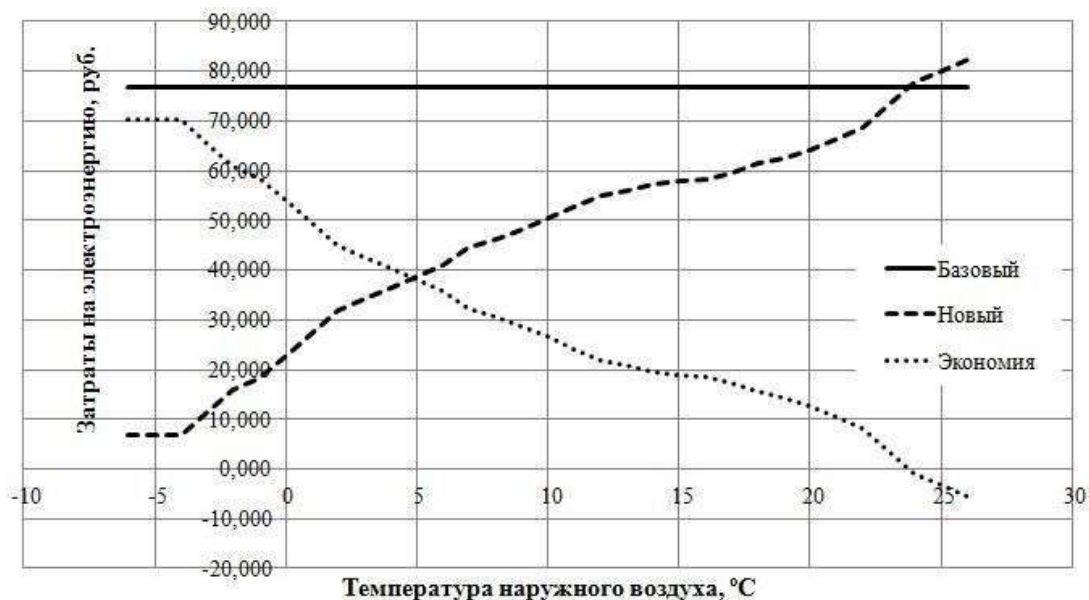


**Рис. 2. Система с комплектом энергосберегающего оборудования для охлаждения молока:**

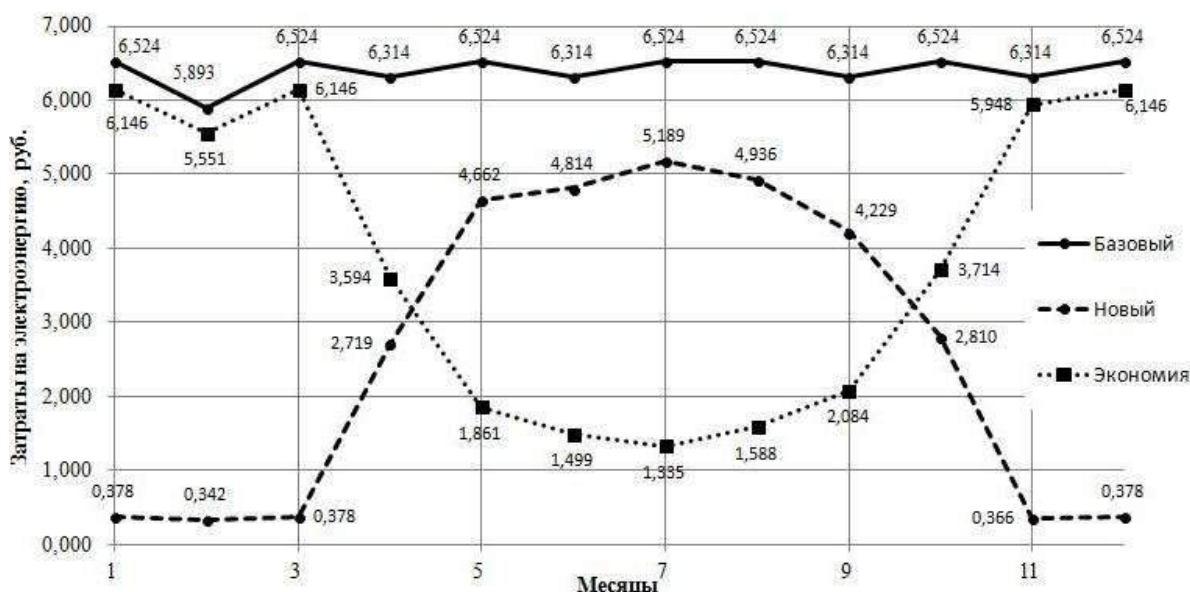
1 – молокопровод; 2 – трубопровод для артезианской воды; 3 – бесконтактный счетчик молока; 4, 7 – насосы для холодной воды; 5 – насос для молока; 6 – теплообменник для охлаждения молока; 8, 14 – датчики толщины льда; 9 – насос для хладоносителя с низкой температурой замерзания (экосола); 10 – гофрированные трубы; 11 – рекуператор тепла; 12 – холодильная машина; 13 – испаритель; 15 – теплообменник для хладоносителя с низкой температурой замерзания; 16 – вентилятор; 17 – датчик температуры ледяной воды; 18 – насос для хладагента; 19 – теплоизолированный аккумулирующий резервуар; 20 – выходной патрубок; 21 – входной патрубок; 22 – датчик температуры наружного воздуха; 23 – приемник природного холода; 24 – управляющий блок; 25 – резервуар-термос для охлажденно́го молока; 26 – вентили; 27, 28 – секции теплообменника.

**Результаты исследований и их обсуждение.** С учетом графика моделирования процесса охлаждения молока с использованием природного холода и хладоносителей с низкой температурой замерзания и среднемесячной температурой наружного воздуха для центрального

региона (СНиП 23-01-99) построены графики изменения затрат на электроэнергию в зависимости от среднегодовой температуры наружного воздуха (рис. 3), затрат на электроэнергию по месяцам для базового и нового варианта системы охлаждения молока (рис. 4).



**Рис. 3. График изменения затрат на электроэнергию в зависимости от среднегодовой температуры наружного воздуха**



**Рис. 4. График затрат на электроэнергию по месяцам**

**Выводы и перспективы.** Применение системы с комплектом энергосберегающего оборудования для охлаждения молока с использованием природного холода и экологически чистых хладонносителей с низкой температурой замерзания позволяет повысить надежность, сохранить высокое качество молока и уменьшить эксплуатационные затраты. При этом расходы на электроэнергию уменьшаются в 1,5...3 раза в зависимости от региона, где устанавливается комплект.

### Список литературы

1. Мишуров Н. П. Совершенствование инженерно-технического обеспечения молочных ферм на основе комплексной энергетической оценки / Мишуров Н. П. – М. : Росинформагротех, 2011. – 120 с.
2. Иванов Ю. А. Качество молока и эффективность его производства / Ю. А. Иванов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 2. – С. 22–24.
3. Цой Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм / Ю. А. Цой – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
4. Козловцев А. П. Обоснование и разработка энергосберегающей технологии охлаждения молока в замкнутом цикле системы "атмосфера – инженерное сооружение – водная среда" // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Оренбург, 2017.
5. Патент РФ № 2613454. Энергосберегающая установка для охлаждения молока с использованием искусственного и естественного холода и экологически безопасного хладоносителя с низкой температурой замерзания / Коршунов Б. П., Марьяхин Ф. Г., Учеваткин А. И., Коршунов А. Б. и др. ; Б.И. 2017, № 8.
6. Применение природного холода в АПК / [Коршунов Б. П., Марьяхин Ф. Г., Учеваткин А. И., Коршунов А. Б.]. – М. : ФГБНУ ВИЭСХ, 2015. – 168 с.

### References

1. Mishurov, N. P. (2011). Sovershenstvovanie inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya molochnyh ferm na osnove kompleksnoj energeticheskoj otsenki [Improvement of engineering and technical support of dairy farms on the basis of integrated energy assessment]. Moscow: Rosinformagrotekh, 120.
2. Ivanov, Yu. A. (2012). Kachestvo moloka i effektivnost' ego proizvodstva [The quality of milk and efficiency of its production]. Moscow: Sel'skohozyajstvennye mashiny i tekhnologii, № 2, 22–24.
3. Coj, Yu. A. (2010). Protsessy i oborudovanie doil'no-molochnyh otdelenij zhivotnovodcheskih ferm [Processes and equipment of the milking of the dairy livestock farms offices]. Moscow: VIESH, 424.
4. Kozlovcev, A. P. (2017). Obosnovanie i razrabotka energosberegayushchej tekhnologii ohlazhdeniya moloka v zamknutom cikle sistemy "atmosfera – inzhenernoe sooruzhenie – vodnaya sreda". [Justification and development of energy-saving technology of milk cooling in the closed cycle of the system " atmosphere-engineering structure-water environment"]. Abstract of the thesis... Doctors of Engineering. Orenburg, 2017.
5. Patent N2613454 RF. (2017). Energosberegayushchaya ustanovka dlya ohlazhdeniya moloka s ispol'zovaniem iskusstvennogo i estestvennogo holoda i ekologicheskogo bezopasnogo hladonosatelya s nizkoj temperaturoj zamerzaniya [Energy saving setting for cooling milk with the use of artificial and natural cold and environmentally safe coolant with a low freezing point]. Korshunov B. P., Mar'yakhin F. G., Uchevatkin A. I., Korshunov A. B. and others. Byull. N 8.
6. Korshunov, B. P., Maryahin, F. G., Uchevatkin, A. I., Korshunov, A. B. (2015). Primenenie prirodnoho holoda [The use of natural cold in the agro-industrial complex]. Moscow: VIESH, 168.

### КОМПЛЕКТ ЭНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДО СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОКА НА ФЕРМАХ

**О. Б. Коршунов,  
Б. П. Коршунов,  
А. В. Иванов**

**Анотація.** Розробка енергозберігаючих технологій для охолодження молока – одна з найактуальніших проблем у молочному тваринництві. Одним із ефективних шляхів зниження витрат енергії та підвищення екологічної чистоти технологічного процесу виробництва молока на фермах є використання природного холоду та екологічно чистих холодоносіїв з низькою температурою замерзання. У зв'язку з цим, в ФНАЦ ВІМ проводять дослідження з розробки та впровадження комплексу енергозберігаючого обладнання до системи охолодження молока, що працює з використанням природного холоду та екологічно чистих холодоносіїв із низькою температурою замерзання.

Запропоновано технологічну схему й розраховано споживання електроенергії на первинну обробку молока по місяцях. Побудовано графіки зміни витрат на електроенергію залежно від середньорічної температури зовнішнього повітря. Застосування системи з комплектом енергозберігаючого обладнання для охолодження молока дає змогу підвищити надійність, зберегти високу якість молока і зменшити експлуатаційні витрати. При цьому витрати на електроенергію зменшуються в 1,5...3 рази залежно від регіону, де встановлюється комплект.

**Ключові слова:** охолодження, молоко, енергозбереження, природний холод, екологічно чистий, холодоносіїв з низькою температурою замерзання

## SET ENERGY-SAVING EQUIPMENT TO THE SYSTEM COOLING MILK ON THE FARM

A. Korshunov,  
B. Korshunov,  
A. Ivanov

**Abstract.** Development of energy-saving technologies for milk cooling is one of the most urgent problems in dairy farming. One of the effective ways to reduce energy costs and improve the environmental purity of the technological process of milk production on farms is the use of natural cold and environmentally friendly coolants with low freezing point. In this regard, research is carried out in the FNAC VIM to develop and implement set energy-saving equipment to the milk cooling system, working with the use of natural cold and environmentally friendly coolants with low freezing point.

The technological scheme is offered and calculation of consumption of the electric power on primary processing of milk on months is made. Schedules of change of expenses for the electric power depending on average annual temperature of outside air are constructed. The use of a system with an energy-saving milk cooling module improves reliability, maintains high milk quality and reduces operating costs. The cost of electricity is reduced by 1.5...3 times depending on the region where the set is installed.

**Keywords:** cooling, milk, energy saving, natural cold, environmentally friendly, coolants with low freezing point