

УДК 616.89-008+004.42+004.9

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ



И.А. Оганезов

Доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент
iaoganezov@bsuir.by



Н. В. Щербина

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук
shcherbina@bsuir.by



А.В. Буга

Доцент кафедры экономики Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, кандидат экономических наук, доцент

И.А. Оганезов

Доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент. Проводит научные исследования в области энергоэффективных технологий в АПК.

Н. В. Щербина

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук. Проводит научные исследования в областях промышленной безопасности, эргономики и безопасности труда.

А.В. Буга

Доцент кафедры экономики Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, кандидат экономических наук, доцент. Проводит научные исследования в областях антикризисного управления, стратегического управления научно-инновационной деятельностью в АПК, ее экономической, социальной и экологической эффективности.

Аннотация. Экономически обоснована перспективность охлаждения молока на отечественных молочно-товарных фермах, построенным по типовым проектам при использовании систем автоматизации на основе частотно-регулируемых электроприводов. Предложенные технические решения могут позволить обеспечить существенное снижение расхода электроэнергии и затрат на оплату труда обслуживающего персонала при повышении качества охлажденного молока.

Ключевые слова: ферма, молоко, охлаждение, автоматизация, частотное управление, экономия, эффективность.

Введение.

Одной из основных задач в первичной обработке молока на отечественных молочно-товарных фермах (МТФ) является сохранение высокого качества производимого молока за счет своевременного и надежного его охлаждения.

Исследования, проводимые по проблеме снижения удельного расхода электроэнергии на производство и переработку молока, показали актуальность конкретного направления научно-технического поиска и востребованность инженерных решений в области разработки энергосберегающих процессов на основе использования автоматизированного частотно-регулируемого электропривода.

Качество молока и молочных продуктов во многом зависит от своевременности их обработки и переработки, так как молоко является скоропортящимся продуктом. Охлаждение молока позволяет сохранить его естественные качества и пищевую ценность. В целях сохранения молока в свежем виде в период доставки потребителям его подвергают первичной обработке непосредственно на фермах. Эта обработка включает следующие технологические операции: фильтрацию, охлаждение, хранение, учет. В некоторых случаях к ним добавляются пастеризация, сепарирование и нормализация.

При доении в него попадают бактерии, вызывающие закисание. Источником бактериального загрязнения могут быть плохо вымытое вымя животного, плохо промытые детали, соприкасающиеся с молоком, и воздух коровника, засасываемый пульсатором и коллектором доильного аппарата. Свежевыдоенное молоко обладает бактерицидными свойствами, то есть способностью молока в течение определенного времени препятствовать росту бактерий, которые сохраняются определенное время. Продолжительность бактерицидной фазы зависит от степени и скорости охлаждения молока. Понижая температуру молока, увеличиваем срок действия его бактерицидных свойств. У свежего неохлажденного молока при $t = 30^{\circ}\text{C}$ бактерицидная фаза равна 3 часам, при снижении температуры до 16°C – 76 ч, до $10-13^{\circ}\text{C}$ – 36 ч, до $4-5^{\circ}\text{C}$ жизнедеятельность бактерий практически прекращается.

Из выше изложенного следует, что первичное охлаждение молока является одним из важнейших условий получения качественного продукта.

В связи с этим было предложено произвести замену действующей установки охлаждения молока на новую с более высокой холодопроизводительностью.

В базовом варианте используется танк-охладитель молока с нерегулируемым электроприводом основного технологического узла – компрессора. Управление работой всех элементов холодильного агрегата производится в ручном режиме.

В проектируемом варианте предусматривается использование аналогичного технологического оборудования, однако привод компрессорного агрегата должен быть регулируемым с использованием частотного преобразователя (ЧП). Управление данным электроприводом автоматическое при помощи терморегулятора и датчиков температуры молока. Кроме того, автоматизирована работа перемешивающих устройств с использованием реле времени, что исключает участие оператора в процессе управления. Предложенная схема управления обеспечивает экономию тепла и электроэнергии.

Основные характеристики и преимущества проекта:

- высокий уровень гигиены резервуара благодаря очистке с возможностью выбора оптимального режима промывки;
- исключение риска замораживания молока благодаря системе контроля льдообразования; улучшенный контроль за функционированием танка-охладителя благодаря системе управления;
- увеличенная на 20 % изоляция, позволяющая снизить расходы на ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования, повысить его срок службы;
- более рациональный расход моющих средств, благодаря автоматическому дозированию; более высокая степень фильтрации молока, благодаря усовершенствованной системе фильтрации;
- возможность выбора более рационального режима охлаждения; более высокий уровень очистки резервуара и молокопровода, благодаря системе продувки молокопровода;
- возможность повторного использования воды, благодаря наличию клапана для отделения промывочной воды;
- более высокие показатели надежности и срока службы.

Поэтому тема данной научной работы является актуальной для экономики АПК Республики Беларусь.

Материалы и методы.

С учетом поставленных задач в работе применялись методы исследования: экономико-статистический, монографический, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, интервьюирования и др. При разработке приоритетных направлений использования новых технологий на основе автоматизированного частотно-регулируемого электропривода применительно к условиям организации ПРУП «Экспериментальная база имени Котовского», д. Озеро, Узденский район, Минская область Республики Беларусь, применялись экспертно-аналитический, экономико-статистические, расчетно-конструктивный и монографический методы.

Информационной базой исследования являются отраслевые справочно-нормативные материалы, положения и рекомендации специализированных научно-исследовательских учреждений, данные статистических органов и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, а также результаты лабораторных и хозяйственных испытаний на базе организации ПРУП «Экспериментальная база имени Котовского», д. Озеро, Узденский район, Минская область Республики Беларусь.

Результаты.

За базовый вариант нами принята установка охлаждения молока МОУ-4000Г в стандартной комплектации.

За проектируемый вариант принимаем установку охлаждения молока МОУ-4000Г со схемой управления электроприводом на основе преобразователя частоты для электропривода компрессора (см. рисунок 1).



Рисунок 1. Установка охлаждения молока МОУ-4000Г со схемой управления электроприводом на основе преобразователя частоты для электропривода компрессора

Основные преимущества проекта: с помощью схемы управления на основе преобразователя частоты обеспечивается поддержание требуемого давления теплоносителя компрессора для обеспечения необходимой температуры охлаждения молока с высокой точностью, снижение негативного влияния пусковых токов на электродвигатель при его запуске, снижение расхода электроэнергии, возможность выбора оптимального режима охлаждения; исключение риска замораживания молока благодаря системе контроля льдообразования.

Показатели эффективности инвестиций в проект рассчитаны в таблице 1.

Таблица 1. Техничко-экономические показатели проекта (без учета НДС)

Показатели	Вариант 1	Вариант 2	Изменения (3-2)
1.Поголовье, голов	200	200	–
2.Годовой объем производства молока, т	1080	1080	–
3.Затраты труда, ч/год	756,3	400,29	-356,01
4.Установленная мощность установки охлаждения молока, кВт	6,8	6,8	–
5.Расход электроэнергии, кВт·ч/год	10841	6977	-3864,00
6.Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	10,04	6,46	-3,58
7. Балансовая стоимость действующего оборудования, у.е.	7445	7445	–
8. Капиталовложения в новое оборудование без НДС, у.е.	–	1000,26	–
9. Эксплуатационные издержки, у.е., в том числе:	3208,57	2604,2	-604,37
– расходы на оплату труда	635,29	336,24	-299,05
– отчисления на социальные нужды	190,59	100,87	-89,72
– амортизационные отчисления	744,5	844,53	100,03
– затраты на техническое обслуживание и ремонт	446,7	506,72	60,02
– затраты на электроэнергию	899,80	579,09	-320,71
– прочие издержки	291,69	236,75	-54,94
10. Прирост чистой прибыли, у.е.	–	604,37	–
11. Годовой доход, у.е.	–	704,40	–
12. Чистый дисконтированный доход, у.е.	–	2359,73	–
13. Срок окупаемости капиталовложений, лет:			
– статический	–	1,42	–
– динамический	–	1,71	–
14. Индекс доходности проекта, у.е.	–	3,36	–
15. Внутренняя норма доходности, %		73,35	
Примечание: 1 у.е. соответствует доллару США по курсу Национального банка Республики Беларусь			

Предложенная система управления может обеспечить существенную экономию электроэнергии (более 35 %) и затрат на оплату труда и социальные нужды (более 45 %), эксплуатационных расходов на 19 % в год. Чистый дисконтированный доход составил 2359,73 у.е. Он больше нуля. При этом расчетный срок окупаемости капитальных вложений не более 2-х лет. Внутренняя норма доходности, ВНД = 73,35 % больше ставки дисконтирования (15 %). Индекс доходности проекта, ИД = 3,36 > 1.

Данные показатели также свидетельствуют о экономической целесообразности рассматриваемого энергосберегающего инвестиционного проекта.

Расчет наличного чистого дисконтированного потока денежных средств проекта с учетом НДС приведен в таблице 2.

Таблица 2. Расчет наличного чистого дисконтированного потока денежных средств проекта с учетом НДС

Показатель	Годы реализации проекта					
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Инвестиции с НДС, у.е.	1200,31	–	–	–	–	–
Прибыль отчетного года, у.е.	0	604,37	604,37	604,37	604,37	604,37
Амортизационные отчисления, у.е.	0	100,03	100,03	100,03	100,03	100,03
Итого приток, у.е.	0	704,4	704,4	704,4	704,4	704,4
Итого отток, у.е.	1200,31	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 2

Показатель	Годы реализации проекта					
	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Сальдо, у.е.	-1200,31	704,4	704,4	704,4	704,4	704,4
Коэффициент дисконтирования	1,0000	0,870	0,756	0,658	0,572	0,497
Дисконтированный приток, у.е.	0	612,83	532,53	463,50	402,92	350,09
Дисконтированный отток, у.е.	-200,31	0	0	0	0	0
Чистый дисконтированный поток наличности, у.е.	-1200,31	612,83	532,53	463,50	402,92	350,09
Чистый дисконтированный поток с нарастающим итогом, у.е.	-1200,31	-587,48	-54,95	408,55	811,47	1161,56
ИТОГО Чистый дисконтированный доход, у.е.	2361,87					

Примечание: 1 у.е. соответствует доллару США по курсу Национального банка Республики Беларусь

Финансовый профиль и срок окупаемости проекта с учетом НДС приведены на рисунке 2.

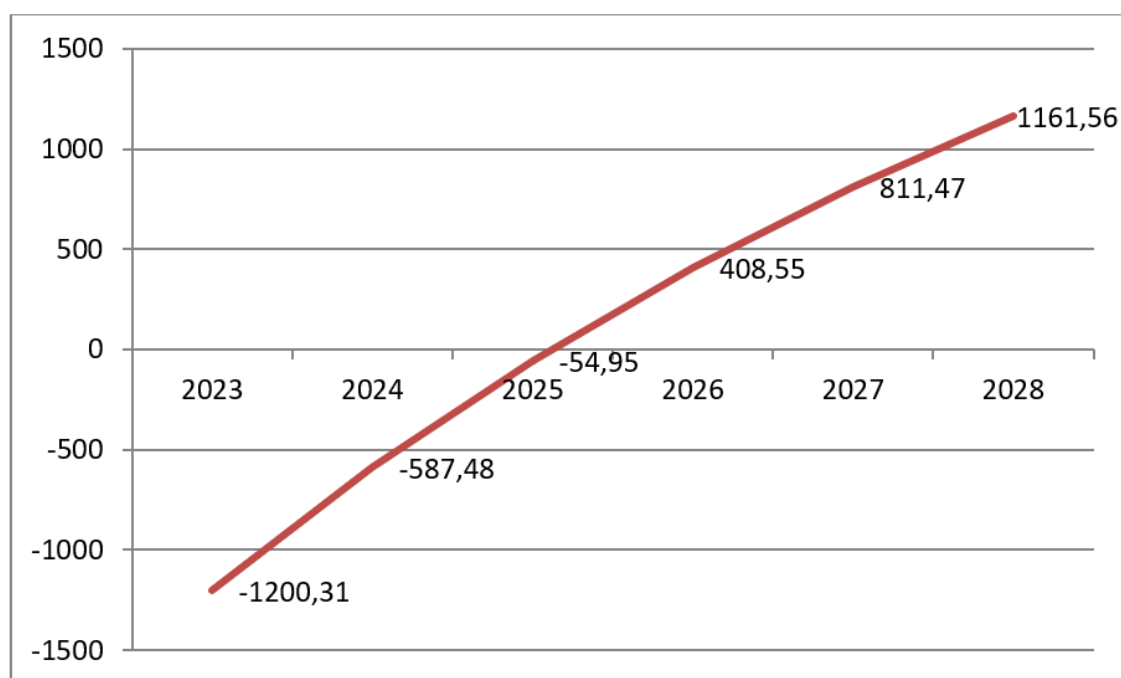


Рисунок 2. Финансовый профиль и срок окупаемости проекта с учетом НДС, у.е.

Исходя из приведенных расчетов, следует, что внедрение системы автоматизированного частотно-регулируемого электропривода для охлаждения молока на МТФ ПРУП «Экспериментальная база имени Котовского», д. Озеро, Узденский район, Минская область Республики Беларусь, спроектированной и построенной по типовому проекту экономически целесообразно.

Заключение.

1. Анализ передового отечественного и зарубежного опыта показывает значительный эффект результатов от внедрения автоматизированного частотно-регулируемого электропривода для обеспечения основных групп потребителей электроэнергией, в том числе в молочном животноводстве на основах:

– подачи конкретному потребителю электрической энергии, необходимой мощности $P_{\text{вых}}$;

– выбора рационального с технической и экономической точек зрения регулируемого электропривода, позволяющего управлять скоростью в нужном диапазоне с минимальными потерями $\Delta P_{\text{дв}}$;

– обоснования рационального с технической и экономической точек зрения управления координатами, образующими потребляемую технологическими машинами мощность.

Переход от нерегулируемого асинхронного электропривода к электроприводу с регулируемой частотой вращения в молочном животноводстве во многих случаях позволил не только снизить потребление электроэнергии за счет рационализации технологического процесса, но уменьшить износ технологического и электрического оборудования, повысить надежность его эксплуатации и увеличить ресурс.

2. По результатам экспериментального исследования от внедрения системы автоматизированного частотно-регулируемого электропривода для охлаждения молока на МТФ ПРУП «Экспериментальная база имени Котовского», д. Озеро, Узденский район, Минская область Республики Беларусь, спроектированной и построенной по типовому проекту были получены следующие значения эффекта в натуральном и стоимостном выражении:

– существенная экономия электроэнергии (более 35 %) и затрат на оплату труда и социальные нужды (более 45 %);

– общие эксплуатационные издержки могут быть снижены на 19 %; чистый дисконтированный доход в размере 2359,73 долл. США;

– внутренняя норма доходности, ВНД = 73,35 %; индекс доходности проекта, ИД = 3,36; срок окупаемости – не более трех лет.

Данные результаты рассматриваемого пилотного проекта могут повлиять на существенное повышение количества сэкономленной электроэнергии в молочном животноводстве и снижение энергоемкости конечного продукта (молока).

3. В качестве стимулирующих инструментов государственной политики, позволяющих расширять использование частотно-регулируемых электроприводов в животноводстве отечественного АПК могут быть:

– меры по созданию рациональной рыночной среды (включая согласованное тарифное, налоговое, таможенное, антимонопольное регулирование);

– введение системы перспективных технических регламентов, национальных стандартов и норм, стимулирующих энергосбережение;

– стимулирование и поддержку стратегических инициатив хозяйствующих субъектов в инновационной и энергосберегающей сферах.

Список литературы

[1] Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 годы, 2021 (в редакции Постановления СМ РБ от 24.02.2021 №103) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gosstandart.gov.by/approved-state-program-energy-saving-for-2021-2025-years> – Дата доступа: 11.02.2023.

[2] Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы (в редакции Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 года № 59) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/programms/b81ab6f86bc5670a.html> – Дата доступа: 11.02.2023.

[3] Ловкис, В.Б. О критериях энергетической эффективности сельскохозяйственных технологий / В.Б. Ловкис, В.А. Колос // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межвед. темат. сб. Т. 32. – Минск: РУП «НПЦ НАНБ по механизации с.-х.», 2008. – С. 13-19.

[4] Твердохлеб, Г.В. Технология молока и молочных продуктов / Г.В. Твердохлеб, Г.Ю. Сажин, Р.И. Раманаускас – Москва: ДеЛи принт, 2006. – 616 с.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF AUTOMATION INSTALLATION FOR MILK COOLING USING FREQUENCY CONTROL

I.A.Oganezov

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
Associate Professor, Department
of Economics and Organization
of Enterprises, Belarusian State
Agrarian Technical University*

N.V.Shcherbina

*Master of Engineering
Senior Lecturer,
Department of Engineering
Psychology and Ergonomics,
Belarusian State University of
Informatics and Radioelectronics*

A.V.Buga

*Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor
Associate Professor of the
Department of Economics of the
North-West Institute of
Management of the Russian
Academy of National Economy
and Public Administration under
the President of the Russian
Federation*

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

*North-West Institute of Management of the Russian Academy of National Economy and Public Administration
under the President, Moscow, Russia*

E-mail: iaoganezov@bsuir.by; shcherbina@bsuir.by

Abstract. Economically justified is the prospect of cooling milk on domestic dairy farms built according to standard designs using automation systems based on frequency-controlled electric drives. The proposed technical solutions can provide a significant reduction in energy consumption and labor costs for service personnel while improving the quality of chilled milk.

Keywords: farm, milk, cooling, automation, frequency control, savings, efficiency.