

УДК 637.117

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

*Ливиу ВОЛКОНОВИЧ¹, Михаил КУШНИР¹, Аугустин ВОЛКОНОВИЧ²,
Александр УЧЕВАТКИН², Наталья КУШНИР¹, Викторин СЛИПЕНКИ¹,
Анатол ДАЙКУ¹, Онорин ВОЛКОНОВИЧ¹, Александр Попа¹*

¹Государственный Аграрный Университет Молдовы

²Министерство Сельского Хозяйства, Регионального Развития и Среды Республики Молдова

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of automated energy-saving technological processes of milk cooling. It has been established that the most effective energy-saving milk cooling systems for production lines are combined modular-type all-year-round operation systems that include natural cold receivers with standardized multi-stage spray units and water-ice accumulators of natural and artificial cold in combination with refrigeration compressors of the vapor compression type.

Key words: Milk cooling; Energy saving technology; Electrical equipment system; Natural cold; Artificial cold; Refrigeration compressor.

Реферат. В работе приводится комплексный анализ автоматизированных энергосберегающих технологических процессов для охлаждения молока. Установлено, что наиболее эффективными энергосберегающими системами охлаждения молока технологических линий являются комбинированные системы круглогодичного действия модульного типа, включающие приемники естественного холода с унифицированными многоступенчатыми распылительными блоками, водо-ледяные аккумуляторы естественного и искусственного холода в сочетании с холодильно-компрессорными подзарядными агрегатами парокомпрессионного типа.

Ключевые слова: Охлаждение молока; Энергосберегающие технологии; Система электрооборудования; Естественный холод; Искусственный холод; Холодильно-компрессорные агрегаты.

ВВЕДЕНИЕ

Технологический процесс обработки молока и существующая система электрооборудования (СЭ) на фермах не отвечают современным требованиям по ресурсо- и энергосбережению, уровню автоматизации и унификации. СЭ, которая включает типовые устройства управления серии РУС, не обеспечивает полноценную комплектацию линий нового поколения. Ее ограниченные функциональные возможности из-за несоответствия алгоритмов управления для 70% машин не позволяют реализовать энергосберегающие технологии, повысить эффективность процесса обработки молока в целом и усложняет их эксплуатацию. При формировании технологических линий, охватывающих несколько десятков машин, число вариантов систем управления резко возрастает и решение задачи разработки сложной СЭ возможно лишь путем создания унифицированных низковольтных комплектных устройств (НКУ) для всей номенклатуры технологических линий. В связи с этим остро встала проблема унификации электрооборудования на уровне схемных решений, элементной и конструктивной базы, построение СЭ по блочно-модульному принципу. Это позволит значительно сократить количество типоразмеров и типоразмеров НКУ. Вместе с тем, существующий комплекс контролируемых и регулируемых параметров и технических средств не позволяет повысить уровень автоматизации энергосберегающих систем и интенсифицировать процесс обработки молока на фермах (Мусин, А., Волконович, Л., Волконович, А. и др. 2007).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для эффективного управления процессом обработки молока, необходимо иметь полную и достоверную информацию о состоянии контролируемых и регулируемых параметров звеньев линии, характеризующих технологический процесс. Это требует проведение комплексных исследований технологических линий как объектов управления для получения и

обработки информации, необходимой для создания энергосберегающих технологических систем и разработки унифицированной СЭ и обоснования ее параметров. Продолжительные производственные исследования проводились на линиях первичной обработки молока ферм с. Марамоновка и с. Цауль Дондюшанского района, с. Кэинарий-Векь Сорокского района, а также с. Выхватинцы Рыбницкого района Республики Молдова (Мусин, А., Волконович, Л. и др. 2007; Волконович, Л., Сырги, К. 2002; Мусин, А.М. 2006).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате проведенных исследований энергетических характеристик и потоков линий установлено, что наиболее эффективными энергосберегающими системами охлаждения молока технологических линий являются комбинированные системы круглогодичного действия модульного типа, включающие приемники естественного холода с унифицированными многоступенчатыми распылительными блоками, водо-ледяные аккумуляторы естественного и искусственного холода в сочетании с холодильно-компрессорными подзарядными агрегатами пароконденсационного типа. Результаты длительных производственных испытаний на фермах подтвердили, что по сравнению с традиционным способом охлаждения молока использование разработанной комбинированной системы охлаждения позволяет сократить удельные затраты электроэнергии на охлаждение в холодное время до 8 раз, установленную мощность электрооборудования и холодопроизводительность холодильных установок до 3.3 раз, материалоемкость аккумуляторов до 4 раз, а так же повысить аккумулирующую способность системы не менее, чем в 2.1 раза.

На основе результатов исследований сформулированы требования к типоразмеру установок для охлаждения молока с использованием естественного и искусственного холода, предложены типовые технологические схемы энергосберегающих систем охлаждения и разработана обобщенная методика расчета и обоснования параметров и режимов работы системы охлаждения молока с использованием естественного и искусственного холода на базе установок сезонного действия (УСД), комбинированного действия (УКД) и аккумуляторов-льдохранилищ (ЛХ) (Мусин, А., Волконович, Л. и др. 2007; Мусин, А.М. 2006).

Возможность улучшения показателей и характеристик линии заложена в совершенствовании технологии, машин и оборудования. Задача СЭ заключается в том, чтобы максимально реализовать эти потенциальные возможности за счет улучшения взаимодействия отдельных звеньев и повышения уровня автоматизации линии в целом. Поэтому к СЭ предъявляются повышенные требования по обеспечению и согласованию материальных потоков подачи и расхода, поддержанию заданных режимов с требуемым быстродействием.

Для повышения качества функционирования линии и СЭ смоделированы и оценены временные режимы работы звеньев и линии в целом с последующим обоснованием алгоритмов управления и технических средств, обеспечивающих сокращение непроизводительных или трудоемких операций по управлению линией. Конечная цель исследований - оценка времени и характера рабочего цикла СЭ звеньев линии в целом в их взаимосвязи. Установлено, что время работы регулируемых и нерегулируемых звеньев технологических линий, работающих по энергосберегающим технологиям в рабочем цикле являются случайными величинами, распределенными по закону, близкому к нормальному. Определение и анализ характеристик величин времени проведен на основе информации, полученной при проведении хронометража работы звеньев исследуемых линий.

Для обеспечения автоматизированного управления разработанной системой аккумуляирования холода и охлаждения молока искусственным и естественным холодом и функционирования линии в оптимальном энергетическом режиме исследованы энергетические характеристики технологических линий. Исследование проведено путем количественной оценки и сравнения энергетических потоков и режимов работы СЭ типовой линии и линии с автоматизированной системой охлаждения молока естественным и искусственным холодом. Оценка выполнена на основании уравнений энергетического баланса технологической линии как единой системы.

Анализ уравнений энергетического баланса показывает, что на типовой линии затраты энергии на охлаждение 1 т молока составляют 30...35 кВт·ч, при этом тепловая энергия молока не ис-

пользуется. На линии с энергосберегающей технологией за счет аккумуляции холода и использования тепловой энергии молока и теплоты конденсации хладагента ХУ в сутки регенерируется в теплый период - 500, а в холодный 260 кВт·ч энергии, которая используется для нагрева воды, идущей на технологические нужды фермы. Кроме того в холодное время года использование только УСД, аккумулирующих естественный холод для охлаждения молока на фермах, позволяет работать без холодильных установок в течение 4..4, 5 месяцев в году, что экономит не менее 230 кВт·ч электроэнергии в сутки. В теплое время года только за счет предварительного охлаждения молока расход энергии на его охлаждение уменьшается на 40...60%, а хладопроизводительность и установленная мощность холодильных установок в 2...2,1 раза, что позволяет сэкономить не менее 130 кВт·ч электроэнергии в сутки. В результате в теплый период года затраты энергии на охлаждение 1 т молока составляют 10...13 кВт·ч, а в холодный – 2..0...4 кВт·ч (Мусин, А., Волконович, Л. и др. 2007; Волконович, Л., Сырги, К. 2002; Мусин, А.М. 2006).

При обосновании параметров и структуры энергосберегающих технологических линий обработки молока и СЭ с целью повышения надежности процесса обработки молока, анализировался технологический ущерб от потерь молока и снижения его качества, что является одной из основных составляющих экономического критерия, определяющего выбор варианта технологической системы, а также конструктивного исполнения, схемного решения, элементной базы и структуры СЭ. Анализ ожидаемого ущерба от наиболее вероятных аварийных ситуаций, вызванных отказом различных звеньев и блоков СЭ, проведен методом имитационного моделирования аварийных ситуаций и по данным хозяйств. Установлено, что к наибольшим технологическим ущербам приводят отказы ХУ и их систем управления. Анализ отказов реально функционирующих технологических звеньев линий обработки молока и СЭ показал, что для повышения надежности систем охлаждения и обработки молока целесообразно использовать системы естественного холода, автоматизированные регулируемые звенья и двухуровневую унифицированную СЭ, что позволяет существенно упростить структуру технологических линий и обеспечить повышение вероятности безотказной работы линий не менее, чем в 2 раза (Мусин, А., Волконович, Л. и др. 2007; Волконович, Л., Сырги, К. 2002).

Для оценки влияния режимов работы электрооборудования на показатели качества обрабатываемого молока исследовались зависимости потерь молочного жира ΔG и сортности от площади контакта с поверхностью накопительно-регулирующих емкостей (НРЕ) S_o и окружающим воздухом S_v (рис.4). В качестве критерия сортности принималась бактериальная обсемененность молока. Исследования проведены на типовой линии, оснащенной нерегулируемыми звеньями (рис.1), и на линиях с энергосберегающей технологией, оснащенных соответственно автоматизированными регулируемыми звеньями с дискретно-регулируемым электроприводом (рис.2) и устройством контроля и регулирования потоков (рис. 3).

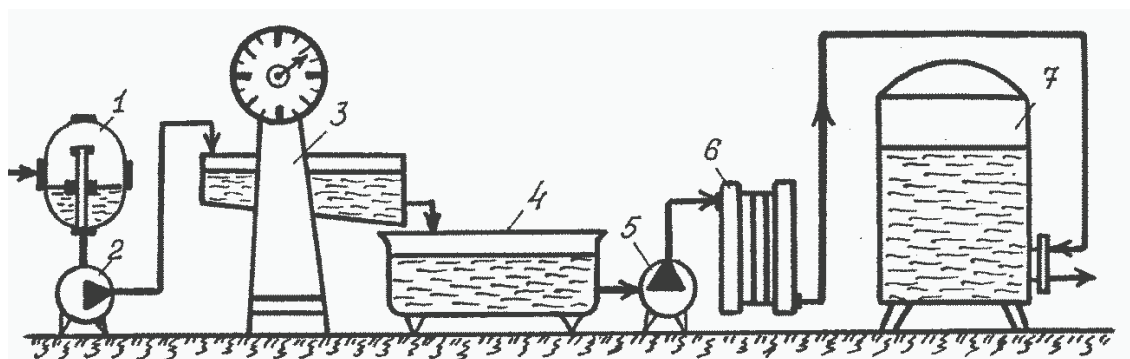


Рисунок 1. Типовая технологическая линия обработки молока:

1 - молокосорборник-воздухоразделитель; 2, 5 - молочные насосы НМУ-6 или Г2-ОПА; 3 - молочные весы СМН-500; 4 - молокоприемный бак БМ -1000; 6 - проточный охладитель ООТ-М; 7- резервуар-термос В2-ОМГ-6,3.

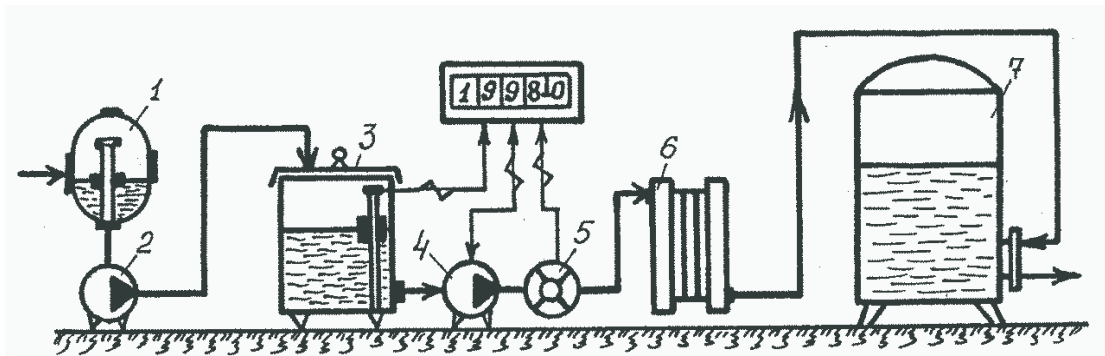


Рисунок 2. Технологическая линия, оснащенная автоматизированными звеньями (АЗ) с дискретно-регулируемым электроприводом (ДРЭ)

1 - молокосорбник-воздухоразделитель; 2 - молочный насос НМУ-6; 3 - молокоприемный бак типа ОБК-250; 4 - молочный насос-дозатор П8-ОНВ; 5 - счетчик молока; 6 - проточный охладитель ООТ-М; 7 - резервуар-термос В2-ОМГ-6,3.

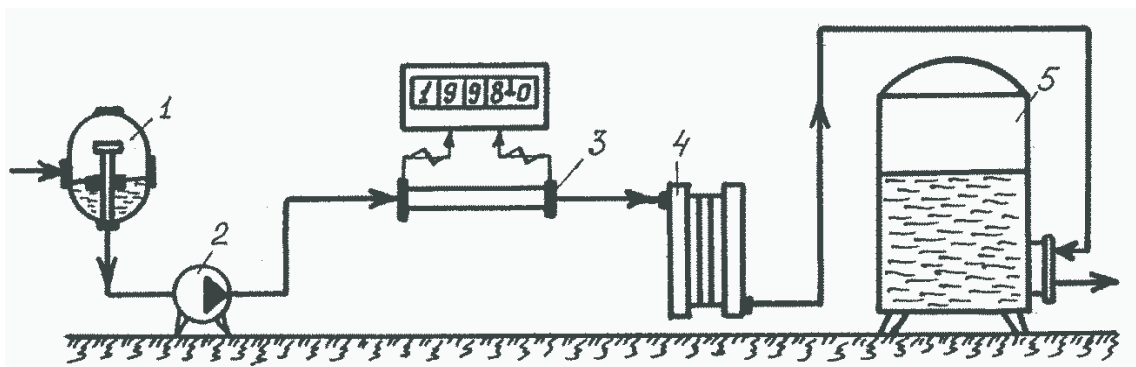


Рисунок 3. Технологическая линия, оснащенная устройством для контроля и регулирования потоков молока (УКПИ)

1 - молокосорбник-воздухоразделитель; 2 - молочный насос НМУ-6; 3 - счетчик молока УМ-БК (устройство для контроля и регулирования потоков молока); 4 - проточный охладитель ООТ-М; 5 - резервуар-термос В2-ОМГ-6,3.

Применение автоматизированных звеньев с дискретно-регулируемым электроприводом для учета и перекачки молока (рис. 2), устройства для контроля и регулирования потоков молока (рис. 3) вместо молочных весов СМИ-500 и молокоприемного бака БМ-1000 (рис.1), позволило объединить доильную установку и линию в единую поточно-транспортную систему, обрабатывать молоко в закрытом потоке изолированно от окружающего воздуха, сократить площадь контакта молока с молочным оборудованием и окружающим воздухом по сравнению с типовой линией, соответственно: S_o с 10,04 до 0,4 м², S_B : с 3,95 до 0,46 м² (рис.9); S_o с 10,04 до 0 м², S_B : с 3,95 до 0 м² (рис. 3). При этом время обработки молока за счет уменьшения емкостного запаздывания сократилось до 5 раз.

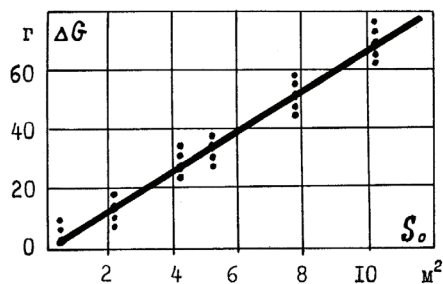


Рисунок 4. Зависимость потерь молочного жира ΔG от площади контакта молока с поверх-

ностью молочного оборудования S_o (СМИ-500, БМ-1000, ОБК-250, УКРП)

Зависимость потерь молочного жира ΔG от площади контакта с поверхностью оборудования и НРЕ S_o определена путем учета количества жира, оставшегося на поверхностях НРЕ. В результате проведенных исследований и обработки экспериментальных данных (рис.4) установлено, что между исследуемыми факторами имеется корреляционная связь и линия регрессии представляет собой прямую вида

$$\Delta G = 6,1 \cdot S_o \quad (1)$$

где S_o - площадь контакта молока с поверхностью НРЕ, м².

Полученное выражение позволяет определять расчетные значения потерь жира при обработке молока на линиях с различной вместимостью НРЕ. Установлено, что использование автоматизированных звеньев с дискретно-регулируемым электроприводом для учета и перекачки молока вместо нерегулируемого сокращает площадь контакта молока с НРЕ более чем в 15 раз, а потери молочного жира в среднем 50 г на 1 т обрабатываемого молока (табл.1). Применение же устройства для контроля и регулирования потока молока вместо нерегулируемого позволяет исключить НРЕ из технологического процесса (рис. 3), и обеспечить обработку его в закрытом потоке, при этом контакт молока с поверхностью НРЕ S_o и окружающим воздухом S_v по сравнению с типовой линией полностью исключается. Это обеспечило полную сохранность молочного жира в процессе обработки.

Таблица 1. Изменение показателей качества молока при обработке на линиях с различной площадью контакта молока с поверхностью молочного оборудования S_o и окружающим воздухом S_v

Линия	Жирность молока, %				Бак. обсемененность б/мл		
	G_n	ΔG_o	G_o	ΔG	B_s	σ_v	ΔB_s
Типовая	3,3	$63 \cdot 10^{-4}$	3,5	0,005	$350 \cdot 10^3$	$48 \cdot 10^3$	$48 \cdot 10^3$
АЗ с ДРЭ	3,3	$3 \cdot 10^{-4}$	3,5		$300 \cdot 10^3$	$46 \cdot 10^3$	
с УКРП	3,3	0	3,5	0	$250 \cdot 10^3$	$41 \cdot 10^3$	$98 \cdot 10^3$

Исследование влияния режимов работы автоматизированных регулируемых звеньев и площади контакта молока с молочным оборудованием S_o и воздухом S_v на сортность молока $B_s = f(S_o + S_v)$ проведено на основании данных зоослужбы фермы. На рис. 5 приведены кривые распределения бактериальной обсемененности обрабатываемого молока на рассматриваемых линиях. Анализ кривых и выполненные расчеты показывают, что при обработке молока на типовой технологической линии (рис. 1), количество полученного за год молока не удовлетворяющего требованиям высшего сорта, при годовом надое 1000 т, может составлять в среднем 20 т, при обработке на линии, оснащенной автоматизированными звеньями с дискретно регулируемым электроприводом (рис. 2) - в среднем 10 т, при обработке же на линии, оснащенной устройством для контроля и регулирования потоков молока (рис. 3), практически все молоко сдается высшим сортом.

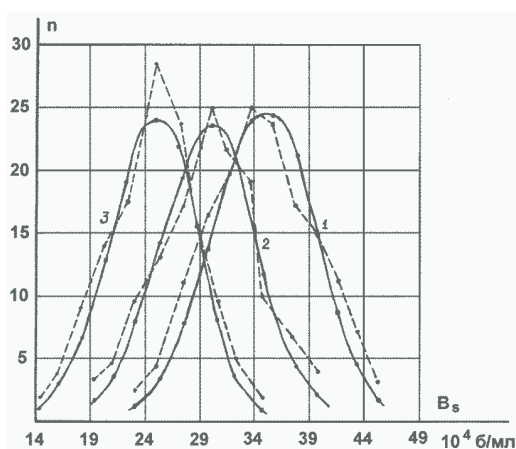


Рисунок 5. Распределение бактериальной обсемененности молока для типовой линии (1), линии с дискретно-регулируемым электроприводом ДРЭ (2) и линии, оснащенной устройством для контроля и регулирования потока молока УКРП (3)

n – эмпирические и выравнивающие частоты нормального распределения бактериальной обсемененности молока B_j .

Обоснование структуры унифицированной СЭ и уровня автоматизации линий проведено на основе разработанной математической модели, предусматривающей моделирование и анализ структуры затрат рабочего времени оператора на управление линией и рассматривающей ее как единую систему *оператор – технологическая линия – СЭ*. Исследовались варианты формирования технологических линий одно и двухуровневой СЭ. Централизованной системой дистанционного контроля и управления осуществляется контроль и регулирование уровней и температуры молока, атмосферного воздуха, воды и хладоносителя, кратности расходов и объемов хладоносителя и молока, времени охлаждения и аккумуляции холода, перемешивания молока в резервуарах молока и хладоносителя в АХ, а также аварийная сигнализация, оповещающая о переполнении емкостей, отказе холодильного и насосного оборудования, отклонении температуры охлаждения молока, воды и хладоносителя.

Затраты рабочего времени оператора на управление линией определены из циклограмм работы оборудования и пооперационного хронометража работы оператора в процессе обработки молока. Обоснование структуры затрат рабочего времени оператора на управление всей линией $m[T_{л}]$ проведено по выражению

$$m[T_{л}] = \sum_{j=1}^f \sum_{i=1}^k (m[T_{Bj}] + m[T_{Oj}]); m[T_{Hj}]; m[T_{Yj}]; m[T_{Пj}] \quad (2)$$

где: $m[T_{Bj}]$, $m[T_{Oj}]$, $m[T_{Hj}]$, $m[T_{Yj}]$, $m[T_{Пj}]$ - оценки математического ожидания суммарных затрат рабочего времени соответственно на включение и отключение i -ой машины j -го звена, на наблюдение за работой i -ой машины звена j , на выполнение операций управления (переключение кранов, установку, фильтров и т.п.), на переходы при включении, отключении, наблюдении за работой i -ой машины j -го звена и выполнении операций управления; k - количество машин в звене; f - количество звеньев в технологической линии;

Распределение затрат рабочего времени оператора на управление линией, характеризуются структурными коэффициентами.

Анализ суммарных затрат рабочего времени на управление линий с одноуровневой структурой СЭ показывает, что коэффициент использования рабочего времени составляет лишь 26%, а коэффициенты непроизводительных затрат kn и kn соответственно составляют 45 и 25% (табл.2). Установлено, что одноуровневая структура СЭ не позволяет избежать многократных переходов Tn от одного звена к другому. Удаленность НКУ отдельных звеньев друг от друга практически исключает возможность непосредственного контроля за ходом процесса обработки на линии и требует постоянного присутствия оператора. Оператор вынужден регулярно обходить все звенья, осуществляя постоянный контроль за функционированием. Кроме того, последовательные переходы Tn и наблюдения Tn за работой звеньев линии исключают возможность своевременного обнаружения аварийных ситуаций, что неизбежно приводит к потере молока или снижению его качества.

Проведенными исследованиями установлено что, для повышения коэффициента использования рабочего времени, и соответственно для снижения коэффициентов непроизводительных затрат kn и kn , целесообразно использовать двухуровневую СЭ, состоящую из централизованной системы дистанционного контроля, регулирования и управления (ЦУДКУ), расположенного на втором уровне управления, обеспечивающего контроль, регулирование и управление процессом обработки молока в автоматическом режиме, а также возможность вмешательства оператора в аварийных ситуациях. При этом, НКУ первого уровня обеспечивают местное управление звеньями в пусконаладочном, ручном, автоматическом и аварийном режимах.

Анализ структуры затрат рабочего времени оператора на управление линией с двухуровневой СЭ показывает, что затраты рабочего времени сократились: на наблюдения - в 3,3 раза; на управление - в 1,3 раза; на переходы - в 1,96 раза. Суммарные затраты рабочего времени оператора на управление линией сократились в 2,0 раза, а уровень автоматизации повысился на 50%.

Проведенные исследования технологических линий обработки молока как объектов управле-

ния, позволили обосновать и сформировать требуемый комплекс контролируемых и регулируемых параметров процесса обработки молока, необходимый для создания эффективных технических средств и разработки унифицированной СЭ, обеспечивающей комплексную автоматизацию процесса обработки молока при соблюдении требований к его качеству, а также энергетическим, экологическим и эксплуатационным характеристикам технологических линий нового поколения (Волконович, Л., Сырги, К. 2002; Мусин, А.М. 2006).

Таблица 2. Структура затрат рабочего времени оператора на управление процессом обработки молока на технологических линиях

Вариант системы управления	Показатель, ч					Отн. Единицы				
	<i>T_н</i>	<i>T_у</i>	<i>T_п</i>	<i>T_{в,о}</i>	$\Sigma Tл$	<i>к_н</i>	<i>к_у</i>	<i>к_п</i>	<i>к_{во}</i>	<i>da</i>
Одноуровневая	2,99	1,75	1,6	0,13	6,4	0,45	0,25	0,24	0,02	
Двухуровневая	0,89	1,35	0,8	0,13	3,13	0,3	0,4	0,25	0,04	0,5

Формирование двухуровневой унифицированной СЭ для линии обработки молока с энергосберегающей технологией на ферме, построенной по блочно-модульному принципу, показана рис. 6. Установка СЭ построена из унифицированных субблоков путем многократного применения их в различных НКУ. Например, субблок 3 повторяется пять раз: в ЦУДКУ, НКУ 1, НКУ 2, НКУ 4, НКУ 5.

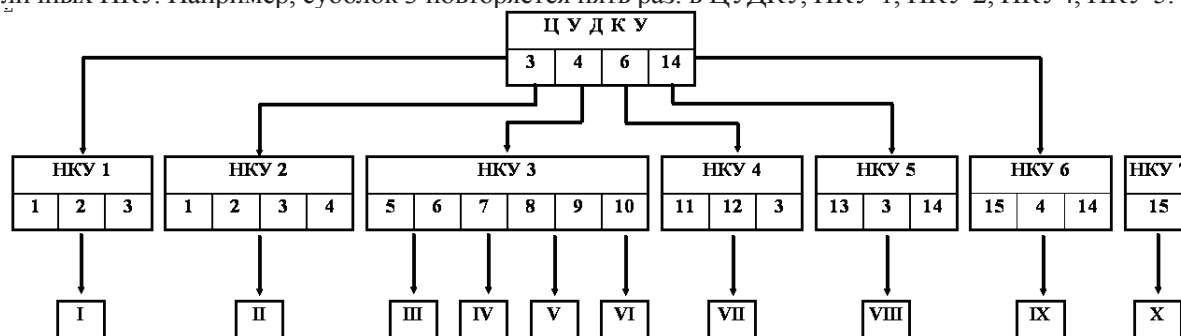


Рисунок 6. Структурная схема блочной двухуровневой унифицированной системы электрооборудования, построенной из унифицированных субблоков для технологической линии обработки молока с энергосберегающей технологией

ЦУДКУ – централизованное устройство дистанционного контроля и управления; НКУ 1 – блок управления (БУ) электроприводом молочного насоса воздухоразделителя (I); НКУ 2 – БУ электроприводом устройства для учета и перекачки молока (II); НКУ 3 – БУ электроприводами системы выработки холода: насоса хладоносителя (III), насоса системы охлаждения конденсатора (IV), компрессора (V), аккумулятором естественного и искусственного холода (VI); НКУ 4 – БУ электрооборудованием резервуара для хранения молока (VII); НКУ 5 – БУ электроводонагревателем (VIII); НКУ 6 – БУ электроприводом молочного насоса системы выдачи молока с фермы (IX); НКУ 7 – БУ электроприводом насоса установки для циркуляционной промывки молокопроводных систем (X); 1 – субблок системы управления электроприводами (ССУЭ) молочного насоса воздухоразделителя или молочного насоса; 2 – субблок системы контроля (ССК) сигнала датчика верхнего уровня молока; 3 – ССК аварийной сигнализации отклонения параметров от заданных пределов; 4 – субблок системы учета молока; 5 – субблок системы защиты, управления и контроля параметров холодильных установок; 6 – субблок системы аварийной сигнализации и блокировки электроприводов холодильных установок; 7 – ССУЭ насоса хладоносителя; 8 – ССУЭ насоса системы охлаждения конденсатора холодильных установок; 9 – ССУЭ компрессора; 10 – ССУЭ аккумулятора естественного и искусственного холода; 11 – ССУЭ перемешивающего устройства резервуаров молока; 12 – субблок системы программного управления перемешивающим устройством резервуаров молока; 13 – ССУЭ нагревательного элемента электроводонагревателя; 14 – ССК сигнала датчиков температуры или уровня молока; 15 – ССУЭ молочного насоса выдачи молока с фермы и установки для безразборной мойки оборудования.

ВЫВОДЫ

Технологические линии обработки молока и система электрооборудования (СЭ) на фермах не отвечают современным требованиям по энергетическим характеристикам, уровню автоматизации и унификации. Существующий комплекс контролируемых и регулируемых параметров и технических средств процесса обработки, отсутствие данных о влиянии параметров и режимов

работы звеньев на показатели качества молока, энергетические, экологические и эксплуатационные характеристики линий не позволяют обосновать и формировать автоматизированные энергосберегающие системы и интенсифицировать технологический процесс обработки молока на фермах. Это объясняется отсутствием методологии исследования технологических линий как объектов управления и методов синтеза автоматизированных энергосберегающих систем и СЭ, позволяющих учесть все многообразие сложных взаимосвязей между звеньями линии и СЭ в процессе функционирования.

Структуры технологических линий обработки молока существенно отличаются друг от друга и зависят от случайных, изменяющихся во времени факторов: от продуктивности коров, принятой технологии, архитектурно-планировочных решений, санитарно-гигиенических условий, географии расположения фермы. Анализ основных режимов функционирования звеньев технологических линий обработки молока показал, что повышение уровней автоматизации и унификации при снижении энергоемкости и трудоемкости его обработки, может быть достигнуто путем функционально-структурной организации линий по модульному принципу внедрения принципиально новых автоматизированных технических средств, энергосберегающих технологий, использующих естественный холод воздуха и воды и создания унифицированной установки СЭ с гибкой иерархической структурой и с возможностью перестройки их при изменении технологических задач.

Установлено, что применение разработанных энергосберегающих технологий, технических средств и унифицированной СЭ в технологических линиях позволяет:

— обеспечить интенсификацию процесса обработки молока на фермах и улучшение показателей по всем видам оценок: технологической, энергетической, экологической, качественной и эксплуатационной;

— сократить потери молочного жира на 0,15 т, требуемую производственную площадь и металлоемкость оборудования для приема и учета молока за счет применения регулируемых звеньев не менее чем на 80%;

— на 40% сократить затраты рабочего времени оператора на управление и эксплуатацию линией за счет повышения уровня автоматизации таких операций как учет молока, регулирование технологических потоков, управление, контроль и регулирование функционированием звеньев в процессе обработки молока и аккумуляции холода;

— сократить удельные затраты электроэнергии на охлаждение молока в холодное время года не менее чем в 8 раз, установленную мощность электрооборудования и хладопроизводительность холодильных установок не менее чем в 3.3 раза, материалоемкость аккумуляторов естественного и искусственного холода не менее чем в 5 раз;

— повысить аккумулирующую способность системы охлаждения не менее чем в 2.1 раза;

— снизить суммарные затраты на электроэнергию не менее чем в 2,5 раза;

— повысить уровень автоматизации системы не менее чем на 40%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. МУСИН, А., ВОЛКОНОВИЧ, Л., ВОЛКОНОВИЧ, А. и др. (2007). Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Кишинев. 341 с.
2. ВОЛКОНОВИЧ, Л., СЫРГИ, К. (2002). Энергосберегающие, экологические системы естественного холода для хранения пищевых продуктов. Кишинев. 334 с. ISBN 9975-62-078-7.
3. МУСИН, А.М. (2002). Оптимизация автоматизированных технологических линий животноводства. В: Механизация и автоматизация технологических процессов в животноводстве: Сборник научных трудов ВНИИМЖ, Том 5, часть 2, Подольск: ВНИИМЖ.

Data prezentării articolului: 29. 09.2017

Data acceptării articolului: 27.10.2017