

УДК 637.117

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВОК ИСКУССТВЕННОГО И ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА С УЧЕТОМ ОТКАЗОВ ОБОРУДОВАНИЯ

*М.Г. КУШНИР**Государственный Аграрный Университет Молдовы*

Abstract. The effectiveness of technological processes depends largely on the operating conditions. The variety of factors affecting its reliability does not allow to determine exactly the type of technological process model the best adapted to all possible situations. A variant of engineer's solution, which is considered the best, in the same farm, can provide worse results than other options when changing the values of equipment reliability and milk price. In each case, when changing the conditions of technological use it is necessary to evaluate the economic consequences of such changes. The use of simulation methods will allow to predict the effectiveness of engineering solutions in a changing working environment, as well as to justify the measures intended to compensate their negative consequences.

Key words: Milk cooling; Devices; Artificial cold; Natural cold; Effectiveness; Equipment failures; Economic risk; Simulation model.

Реферат. Эффективность технологического процесса во многом зависит от условий функционирования. Многообразие факторов, влияющих на ее надежность, не позволяет однозначно определить вариант построения технологического процесса, наилучшим образом приспособленный ко всем возможным ситуациям. Вариант инженерного решения, считающийся оптимальным, в том же самом хозяйстве может дать при других значениях надежности оборудования и разных ценах реализации молока результат хуже других вариантов. В каждом случае изменения условий использования техники необходима оценка экономических последствий таких изменений. Применение методов имитационного моделирования позволит прогнозировать эффективность инженерных решений в изменяющихся производственных условиях, а также обосновывать мероприятия, компенсирующие их негативные последствия.

Ключевые слова: Охлаждение молока; Установки; Искусственный холод; Естественный холод; Эффективность; Отказы оборудования; Экономический риск; Имитационная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Методика технико-экономической оценки автоматизированных энергосберегающих технологических процессов включает (Волконович, Л., Черней, М., Бабан, О. и др. 2007):

- имитационное (математическое) моделирование;
- сравнительный метод оценки эффективности биотехнической системы;
- общую схему выбора варианта построения автоматизированного технологического процесса по экономическому критерию;
- формирование альтернативных вариантов;
- выбор базы для сравнения эффективности вариантов;
- целевую функцию эффективности в общем виде;
- определение главных действующих факторов;
- формирование ситуации экономического риска;
- расчет эффективности и выбор оптимального варианта.

Для оценки экономического ущерба от отказов оборудования, в линиях первичной обработки молока на фермах разработана имитационная модель, позволяющая оценить эффективность различных вариантов построения технологической линии охлаждения и хранения молока. Цель настоящего примера - определить возможное снижение (риск) прибыли с учетом возможных изменений цены реализации молока и показателей надежности работы оборудования.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Предлагается применение методов имитационного моделирования для прогнозирования эффективности инженерных решений в изменяющихся производственных условиях, а также

возможность правильно обосновывать мероприятия, компенсирующие негативные последствия таких изменений.

В данной работе используется математическая модель, при помощи которой рассмотрены две основные схемы — с танками-термосами и танками с охлаждением. В таблице 1 представлены варианты построения технологической линии с указанием основных установок и их технических параметров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В 1-м, 2-м и 3-м вариантах (Табл. 1) для охлаждения воды, циркулирующей в охладителях, приняты теплохолодильные установки ТХУ-14, работающие с аккумуляторами холода. В 1-м и 2-м вариантах резервуар РПО-2-01 используется для сбора и доохлаждения молока утренней дойки, а в 3-м и 4-м вариантах для этой цели применяется танк МКА-2000-2Б. По действующим нормам не допускается смешивание охлажденного молока (+4°C) с неохлажденным (+15°C), хотя на большинстве ферм это имеет место. По этой причине для хранения молока вечерней дойки в 1-м и 3-м вариантах используется резервуар РПО-2,5, а во 2-м - танк-термос В1-ОМВ-2Б. Основные технические параметры и стоимости машин и оборудования взяты из А. Мусин, Ф. Марьяхин, А. Учеваткин (2012) и А. Мусин (2013).

Таблица 1. Варианты построения технологической линии

№ варианта	Наименование оборудования	Кол-во (шт.)	Цена (лей/(шт.))	Уст. мощн. (кВт)	Прод. раб. (час/сутки)	Площадь (м ²)	Емкость (кг)
1	Резервуар охладитель РПО- 2- 01 "ПЯКО"	2	178695	8,9	11	13,7	2000
	Резервуар-охладитель РПО-2,5	1	140761,5	8,9	2	13,9	3850
	Теплохолодильная уст-ка ТХУ- 14	1	219450	7,6	7	3,3	
2	Резервуар-охладитель РПО-2-01	2	178695	8,9	11	13,7	2 000
	Танк-термос В1-ОМВ-2Б	1	66000	4,65	2	3,5	3 100
	Теплохолодильная уст-ка ТХУ-14	1	219450	7,6	7	3,3	
3	Резервуар-охладитель МКА-2000Л -2Б	2	297825	4,65	11	14,6	2 000
	Резервуар -охладитель РПО 2,5	1	140761,5	8,9	2	13,9	3 850
	Теплохолодильная уст-ка ТХУ-14	1	219450	7,6	1	3,3	
4	Резервуар -охладитель МКА-2000-2Б Танк-термос В1-ОМВ-2Б Теплохолод. уст-ка ТХУ-14	2	297825	4,65	11	14,6	2 000

Для всех вариантов затраты на продукцию до молочного отделения приняты, одинаковыми и в сравнительных расчетах не рассматриваются. Годовая прибыль P с учетом факторов риска имеет вид

$$P = N \cdot Y_r \cdot c - \sum Z_i - \sum \xi_i \cdot N \cdot Y_r \cdot \Delta_c, \text{ лей/год}, \quad (1)$$

где: N - число дойных коров; Y_r - годовой удой на 1 корову, кг; c - закупочная цена молока высшего сорта, лей/кг; Z_i - издержки по статьям затрат, лей/год; ξ_i - вероятность отказа по i -й причине. - разница в ценах молока высшего качества и первого сорта, лей/кг.

Для выявления наиболее эффективного варианта построения технологической линии достаточно определить два последних слагаемых правой части формулы (1) (затраты плюс ущерб), т. к. поголовье N , годовой удой Y_r и цена будут одинаковыми для всех рассматриваемых вариантов. Тогда в качестве критерия сравнения вариантов можно принять выражение

$$A = \sum B + \sum C \cdot N \cdot Y_r \cdot c, \text{ лей/год}, \quad (2)$$

где: A - вспомогательный критерий эффективности, который будет иметь минимальное значение для оптимального варианта.

Изменение удоя повлечет за собой изменение суммарной емкости танков E и холодопроиз-

водительности X холодильных машин. Ввиду дискретности основных параметров этого оборудования математическую модель (1) следует дополнить ограничениями, определяемыми неравенствами (3) и (4).

$$N \cdot Y_{\Gamma} \cdot K_n \cdot \kappa_{\delta} / 365 \leq E_n \cdot n \quad (3)$$

$$N \cdot Y \cdot K \cdot \kappa_{\Pi} \cdot \frac{\Delta}{365} \cdot T_g \leq X \cdot r \quad ; \quad (4)$$

где: $K_n = 1, 1-1,5$ - коэффициент неравномерности отелов; n - количество танков, используемых в расчетную дойку, шт; T_g - продолжительность дойки, ч; Δ - температурный напор, °С; K_{Π} - коэффициент потерь в системе охлаждения; r - число холодильных машин, шт.; κ_{Π} - коэффициент дойки (доля суточного удоя, приходящаяся на соответствующую дойку).

Основные исходные данные молочной фермы приняты одинаковыми для всех вариантов: число коров $N = 400$ голов, двухкратное доение.

Статистических данных по отказам оборудования крайне недостаточно, поэтому была проведена экспертная оценка “порядка” цифр по трем основным причинам потери эффективности производства молока: техническим отказам оборудования; отказам из-за ночных отключений электроэнергии при отсутствии резервного питания, некачественной промывки оборудования из-за упущений обслуживающего персонала. Экспертные оценки были разделены на оптимистические и пессимистические (максимальные вероятности отказов и минимальные).

Первые два вида рассматриваемых отказов особенно опасны в ночное время и оказывают негативное влияние в основном на качество молока вечерней дойки. Поэтому в величину вероятности появления отказов по этим двум причинам включен коэффициент вечерней дойки $\kappa_{\Pi} = 0,4$ для условий двухкратного доения. Было принято, “что варианты появления отказов сразу по двум причинам или по одной причине у двух и более машин маловероятны. Потери продукции из-за отказов выражены в снижении качества молока с высшего до первого сорта.

В таблице 2 представлены оптимистические (минимальные) и пессимистические (максимальные) оценки вероятностей отказов по трем причинам и их суммарные значения. Предполагается, что суммирование вероятностей потерь по различным причинам означает, что в течение года потери прибыли накапливаются, хотя отказы происходят в разное время.

В таблицах 3 и 4 представлены полученные значения сумм затрат и рисков потери эффективности (Суворин, Ю. 2008; Волконович, Л., Кушнир, М., Кирияк, И., Звонкий, В. 2013) при заданных параметрах оборудования и значениях вероятностей отказов оборудования. Среднегодовые удои на одну корову приняты равными 3 500 и 4 500 кг, а разница в ценах реализации молока высшего и I-го сортов - 2 лей/кг.

Таблица 2. Вероятности отказов

Варианты	Технические отказы в ночное время		Ночное отключение электроэнергии		Некачественная промывка		Суммарная вероятность	
	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
1	0,00024	0,013	0,0012	0,0036	0,003	0,015	0,0044	0,0316
2	0	0	0	0,0004	0,003	0,017	0,003	0,0174
3	0,00024	0,013	0,0012	0,0036	0,003	0,015	0,00444	0,0316
4	0	0	0	0,0004	0,003	0,017	0,003	0,0174

Разница в затратах на машины и оборудование при различных удоях объясняется тем, что при повышении удоя необходимо увеличивать мощность теплохолодильных установок и емкость танков для хранения молока в соответствии с выражениями 3 и 4. В колонках 4 и 7 указаны места предпочтительности, которые по результатам расчета занимает рассматриваемый вариант. В колонке 5 приведены значения риска потери прибыли, их возможные максимальные значения при отказах, имеющих случайный характер.

Из таблиц 3 и 4 следует:

1. Риск потери прибыли соизмерим с эксплуатационными затратами и может составлять от 20% до 40% от эксплуатационных затрат.

Таблица 3. Риски потерь прибыли (среднегодовой удой 3 500 кг)

№ варианта	Наименование оборудования	Эксплуатационные затраты	Место	Риск потери прибыли	Сумма	Место
1	2	3	4	5	6	7
1	Резервуар охладитель РПО 2-01 "ПАКО" Резервуар охладитель РПО-2,5 Теплохолод. уст-ка ТХУ- 14	336948,7	3	98560	435508,7	4
2	Резервуар охладитель РПО-2-01 Танк-термос В1-ОМВ- 2Б Теплохолодильная уст-ка ТХУ-14	292547,2	2	52360	344907,2	1
3	Резервуар охладитель МКА-2000Л-2Б Резервуар-охладитель РПО-2,5 Теплохолод. уст-ка ТХУ 14	262741,6	1	97328	360069,6	2
4	Резервуар охладитель МКА-2000-2Б Танк-термос В1-ОМВ-2Б Теплохолод. уст-ка ТХУ-14	357946,6	4	52360	410306,6	3

Таблица 4. Риски потерь прибыли (среднегодовой удой 4 500 кг)

№ варианта	Наименование оборудования	Эксплуатационные затраты	Место	Риск потери прибыли	Сумма	Место
1	2	3	4	5	6	7
1	Резервуар охладитель РПО-2-01 "ПАКО" Резервуар охладитель РПО-2,5 Теплохолод. уст-ка ТХУ-14	475205,5	4	126720	601925,5	4
2	Резервуар-охладитель РПО-2-01 Танк-термос В1-ОМВ-2Б Теплохолод. уст-ка ТХУ-14	358809	1	67320	426129	1
3	Резервуар охладитель МКА-2000Л-2Б Резервуар охладитель РПО-2,5 Теплохолод. уст-ка ТХУ-14	468512	3	125136	593648	3
4	Резервуар-охладитель МКА-2000-2Б Танк-термос В1-ОМВ 2Б	424209,5	2	67320	491529,5	2

2. Учет риска потерь изменяет распределение мест предпочтительности. Варианты, занявшие первые места, следует считать оптимальными.

3. На распределение мест предпочтительности оказывает влияние величина годового удоя молока.

4. Во всех рассмотренных условиях доминирующим является третий вариант, имеющий наименьшие значения эксплуатационных затрат и риска потери прибыли. Аналогичные результаты получены при минимальных значениях вероятностей отказов.

ВЫВОДЫ

Результаты расчета во многом зависят от достоверности исходных данных о надежности функционирования оборудования. Недостаток информации об отказах, а также широкий разброс показателей, характеризующих условия работы, заставляют принимать решения при неопределенности исходных данных. Анализ экономического риска позволяет обосновать так называемый предпочтительный вариант инженерного решения.

Эффективность технологического процесса во многом зависит от условий функционирования. Многообразие факторов, влияющих на ее надежность, не позволяет однозначно определить вариант построения технологического процесса, наилучшим образом приспособленный ко всем возможным ситуациям. Вариант инженерного решения, считающийся оптимальным, в том же самом хозяйстве может дать при других значениях надежности оборудования и разных ценах реализации молока результат хуже других вариантов. В каждом случае изменения условий

использования техники необходима тщательная оценка экономических последствий таких изменений. Применение методов имитационного моделирования позволит прогнозировать эффективность инженерных решений в изменяющихся производственных условиях, а также обосновывать мероприятия, компенсирующие их негативные последствия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВОЛКОНОВИЧ, Л., КУШНИР, М., КИРИЯК, И., ЗВОНКИЙ, В. (2013). Пути построения ресурсосберегающих автоматизированных технологий. В: Доклады итоговой науч. конф. инженерно-технического ин-та за 2013, г. Тирасполь, 16-26 янв., с. 158-161.
2. ВОЛКОНОВИЧ, Л., ЧЕРНЕЙ, М., БАБАН, О. и др. (2007). Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Кишинев. 341 с. ISBN 978-9975-62-177-9.
3. МУСИН, А. (2013). Энергетика и экология технологических процессов животноводческих ферм. В: Энергосберегающие технологии в сельском хозяйстве: сб. науч. тр., т. 81, с. 36-47.
4. МУСИН, А., МАРЬЯХИН, Ф., УЧЕВАТКИН, А. (2012). Влияние режимов работы электроприводов технологической линии на показатели качества обрабатываемого молока. В: Автоматизированный электропривод в с.-х. производстве: сб. науч. тр., т. 63, с. 17-26.
5. НАЗАРОВ, Г., ЗУЛЬ, Н., МАРЬЯХИН, Ф. (2009). Автоматизированный электропривод поточных линий. Вып. 1(28).
6. СУВОРИН, Ю. (2008). Обоснование и разработка системы унифицированного электрооборудования для поточных технологических линий: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Москва.

Data prezentării articolului: 20.03.2016

Data acceptării articolului: 21.05.2016