

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ СУШКИ ЗЕРНА

Л.С. ГЕРАСИМОВИЧ, академик Национальной академии наук Беларуси;
О.М. ПЛЯЦ, к.т.н., доцент; **В.В. ШИРШОВА**, к.т.н., доцент (БГАУ)

В хозяйствах Республики Беларусь находится в эксплуатации около трех тысяч сушильных установок травы, льно-вороха, зерна и другой продукции растениеводства.

Основным технологическим показателем, определяющим качество и питательную ценность высушиваемых продуктов, является влажность, поэтому в процессе сушки необходим тщательный контроль ее и точный режим процесса сушки. Отсутствие поточных влагомеров привело к тому, что абсолютное большинство сушилок в хозяйствах частично автоматизировано, а управление процессами сушки осуществляется вручную. При этом контроль влажности продуктов растениеводства, проводимый на сушильных пунктах колхозов и совхозов, заключается в отборе проб этих продуктов с последующей обработкой их в лаборатории. Поскольку этот процесс достаточно трудоемок и малооперативен, на практике в хозяйствах, как правило, уделяется недостаточно внимания контролю влажности и поддержанию ее в процессе сушки в пределах, установленных агротехническими требованиями. Это приводит либо к пересушке продукта и снижению производительности сушилок и качества продукта, либо к получению недосушенного продукта, что вызывает необходимость его повторного пропускания через сушилку и в конечном итоге приводит к перерасходу топлива и электроэнергии.

Если учесть, что объем высушиваемой продукции в целом по

республике составляет около 4,5 млн. тонн, расход дизельного топлива 45 тыс. тонн, электроэнергии 21 млн. кВт.ч, то убытки хозяйств достигают внушительной величины. Эффективная организация процесса сушки позволит не только повысить качество готового продукта, но и значительно сократить расход топлива и электроэнергии. При этом замена ручного управления на автоматическое является значительным резервом повышения эффективности сушильных комплексов.

Развитие микропроцессорной элементной базы и разработка новых концепций обработки информации привели к появлению нового поколения средств контроля и управления.

Появление микропроцессоров и на их основе программируемых логических контроллеров типа ПЛС создало предпосылки для разработки цифровых влагомеров и перехода к новому этапу автоматизации. В результате автоматизация становится важнейшим фактором производства, обеспечивающим качество и эффективность сушки, а вычислительная техника – важнейшей составной частью автоматизации, ее технической основой.

Разработка цифрового ИВН (индикатора влажности точного) дает возможность осуществить контроль влажности продуктов растениеводства в процессе их сушки с высокой точностью, а выбор новых алгоритмов и соответствующей конфигурации программируемого контроллера – цифровое управление процессом сушки [1].

Модернизация зерносушилок предусматривает: информационное, аппаратное и программное обеспечение управляемого процесса.

Информационное обеспечение содержит: дискретные и аналоговые датчики с унифицированным выходом 4...20 мА; дискретные исполнительные органы воздействия контроллера на процесс. Аппаратное обеспечение содержит программируемый контроллер, а программное обеспечение (программное обеспечение контроллера и терминала) – алгоритм и программа управления процессом сушки продукции растениеводства.

Система цифрового управления влажностью зерна предназначена для стабилизации на заданном уровне конечной влажности зерна в процессе его сушки.

Функциональная схема ее состоит из программируемого контроллера, управляемого процесса и цифрового датчика влажности.

Влажность зерна является управляемой величиной. Управляющим воздействием на объект служит производительность зерносушилки (время экспозиции сушки). Возмущающим воздействием на процесс являются изменения исходной влажности зерна.

Роль исполнительного механизма системы выполняет трехфазный асинхронный электродвигатель с фазным ротором, который через редуктор и цепочную передачу приводит во вращение регулирующий орган – катушечные роторы вращающего устройства.

Асинхронный электродвигатель

1. Алгоритм расчета натуральных и стоимостных технико-экономических показателей (в расчете на год)

Показатели	Расчетные формулы	Условные обозначения
1. Натуральные технико-экономические показатели		
Объем зерна в плановых тоннах	$V_{пл} = k_1 \cdot V$	V – объем зерна в физических тоннах k_1 – коэффициент перевода физических тонн в плановые, отн.ед.
Сокращение времени сушки, ч/сезон	$\Delta t = \frac{V_{су}}{q} (k_2 - 1)$	q – производительность зерносушилки, т/ч k_2 – коэффициент, учитывающий снижение производительности сушилок в ручном режиме управления, отн.ед.
Экономия жидкого топлива (дизтоплива), кг	$\Delta B_H = b_H q \Delta t$	b_H – средний расход жидкого топлива в расчете на плановую тонну, кг
Экономия электроэнергии, кВт.ч	$\Delta W = W_{уд} \cdot q \Delta t - P_K \cdot t_2$	$W_{уд}$ – средний расход электроэнергии в расчете на плановую тонну, кВт.ч P_K – мощность контроллера, кВт t_2 – время работы сушилки в автоматическом режиме, ч
Экономия условного топлива, кг у.т.	$\Delta B_y = \Delta B_H \frac{q_H}{q_y} + b_w W$	q_H, q_y – соответственно теплотворная способность натурального и условного топлива, МДж/кг b_w – средний расход условного топлива на выработку 1 кВт.ч электроэнергии, кг
Экономия затрат труда, ч	$\Delta ZT = \frac{n_p}{K_{см}} \Delta t$	n_p – число рабочих, чел. $K_{см}$ – коэффициент использования рабочего времени смены, отн.ед. ($K_{см} \approx 0,85$)
2. Экономия текущих издержек, прирост прибыли и инвестиционный доход		
Экономия текущих затрат	$\Delta Z = \Delta \Delta + \Delta ZП$	$\Delta \Delta$ – снижение стоимости потребляемых энергоресурсов (топлива и электроэнергии) $\Delta ZП$ – экономия фонда заработной платы
Изменение текущих затрат	$\Delta C = \Delta Z - C_{доп}$	$C_{доп}$ – дополнительные издержки в автоматизацию, включающие амортизационные отчисления (A) и затраты на текущий ремонт (P)
Прирост чистой прибыли	$\Delta ЧП_i = \Delta C \left(1 - \frac{C_{пл}}{100} \right)$	$C_{пл}$ – ставка налога на прибыль, %
Доход от инвестиций	$D_i = \Delta ЧП_i + A$	A – амортизация средств автоматизации

* Сельскохозяйственные предприятия по основной деятельности в настоящее время освобождены от налога на прибыль.

2. Критерии экономической эффективности инвестиций

Показатели	Расчетные формулы	Условия эффек.
Чистый дисконтированный доход	$ЧДД = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+E)^t} - K$	$ЧДД \geq 0$
Индекс доходности	$ИД = \frac{ЧДД}{K} + 1$	$ИД \geq 1$
Срок окупаемости: статический	$T_0^m = \frac{K}{D_t}$	
Дисконтный (динамический)	Рассчитывается из условия $ЧДД=0$ путём решения уравнения: $\sum_{t=1}^{T_0} \frac{D_t}{(1+E)^t} = K$	$T_0 \leq T$

работает в импульсном режиме. Период следования импульсов 31 с.

Источником импульсов является широтно-импульсный модулятор (ШИМ), длительность импульсов которого изменяется от нуля до 31 с. Длительностью импульсов управляет сигнал ошибки цифрового регулятора, который зависит от разности текущего значения влажности зерна на выходе катушечных роторов выгрузного устройства и заданного значения, например 14 %.

Таким образом, алгоритм системы цифрового управления по контуру влажности состоит из следующих операций:

программируемый контроллер считывает текущее значение влажности зерна на выходе катушечных роторов, сравнивает его с уставкой и вырабатывает соответствующее значение для управляющей переменной;

управляющая переменная задает необходимую длительность импульса широтно-импульсного модулятора, который подает напряжение на обмотку электромагнитного пускателя асинхронного электродвигателя;

асинхронный электродвигатель приводит во вращение регулирующий орган (катушечные роторы) выгрузки зерна на время, равное длительности импульса, задавая тем самым определенную производительность зерносушилке (время экспозиции сушки).

Если текущее значение влажности зерна превышает заданное, например 14%, управляющий сигнал цифрового регулятора уменьшает длительность импульса ШИМ, время работы выгрузных валков (катушечных роторов) регулирующего органа и производительность сушилки снижается, а время экспозиции сушки возрастает.

Если текущее значение влажности зерна меньше заданного, длительность импульса возрастает и производительность сушилки увеличивается, а время экспозиции сушки снижается.

Модернизация сушилок, связанная с заменой ручного управления на автоматическое, требует экономического обоснования эффективности инвестиций в данное мероприятие.

Для всестороннего анализа эффективности инвестиций в автоматизацию сушильных установок требуется комплекс расчетов взаимосвязанных показателей, к которым относятся: натуральные технико-экономические показатели (ожидаемая годовая экономия энергоресурсов и др.); исходные стоимостные показатели; критерии экономической эффективности технических решений [3].

Методика расчета натуральных технико-экономических показателей, характеризующих экономию энергоресурсов и трудозатраг при внедрении устройств автоматического

управления процессом сушки зерна, приведена в табл. 1.

В международной практике для оценки эффективности инвестиций принимается система показателей, основанных на принципе дисконтирования. Под дисконтированием понимают процесс приведения будущих доходов и расходов к началу реализации проекта.

Формулы для расчета критериев эффективности инвестиций приведены в табл. 2.

Условные обозначения:

D_t – ежегодный доход; K – капиталовложения; T – расчетный период (принимается равный сроку службы технических средств), лет; E – принятая ставка дисконтирования (норма дисконта), отн.ед.

Предложенные алгоритмы расчета легли в основу сравнительного анализа эффективности автоматизации ряда зерносушилок с различными техническими характеристиками. Исходные данные для расчета: объем производства – 1500 физ.т (продовольственная пшеница); начальная и кондиционная влажность зерна соответственно $W_{\text{нач}} = 22\%$; $W_{\text{кон}} = 14\%$. Проект требует капиталовложений в систему автоматики $K = 5261$ тыс. руб (в индикаторы влажности $K_{\text{инв}} = 2207$ тыс.руб. и контроллер – 3054 тыс.руб).

Принятые условия и допущения

1. Время работы зерносушилок при ручном управлении на 27

3. Сравнительная эффективность автоматизации зерносушилок

Показатели	Зерносушилки		
	СЗШ-16	СЗК-10	СЗК-8
1. Натуральные технико-экономические показатели			
Объем производства:			
физ.т/сезон	1500	1500	1500
пл.т/сезон	1800	1800	1800
*Производительность сушилки, пл.т/ч	16	10,6	8
*Удельный расход:			
жидкого топлива, кг/пл.т	9,4	4,66	5,47
электроэнергии, кВт.ч/пл.т	4,88	3,56	3,88
Сокращение времени работы сушилки, ч/сезон	30,4	45,8	60,8
Годовая экономия энергоресурсов:			
топлива, т	4,57	2,26	2,66
электроэнергии, кВт.ч	2374	1728	1887
Годовая экономия условного топлива:			
т.у.т	7,0	3,62	4,22
%	21,2	21,2	21,2
Минимально допустимый объем производства, обеспечивающий окупаемость затрат, пл.т/сезон	833	1585	1356
2. Годовые стоимостные показатели эффективности			
Стоимость сэкономленных энергоресурсов, тыс.руб.	2840	1432	1678
Дополнительные издержки в систему автоматизации, тыс.руб.	913	913	913
в том числе:			
амортизационные отчисления	634	634	634
затраты на ТО и ТР	279	279	279
Прирост прибыли, тыс.руб	1927	519	765
Инвестиционный доход, тыс.руб	2561	1153	1399
3. Критерии эффективности инвестиций			
Чистый дисконтированный доход за расчетный период, тыс.руб	8402	890	2202
Индекс доходности инвестиций, отн.ед.	2,6	1,17	1,42
Срок окупаемости, сезонов:			
статический	2,05	4,5	3,76
с учетом дисконтирования	2,4	6,3	4,9
* Показатели приняты из технических характеристик зерносушилок, приведенных в работе [4]			

% выше, чем при автоматизации процесса ($K_2 = 1,27$).

2. Согласно действующему законодательству сельскохозяйственные предприятия освобождены от налога на прибыль, что упрощает расчеты.

3. Экономия фонда заработной платы в расчетах не учитывается, так как ее величина весьма незначительна по сравнению с экономией энергоресурсов и находится в пределах допустимой погрешности вычислений.

4. Расчетный период – 8 лет. Принятая процентная ставка (норма дисконта) – 10 %. Это реальная ставка, которая позволяет адекватно оценить эффективность проекта в постоянных ценах, не прибегая к прогнозу изменения цен в связи с инфляцией.

Расчеты выполнены в ценах по состоянию на 1.02.2003 г. при курсе доллара 1950 бел. рублей.

Следует отметить, что эффект был нами рассчитан, исходя из экономии затрат топлива и электроэнергии на основе экспериментальных данных [2]. При этом не учитывался эффект, достигаемый за счет улучшения качества зерна при автоматическом управлении, так как этот процесс носит случайный ха-

рактер и при отсутствии достоверных данных оценить его достаточно сложно. В то же время известно, что за каждый процент отклонения влажности зерна от кондиционной предприятия платят элеватору 1 % от его стоимости. Поэтому следует ожидать, что фактическая эффективность проекта для хозяйств будет намного выше.

Показатели экономической эффективности модернизации зерносушилок в значительной степени зависят от их годовой загрузки и от начальной влажности зерна. Так, при снижении годового объема высушиваемого зерна эффективность снижается. Минимально допустимая (критическая) годовая загрузка сушилок приведена в табл. 3.

В то же время при сушке перувлажненного зерна эффективность модернизации возрастает, о чем свидетельствуют графики, показанные на рис. 1.

В хозяйствах Минской области находится в эксплуатации более 140 зерносушилок типа СЗК-8 и СЗК-10. Все они имеют ручное управление, поддаются автоматизации и могут быть модернизированы. Модернизация только этих сушилок позволит получить прирост прибыли за счет экономии текущих из-

держек по технологическому процессу на сумму около 100 млн. руб.

Анализ показывает, что для всех исследованных сушилок при принятых исходных данных автоматизация целесообразна. Наибольший эффект достигается при автоматизации шахтных установок с повышенным удельным расходом топлива и электроэнергии в расчете на 1 пл. т зерна.

Модернизация шахтных энергоемких сушилок СЗШ-16, которые в настоящее время эксплуатируются во многих хозяйствах республики, позволит сократить расход энергоресурсов и получить значительный экономический эффект. При этом модернизация наиболее эффективна в тех регионах, где на сушку поступает перувлажненное зерно.

Широкомасштабная модернизация зерносушилок позволит значительно сократить затраты на приобретение дорогостоящего топлива и снизить издержки на сушку зерна. Если предположить, что из трех тысяч сушильных установок, находящихся в эксплуатации в хозяйствах республики, 80 % способны к модернизации, среднегодовой прирост прибыли превысит 3 млрд. рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пляц О.М. Поточный цифровой индикатор влажности // Агропанорама, науч.тех. журнал. – Минск: БГАТУ, 2002, № 2 – С. 36...38.
2. Нагорский И., Каргашевич С., Тимошек А., Короткевич А., Пляц О. БелНИИМСХ, БГАТУ. Повышение эффективности сушки зерна // Комбикормовая промышленность. № 1 сер. техника и технологии. – М.: Россельхозакадемия, 1998. – С. 16.
3. Герасимович Л.С., Ширинова В.В., Оценка эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия // Агропанорама, 2002, № 2.
4. Кирильчик Г.А. Проблемы и перспективы сушки зерна // Энергоэффективность, 2002, № 1 – С. 4...6.

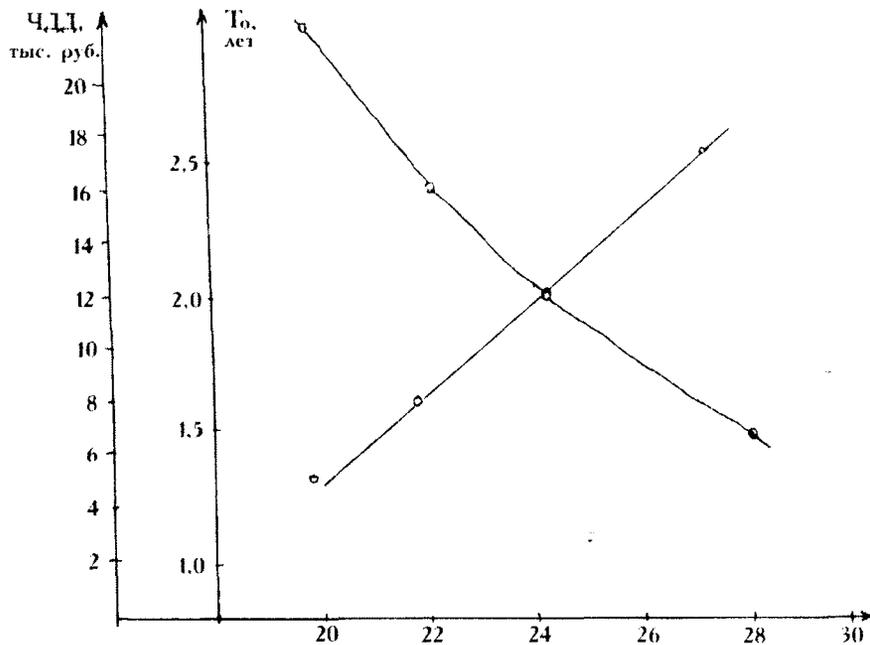


Рис. 1. Зависимость показателей эффективности модернизации зерносушилки СЗШ-16 от начальной влажности зерна.