



УДК 681.5:636.5

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

**Дубровин А.В.**, заведующий лабораторией автоматизации технологических процессов в птицеводстве, д-р техн. наук, профессор  
ГНУ Всероссийский НИИ электрификации сельского хозяйства (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии)

**Аннотация:** В этой статье автор обсуждает автоматизацию технологий в птицеводстве. Производство осуществляется в автоматизированном режиме по технико-экономическому критерию.

**Summary:** In this article the author says about automatisisation technologies in poultry houses. Manufacturing is carried out in the automated mode by technical and economic criterion.

**Ключевые слова:** эффективность производства, автоматизация технологических процессов, технико-экономический параметр, яйцесклад.

**Key Words:** efficacy of production, automation of technological processes, technical and economic parameter, egg warehouse.

По своему существу очень сложная агроинженерная наука, наряду с фундаментальными исследованиями биотехнических и технико-экономических процессов в сельском хозяйстве, в своей прикладной части традиционно использует объединенный технико-экономический критерий, позволяющий в наибольшей степени оценить эффективность производства. Следует заметить, что оценка по данному показателю обычно проводится по завершении производственного процесса, когда хотя и совершенно точно известны технико-экономические характеристики уже прошедшего производства продукции, но изменить что-то в режиме технологической линии в лучшую сторону уже нельзя. Этот обычный подход к автоматизации технологического процесса производства продукции имеет своим внешне достаточно прочным основанием разделение процессов, а именно: собственно управление режимом производства по первичным параметрам технологии (значения температуры среды обитания биообъектов, ее относительной влажности, освещенности помещения, дозы корма и питьевой воды и т.п.) и собственно окончательный подсчет экономических результатов производства (значения прибыли и прироста прибыли, себестоимости, эксплуатационных затрат, рентабельности и т.п.).

Достигнутые к настоящему времени успехи в математическом моделировании роста и развития сельскохозяйственных растений, животных и птицы позволяют с приемлемой для практики точностью определять, например, живую массу бройлера в любой временной момент действия производственного процесса и в момент его окончания. При этом можно варьировать значения управляемых и только контролируемых факторов, влияющих на биообъект. Это означает, что в любой момент хода технологии известна расчетная цена будущей реализации продукции, естественно, в отсутствие всяких обстоятельств форс-мажора, по момент окончания технологического процесса. Значение же себестоимости в любой момент времени легко получить от измерителей расхода энергии и ресурсов. Таким образом, в любой момент технологического процесса известна разность между расчетной ценой производимой продукции и себестоимостью ее производства, т.е. известно расчетно-измеренное значение мгновенной прибыли или прироста прибыли производства продукции. При наличии достаточно точных математических моделей процесса можно сформировать значение технико-экономического показателя эффективности работы технологической линии не только по окончании процесса, но и в его ходе.

Следовательно, в системе автоматизации технологической линии появляется новый, ранее не известный управляемый параметр автоматизированной технологии – технико-экономический. По размерности он соответствует количеству денежных единиц в единицу времени, т.е. измеряется в рублях, деленных на секунду, час, сутки, год, – как это и положено для показателей прибыли, ее прироста, себестоимости и эксплуатационных затрат. Никакого труда не составит вести процесс по параметру, например, рентабельности производства: для этого достаточно в вычислительном устройстве системы автоматизации процесса непрерывно проводить деление расчетно-измеренной прибыли на значение капитальных вложений в оборудование технологической линии. В результате осуществляется наиболее соответствующее рыночной экономике автоматизированное управление режимом технологической линии, подразумевающее определение наилучшего значения технико-экономического показателя в каждый момент времени технологического процесса. Это значит, что окончательный результат при всех прочих равных условиях будет предельно (экстремально) экономически выгодным. Следствие: после проверочного (по традиции или по желанию руководства предприятия) экономического расчета по



окончании технологического процесса не нужно будет гадать, в каком месте или времени произошли потери продукции или перерасход энергии или ресурсов.

Как определить экономически наилучший режим работы технологической линии? Это осуществляется следующим образом. Проводится имитационное численное моделирование, т.е. сначала формируется искусственный (имитационный) сигнал, значение которого численно равно значению управляющего сигнала в технологическом диапазоне изменения от наименьшего значения до наибольшего его значения. В зависимости от значения этого искусственного сигнала строится величина принятого технико-экономического показателя в указанном диапазоне ее изменения. Определяются положения экстремумов: максимумов – для прибыли или ее прироста, минимумов – для себестоимости или эксплуатационных затрат; в зависимости от того, какой именно технико-экономический критерий принят для управления режимом работы технологической линии. Данное положение экстремума функции, принятого для управления показателя, соответствует значению аргумента данной функции, т.е. значению экономически оптимального режима. Остается полученное экономически наилучшее режимное значение управляющего сигнала использовать в качестве заданного значения при управлении линией, т.е. этот сигнал подать на задающий вход регулятора вместо традиционного значения из норм технологического проектирования для данного конкретного технологического процесса. Теперь оборудование начинает работать в новом, экономически оптимальном режиме. И этот наилучший экономически режим работы достигается в любой момент времени действия технологического процесса, независимо от изменений других контролируемых воздействий, поскольку эти изменения немедленно будут учтены при имитационном моделировании величины принятого для управления технико-экономического показате-

ля. Сказанное относится к любым процессам, для которых разработаны достаточно точные математические модели, т.е. количественные соотношения между влияющими факторами и результатами действия технологических линий. Поэтому разработчики известных и новых технологий и технологических процессов легко могут увеличить количество своих изобретений как минимум вдвое, используя предложенный алгоритм экономически оптимального управления режимами работы соответствующих технологических линий. В настоящее время получены патенты и положительные решения по заявкам на изобретения по экономически оптимальному автоматизированному управлению различными технологическими процессами животноводства и птицеводства [2, ..., 7 и др.]. Способы (совокупности действий) и устройства (совокупности частей) экономически оптимального управления используют дополнительную информацию о состоянии биотехнической системы и соответствующие измерительные преобразователи. Производится формирование искусственного имитационного управляющего сигнала, значение которого разворачивают в соответствующем технологическом диапазоне изменения, и для этого требуются формователи и задатчики. Необходимы операция и блок определения экстремального значения технико-экономического показателя и соответствующий оптимизатор режима работы технологической линии оборудования. Остальное измерительное, регулирующее и исполнительное автоматизированное оборудование в технологическом процессе остается без изменений, работая в новом, экономически оптимальном режиме. Поэтому рост приведенных к определенному временному периоду капитальных вложений в управляемую по-новому, экономически оптимальную, технологию животноводства и птицеводства промышленных масштабов представляется незначительным по сравнению с ростом ее прибыльности.

Рассмотрим пример экономической оптимизации управления технологическим процессом транспортировки готовой продукции по внутренней территории яичной птицефабрики [1]. В условиях рынка недопустимы потери готовой и при этом весьма хрупкой продукции птицефабрики яичного направления. Однако учесть влияющие на эти потери многочисленные факторы без использования информационных технологий и применения в действующем производстве вычислительной техники затруднительно. Научно-технической задачей является автоматизированный поиск экономического минимума суммы стоимостей яиц с поврежденной скорлупой и эксплуатационных энергетических затрат для достижения экономически оптимального и энергетически рационального режима транспортировки птичьих яиц из птичников в яйцесклад птицефабрики посредством ленточного или планчатого магистрального транспортера (МТ). В результате ее решения устанавливается такое значение скорости движения ленты МТ, при которой обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчетной потери стоимости поврежденных при транспортировке яиц и на электроэнергию для электропривода МТ.

Плотность и прочность скорлупы птичьего яйца зависит от вида, породы, линии, кросса птицы и также от долевого содержания кальция — строительного материала для скорлупы яйца — в птичьем корме. Скорлупа составляет у разных видов птицы от 9 до 15% от общей массы яйца, является защитной оболочкой для содержания яйца и основным источником кальция (Ca) для построения костяка эмбриона. Прочность яичной скорлупы повышается, а ее проницаемость снижается, если в рацион кур добавляют магний (Mg). Ионы фосфора и магния оказывают содействие всасыванию кальция. В случае их недостатка тормозится усвоение кальция из круп, мучных изделий, мяса, рыбы, бобовых. Прочность скорлупы яйца  $P_{Ca, Mg}$  равна произведению принятого коэффициента  $P_{Ca, Mg}$



соответствующего процентному содержанию кальция и магния в кормовой смеси и определенному в биологической лаборатории птицефабрики, и коэффициента  $K_{пт}$ , соответствующего конкретному виду, породе, линии, кроссу и возрасту поголовья птицы в птичниках:

$$P_x(\text{Ca, Mg}) = P_{\%Ca, \%Mg} \cdot K_{пт} \text{ отн. ед.} \quad (1).$$

Величина стоимости потерь продукции за счет повреждения скорлупы яиц при транспортировке (затраты на бой яиц) в единицу времени в зависимости от расчетной скорости движения  $V^{сформ}$  ленты МТ на всех его входах (или на выходах всех птичников птицефабрики, обслуживаемых данным МТ)  $C_1^{бой}$ . Она зависит прямо пропорционально от прочности скорлупы яйца  $P_x(\text{Ca, Mg})$ , суммарного количества яиц на выходах птичников 1-Z (на 1-Z входах МТ) в единицу времени  $n_{1-Z}^{\Sigma}$ , удельной цены одного яйца  $\Pi_{я}^{уд}$ . Обратно пропорционально зависит от скорости движения ленты МТ: если МТ стоит, то яйца с подающего транспортера птичника наваливаются на другие, уже находящиеся на неподвижной ленте МТ, и практически все они повреждаются и становятся некондиционными, т.е. вся товарная продукция теряется. Если же лента МТ движется быстро, то все поступившие с подающих транспортеров птичников яйца без так называемого скучивания и без повреждений свободно поступают на МТ.

$$C_1^{бой}(V^{сформ}) = P_x(\text{Ca, Mg}) \cdot n_{1-Z}^{\Sigma} \cdot \Pi_{я}^{уд} \cdot (1/(V^{сформ})^A), \text{ руб./ед. вр.} \quad (2),$$

где  $A$  – коэффициент вида обратно пропорциональной нелинейной зависимости, связанный с конструктивными особенностями стыка подающего транспортера птичника и МТ.

Затраты на бой яиц в единицу времени на выходе МТ  $C_2^{бой}$  пропорциональны скорости движения ленты МТ: если МТ стоит, то яйца на его ленте у входа на приемник в яйцескладе вообще не бьются. При большой скорости движения ленты МТ яйца наваливаются на другие, уже находящиеся ленте МТ на входе яйцесклада, и практически все они повреждаются и становятся некондиционными, т.е. вся товарная продукция теряется.

$$C_2^{бой}(V^{сформ}) = P_x(\text{Ca, Mg}) \cdot n_{1-Z}^{\Sigma} \cdot \Pi_{я}^{уд} \cdot (V^{сформ})^B, \text{ руб./ед. времени} \quad (3),$$

где  $n_{1-Z}^{\Sigma}$  – суммарное количество яиц на входе приемника яиц яйцесклада (на выходе МТ) в единицу времени;  $B$  – коэффициент вида пропорциональной нелинейной зависимости, связанный с конструктивными особенностями стыка МТ и приемника яиц (входа) яйцесклада.

Затраты на электроэнергию для транспортировки яиц по МТ пропорциональны массовой (весовой) загрузке МТ яйцами, т.е. суммарной массе находящихся на ленте МТ яиц.

$$C_3^{электр}(V^{сформ}) = \Pi_{эл}^{уд} \cdot (V^{сформ})^C \cdot K_1(M_{яниц}), \text{ руб./ед. времени} \quad (4),$$

где  $C$  – коэффициент вида пропорциональной нелинейной зависимости, связанный с конструктивными особенностями МТ и его электропривода при изменении скорости движения рабочего органа МТ;

$M_{яниц} = (M_{я1-Z}(t) - M_{я1-Z}(t - T_{1.я})), \text{ кг} \quad (5),$  – текущая загрузка транспортера, или суммарная масса яиц, уже находящихся на ленте МТ в течение предыдущего периода времени ( $T_{1.я}$ ) их прохождения по МТ от наиболее удаленного птичника до яйцесклада. Значение  $M_{яниц}$  вычисляется по информации, перерабатываемой в вычислительном блоке, именно в указанный период времени ( $T_{1.я}$ );  $M_{я1-Z}(t) = \Sigma n_{1-Z}^{\Sigma}(t) \cdot M_{я}$  – суммарная масса яиц, поступающих на МТ в данный момент времени  $T_0$ ;  $M_{я1-Z}(t - T_{1.я}) =$

$= \Sigma n_{1-Z}^{\Sigma} \cdot M_{я}(t - T_0)$  – суммарная масса яиц, уходящих с МТ в данный момент времени  $T_0$ ;  $M_{я}$  – измеренная датчиком или заданная задатчиком масса одного яйца;  $K_1(M_{яниц})$  – коэффициент, учитывающий связь электропотребления электроприводом МТ с загрузкой МТ.

Целевая функция оптимизации (выбора наилучшего) режима работы МТ (скорости его ленты) для достижения наименьшего (минимального) значения критерия (показателя) суммы стоимостей потерь продукции из-за боя скорлупы яиц и электроэнергии для электропривода МТ. Вычисляется блоком вычисления затрат на бой яиц и электроэнергии на транспортировку яиц в диапазоне ( $V^{сформ}_{мин} \dots V^{сформ}_{макс}$ ) технологически допустимых скоростей движения ленты МТ.

$$C_{\Sigma}(V^{сформ}) = C_1^{бой}(V^{сформ}) + C_2^{бой}(V^{сформ}) + C_3^{электр}(V^{сформ}) \quad (6).$$

По наименьшему значению  $C_{\Sigma}(V^{сформ})_{мин}$  блок определения сигнала экономически оптимального значения скорости транспортировки яиц (блок управления) определяет это значение  $V_{опт}^{сформ}$  и подает соответствующий ему сигнал на задающий вход регулятора скорости движения транспортирующего рабочего органа. Электропривод МТ обеспечивает экономически наилучшую скорость движения ленты МТ  $V_{МТ}^{реальн\ опт}$  (рис. 1).

$C_1^{бой\ слаб}$  – стоимость потерь продукции за счет повреждения скорлупы яиц при транспортировке (затраты на бой

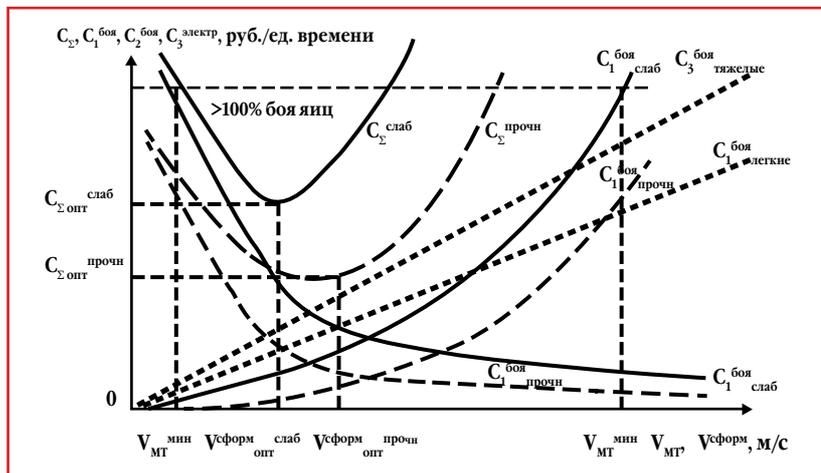


Рис. 1. Графическая иллюстрация осуществления экономически оптимальной транспортировки пищевых яиц

яиц) в единицу времени в зависимости от расчетной скорости движения  $V_{\text{сформ}}$  ленты МТ на всех входах МТ (или на выходах всех птичников птицефабрики, обслуживаемых данным МТ) для яиц со слабой, непрочной скорлупой;  $C_{1\text{ прочн}}^{\text{бой}}$  — то же для яиц с прочной скорлупой;  $C_{2\text{ слаб}}^{\text{бой}}$  — затраты на бой яиц со слабой, непрочной скорлупой в единицу времени на выходе МТ;  $C_{2\text{ прочн}}^{\text{бой}}$  — то же для яиц с прочной скорлупой;  $C_{3\text{ электр}}^{\text{легкие}}$ ,  $C_{3\text{ электр}}^{\text{тяжелые}}$  — затраты на электроэнергию для транспортировки легких и тяжелых яиц по МТ;  $C_{\Sigma\text{ опт}}^{\text{слаб}}$  — минимальное (оптимальное) значение суммы стоимостей потерь продукции из-за боя скорлупы тяжелых яиц со слабой, непрочной скорлупой и электроэнергии для электропривода МТ;  $C_{\Sigma\text{ опт}}^{\text{прочн}}$  — то же для легких яиц с прочной скорлупой.

Экономически оптимальная транспортировка пищевых яиц осуществляется следующим образом. Задают сигнал вида, породы, линии, кросса и возраста птицы  $K_{\text{птицы}}$ , содержащейся на птицефабрике и среднестатистической массы куриного яйца  $M_{\text{я}}$ . По данным зооветеринарной биологической лаборатории птицефабрики задают сигнал долевого содержания кальция и магния в корме  $P_{\%Ca, \%Mg}$ , удельной цены электроэнергии для электропривода магистрального транспортера  $C_{\Sigma}$ . Формируют сигнал скорости МТ  $V_{\text{сформ}}$ , задают сигналы нормативного, технологически допустимых наименьшего и наибольшего значений скоростей МТ  $V_{\text{MT мин}}^{\text{норм}}$ ,  $V_{\text{MT макс}}^{\text{норм}}$ . Периодически изменяют сформированный сигнал скорости магистрального транспортера  $V_{\text{сформ}}$  в диапазоне между технологически допустимыми наименьшим  $V_{\text{MT мин}}^{\text{норм}}$  и наибольшим  $V_{\text{MT макс}}^{\text{норм}}$  заданными значениями сигнала скорости движения рабочего органа МТ. Вычисляют сумму затрат  $C_{\Sigma}(V_{\text{сформ}})$  от расчетной потери стоимости поврежденных при транспортировке яиц  $C_{1\text{ бой}}(V_{\text{сформ}}) + C_{2\text{ бой}}(V_{\text{сформ}})$  и на электроэнергию для электропривода магистрального транспортера  $C_{3\text{ электр}}(V_{\text{сформ}})$ . Сравнивают соответствующий наименьшему значению указанной суммы затрат сформированный сигнал скорости магистрального транспортера сигнал  $V_{\text{опт}}^{\text{сформ}}$  с измеренным сигналом ско-

рости движения рабочего органа магистрального транспортера  $V_{\text{MT}}^{\text{измер}}$ . По результату сравнения корректируют скорость движения рабочего органа магистрального транспортера  $V_{\text{MT}}^{\text{реальн}}$ . В результате автоматически устанавливается экономически наилучшее (оптимальное) для минимизации затрат на транспортировку яиц значение скорости движения рабочего органа МТ: для яиц со слабой, непрочной скорлупой  $V_{\text{сформ}}^{\text{слаб}}$  и для яиц с прочной скорлупой  $V_{\text{сформ}}^{\text{прочн}}$ .

Формирователь сигналов количества яиц в единицу времени на входах магистрального транспортера и на его выходе 5 определяет мгновенную загрузку приемника яиц в яйцескладе, причем без применения сложного оптоэлектронного счетчика яиц в неорганизованном потоке на МТ, через интервал времени прохождения яиц от самого отдаленного птичника. Эта численная загрузка в точности равна мгновенному одновременному поступлению птичьих яиц из птичников в начале этого временного интервала. Поэтому технико-экономический расчет

по формулам (2), (3), (4) и (6) и соответствующее управление транспортировкой яиц производится по существу в момент достижения яйцами с наиболее удаленного птичника приемника яиц. Вычислительный блок 6 по данным заданий и измерений, формирования искусственной величины управляемого сигнала скорости МТ  $V_{\text{сформ}}$  и изменения ее значения в технологически допустимом диапазоне скоростей ( $V_{\text{сформ}}^{\text{мин}} \dots V_{\text{сформ}}^{\text{макс}}$ ) рассчитывает целевую функцию оптимизации (6) по зависимостям (1), (2), ..., (6). Блок управления 7 устанавливает на задающем входе регулятора 8 соответствующий режиму минимальных затрат сформированный сигнал производства экономически наилучшей (оптимальной) скорости МТ сигнал  $V_{\text{опт}}^{\text{сформ}}$ .

Действительное долевое содержание кальция и магния в птичьей корме устанавливается биологической лабораторией птицефабрики и закладывается в задатчик 10 в виде соответствующего электрического сигнала. Поэтому в зависимости от информации задатчика сигнала долевого

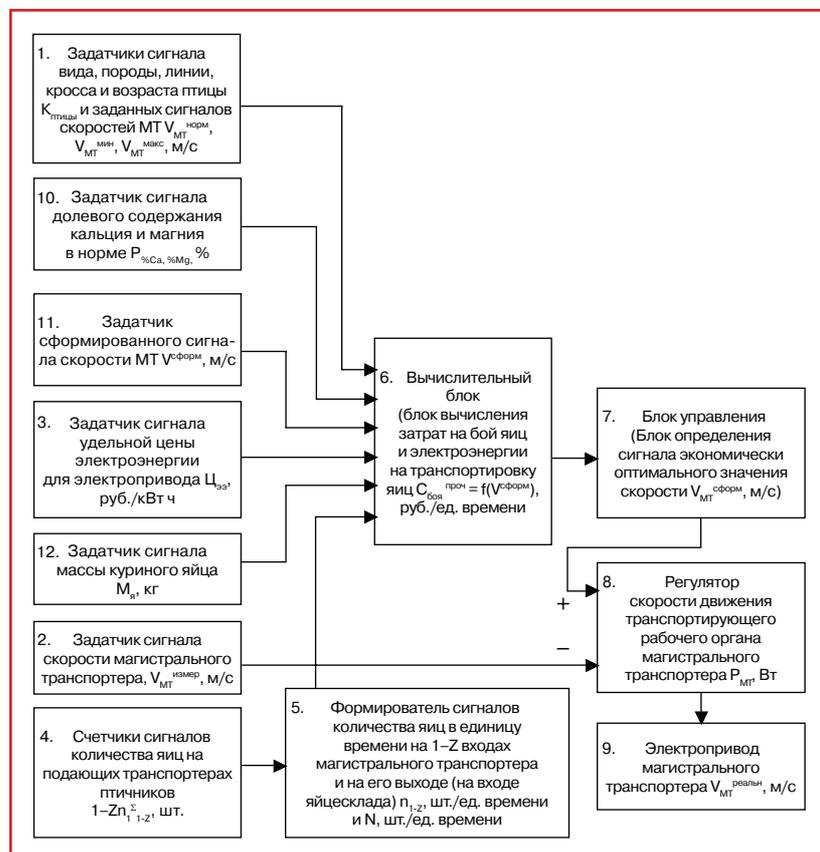


Рис. 2. Структурно-функциональная схема устройства экономически оптимальной транспортировки пищевых яиц



содержания кальция и магния в корме птицы 10 автоматически устанавливаются соответствующие значения скорости движения рабочего органа МТ: для яиц со слабой, непрочной скорлупой  $V_{\text{сформ}}^{\text{слаб}}_{\text{опт}}$  и для яиц с прочной скорлупой  $V_{\text{сформ}}^{\text{прочн}}_{\text{опт}}$  (рис. 1). Обеспечивается экономически наилучшее для данной технологии и для предприятия в целом соотношение между получаемой продукцией птицеводства (обычно куриными, гусиными, утиными, перепелиными яйцами) и расходуемым на транспортировку энергоносителем любого вида (обычно электроэнергия). Расширяются также и функциональные возможности автоматизированного управления, поскольку при этом обеспечивается возможность экономически оптимальной транспорти-

ровки яиц птицы любого вида – кур, гусей, уток, цесарок и т.п. □

### Литература

1. А. с. СССР 1481817. Способ автоматизированного управления яйцесборочным магистральным транспортером и устройство для его осуществления /Р.М. Славин, А.В. Дубровин и др. // БИ. 1989. № 19.
2. Патент РФ №2229155. Способ и устройство экономичного общего обогрева животноводческого помещения и локального обогрева сельскохозяйственных животных / А.В. Дубровин и др. // БИ.2004. № 14.
3. Патент РФ 2296464. Способ управления экономичным обогревом в животноводстве и птицеводстве и устройство для его осуществления /А.В. Дубровин и др. // БИ. 2007. № 10.
4. Патент РФ 2301521. Способ и устройство экономичного обогрева и кормления

животных и птицы /А.В. Дубровин и др. // БИ. 2007. № 18.

5. Патент РФ 2327675. Способ и устройство управления экономичной переработкой птичьего помета в промышленном птицеводстве /А.В. Дубровин и др. // БИ. 2008. № 18.

6. Патент РФ 2340172. Способ и устройство для выращивания птицы /А.В. Дубровин и др. // БИ. 2008. № 34.

7. Патент РФ 2328112. Способ и устройство информационно-коммуникационного управления экономичными обогревательными технологиями в птицеводстве / А.В. Дубровин и др. // БИ. 2008. № 19.

Для контактов с автором:

Дубровин

Александр Владимирович

тел. 8(499) 171-2589

e-mail: viesb@dol.ru

УДК 636.5:658.14:330

## КАК УПРАВЛЯТЬ ЗАТРАТАМИ НА ЭНЕРГОНОСИТЕЛИ В БРОЙЛЕРНОМ ПТИЦЕВОДСТВЕ

Хисамов А.К., аспирант

ФГОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет»

**Аннотация:** Высокие темпы роста тарифов на основные виды энергии отрицательно сказываются на результатах бройлерного птицеводства. В связи с этим возникает необходимость контролировать процесс расхода энергоресурсов на предприятии. В статье предложена методика управления данным видом затрат.

**Summary:** A high rate of tariffs on the main kinds of energy increasing has a negative impact on the results of broiler sector. In this connection there is the necessity to control the process of energy sources consumption at the enterprise. In the article methods of management by such expenses are offered.

**Ключевые слова:** бройлерное птицеводство, энергоносители, себестоимость, управление затратами.

**Key words:** broiler poultry farming; energy carriers; cost price; management of expenses.

Птицеводство является наиболее энергоемкой отраслью животноводства, что обусловлено высокой механизацией и автоматизацией всего производственного цикла — от инкубации до выращивания и забоя птицы. Доля затрат на энергоносители в структуре себестоимости мяса цыплят-бройлеров составляет 7–10% в зависимости от сезона года.

Темпы роста тарифов на все виды энергоносителей опережают темпы повышения цены реализации мяса цыплят-бройлеров (табл. 1).

В условиях роста тарифов на энергоносители разработка мер в целях снижения уровня затрат на производство единицы продукции является важной задачей менеджмента предприятия. При этом экономия не должна нарушать основные технологические процессы: параметры инкубации, воздухообмена, освещения, раздачи кормов, охлаждения и заморозки мяса и др. Это определяет актуальность разработки экономических подходов к нормированию затрат на энергоносители и методических во-

просов контроля за соблюдением установленных лимитов в подразделениях предприятия (птицефабрики).

Данная методика подразумевает управление затратами на энергоносители на основе трех этапов: анализа, планирования и контроля по каждому подразделению птицефабрики.

Анализ структуры расхода энергоносителей производственными подразделениями птицефабрики и деление его в зависимости от изменения объема производства (живой массы птицы, посаженного поголовья,