

УДК 621.3:636.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССАМИ ПТИЦЕВОДСТВА

*А.В. Дубровин, доктор технических наук,
Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства, г. Москва
В.А. Гусев, кандидат сельскохозяйственных наук,
ГНУ ВНИТИП России*

В этой статье авторы обсуждают информатизацию и автоматизацию технологий в птицеводстве. Производство осуществляется в автоматизированном режиме по технико-экономическому критерию.

Информационные технологии при автоматизации технологи-ческих процессов, эффективность производства, технико-экономический параметр.

Экономически оптимальное управление технологическими процессами на современном этапе развития сельскохозяйственной, точнее, аграрной инженерной науки представляет собой наивысший уровень автоматического и автоматизированного управления в производстве продукции, в том числе птицеводческой [1]. В скором будущем, когда цены на энергию всех видов, безусловно, возрастут небывало (признаки чего наблюдаются уже в настоящее время), вполне возможным и обоснованным станет переход частично или полностью на энергетический критерий управления технологиями. Но даже управление по проверенному временем в других предметных областях экономическому признаку встречает серьёзные противодействия со стороны представителей традиционного управления по технологическому критерию, в той или иной степени связанному только с продуктивностью биологических объектов сельского хозяйства.

Цель исследований – создание новых научно-технических решений использования технологических индексов эффективности производства при управлении процессами птицеводства.

Материалы и методика исследований. Уже многие годы ведётся постоянный и достаточно результативный поиск некоторых промежуточных критериев управления сельскохозяйственными технологиями, находящихся в промежутке между чисто технологическими и чисто экономическими признаками эффективности управления технологическими процессами. В птицеводстве, например, широко известен европейский (российский) индекс продуктивности ЕВІ, измеряемый в относительных единицах и вычисляемый следующим образом:

$$EBI = (C \times M_{\text{сут}}) / (10 \times K_{\text{кк}}), \quad (1)$$

где C – сохранность поголовья птицы, %; $M_{\text{сут}}$ – среднесуточный прирост живой массы одного бройлера, г; $K_{\text{кк}}$ – коэффициент конверсии корма, (кг кормов)/(кг живой массы).

В отрасли птицеводства принято считать допустимым, пороговым значением, значение $EBI_{\text{порог}} = 300$ отн. ед. При полученном расчётном значении EBI , равном или превышающем значение 300 отн. ед., действующее птицеводство считается технологически эффективным. Если для работающей птицефермы или птицефабрики получено $EBI < 300$, то по европейскому птицеводческому технологическому нормативу это предприятие, или технологический процесс, работает не достаточно эффективно. Значение EBI , полученное для действующего птицеводческого бройлерного предприятия, является достаточно обоснованной международной оценкой результативности его деятельности на рынке мяса бройлеров.

Пример 1. $EBI = 97 \times 58 / 10 \times 1,8 = 312$, хорошее значение индекса продуктивности.

Пример 2. $EBI = 95 \times 55 / 10 \times 1,95 = 267$, невысокое значение индекса продуктивности.

Результаты исследований. Значение EBI позволяет сразу по его получении оценивать эффективность (результативность) птицеводческого предприятия, технологии, технологического процесса. Чем скорее получена численная оценка качества работы предприятия по европейскому указанному нормативу, тем быстрее можно принять управленческое или технико-технологическое решение по внесению поправок в действие технологического оборудования и улучшить ход технологий и технологических процессов в птицеводстве. Также можно успешно, результативно, завершить процессы кормления и выращивания птицы в таком их состоянии, пока они считаются по текущему во времени значению индекса продуктивности ещё эффективными. Этим можно предотвратить бессмысленные затраты кормов, техногенной энергии на продолжение ставших неэффективными процессов кормления и выращивания птицы. Например, достаточно очевидно, что в конечной стадии выращивания птицы значительная часть биоконверсионной энергии кормов идёт просто на поддержание жизни птицы с большой живой массой. При этом рост живой массы, т.е. продуктивность птицеводства значительно снижается. Расходование материальных и энергетических ресурсов птицефабрики становится не эффективным (не результативным). Надо такие не эффективные процессы кормления и содержания птицы немедленно прекратить. Но технических решений для этого не существует. Следовательно, создание новых технических решений для ускоренного автоматизированного получения оценочного значения индекса продуктивности, например EBI , является для управления продолжительностью технологических процессов кормления и содержания птицы целесообразным и позволяет существенно повысить уровень техники для птицеводства и эффективность самого птицеводства (рис. 1).

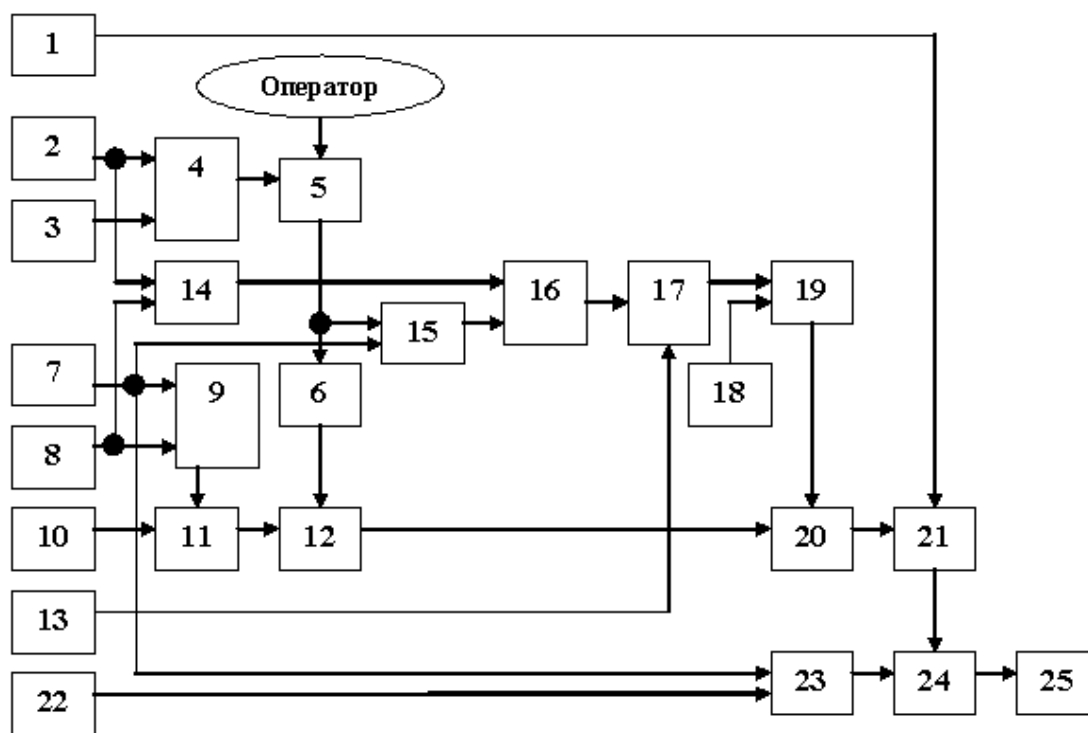


Рис. 1. Функциональная схема устройства для определения эффективной продолжительности процессов кормления и выращивания птицы: 1 – первый датчик сигнала порогового значения индекса продуктивности; 2 – второй датчик сигнала количества птиц в первые сутки выращивания; 3 – первый счётчик сигналов потерь поголовья птицы; 4 – первый элемент вычитания (первый формирователь сигнала количества птиц на вторые сутки выращивания); 5 – третий датчик сигнала количества птиц на текущие сутки выращивания; 6 – второй формирователь сигнала текущего значения сохранности поголовья; 7 – первый измеритель сигнала средней живой массы одной птицы на текущие сутки выращивания; 8 – четвёртый датчик сигнала значения живой массы одной птицы в начале первых суток выращивания; 9 – второй элемент вычитания; 10 – второй счётчик сигналов количества суток выращивания; 11 – первый элемент деления; 12 – первый элемент умножения сигнала текущего значения сохранности поголовья на сигнал значения среднесуточного прироста живой массы одной птицы на текущие сутки выращивания; 13 – второй измеритель сигнала суммарного потребления корма поголовьем птицы на текущие сутки выращивания; 14 – второй элемент умножения сигнала средней живой массы одной птицы на количество птиц в выращиваемой партии птицы в первые сутки выращивания; 15 – третий элемент умножения сигнала средней живой массы одной птицы на количество птиц в выращиваемой партии птицы на текущие сутки выращивания; 16 – третий элемент вычитания произведения сигнала средней живой массы одной птицы и сигнала количества птиц в выращиваемой партии птицы в первые сутки выращивания из сигнала произведения средней живой массы одной птицы и сигнала количества птиц в выращиваемой партии птицы на текущие сутки выращивания; 17 – второй элемент деления сигнала значения суммарного потребления корма поголовьем птицы на текущие сутки выращивания на

сигнал значения суммарного прироста живой массы поголовья птицы за время по текущие сутки выращивания; 18 – четвёртый задатчик сигнала значения коэффициента «10»; 19 – четвёртый элемент умножения; 20 – третий элемент деления сигнала значения числителя математического выражения индекса продуктивности на сигнал значения знаменателя математического выражения индекса продуктивности; 21 – первая схема сравнения сигнала индекса продуктивности с заданным сигналом порогового значения индекса продуктивности; 22 – пятый задатчик сигнала минимально допустимой сдаточной живой массы одной птицы в конечной стадии процессов кормления и выращивания; 23 – вторая схема сравнения сигнала измеренной средней живой массы одной птицы на текущие сутки выращивания с заданным сигналом минимально допустимой сдаточной живой массы одной птицы в конечной стадии процессов кормления и выращивания; 24 – схема совпадения сформированного сигнала соответствия эффективности реального бройлерного птицеводства принятому индексу продуктивности и сформированного сигнала возможности окончания процессов кормления и выращивания птицы; 25 – исполнительный элемент выключения технологического оборудования процессов кормления и выращивания птицы

Устройство работает следующим образом. Элементы функциональной схемы устройства осуществляют как вычисление значения индекса продуктивности по формуле (1), так и производят формирование соответствующих сигналов. То есть производятся действия над материальными объектами с помощью материальных средств. Задаются, определяются, сравниваются друг с другом и формируются все необходимые сигналы. Действия элементов схемы устройства отражены в их названиях и в дополнительных комментариях сильно не нуждаются. Главное в работе устройства заключается в двойной проверке результативности процессов кормления и выращивания птицы. Первая проверка заключается в совокупной оценке потерь поголовья птицы, темпов её роста, расходования при этом кормовых смесей. Эта оценка производится именно посредством обработки соответствующих сигналов при формировании сигнала индекса продуктивности. Вторая проверка является обычным условием ограничения по значению сдаточной живой массы птицы в конечной стадии её кормления и выращивания. Вторая схема сравнения 23 подготавливает устройство к прекращению процессов кормления и выращивания птицы, поскольку минимально допустимая средняя живая масса птицы уже достигнута. Далее есть смысл продолжать эти процессы только в том случае, когда продолжается эффективный набор птицей прироста живой массы при приемлемом расходе корма и при незначительных потерях поголовья птицы. Процессы кормления и выращивания птицы продолжаются при превышении полученным по способу сигналом индекса продуктивности заданного отраслевого порога эффективного значения индекса продуктивности, что показывает выходной сигнал первой схемы сравнения 21. Одновременное получение двух сигналов: о возможности прекратить кормление и выращивание птицы, когда минимальная сдаточная средняя живая масса одной птицы достигнута, и о целесообразности продолжении её дальнейшего набора в условиях эффективного хода

технологических процессов, позволяет продолжить кормление и выращивание и получить в результате весьма высокую мясную продуктивность. Как только будет ясно, что сигнал индекса продуктивности ниже порогового сигнала по отрасли, процессы автоматически прекращаются с помощью устройства по рис. 1 путём немедленного выключения соответствующего технологического оборудования. Прекращается беспечное, неэффективное расходование кормовых и энергетических ресурсов птицефабрики. Таким образом, формируется и используется при управлении процессами кормления и выращивания птицы новый сигнал индекса продуктивности EVI , сформированный для определения эффективной продолжительности процессов кормления и выращивания птицы. При этом существенно повышается эффективность процессов кормления и выращивания птицы в отрасли птицеводства при управлении их продолжительностью по времени в соответствии с принятым индексом результативности.

Становится понятным стремление разработчиков подобных индексов эффективности производства к учёту только самых основных дорогостоящих факторов процесса выращивания птицы. Это, конечно, во-первых, всемерное упрощение признака результативности. Во-вторых, каждый очередной придуманный не полностью экономический индекс эффективности должен всё более полно оценивать особенности технологического процесса, например, учитывать особенности каждой из выращиваемых партий птицы по неоднородности стада по живой массе каждой особи. Зачем это нужно? Дело в том, что в данной книге показана необходимость знания истинного значения средней живой массы бройлера для точного управления технологическими процессами кормления и выращивания птицы по экономическому критерию. Большая неоднородность поголовья по живой массе птицы без её учёта при формировании нового очередного индекса эффективности производства приведёт к тому, что по достигнутой средней живой массе бройлера и по принятому пороговому значению индекса технологии можно заканчивать. Но при этом многочисленная часть поголовья с меньшей живой массой, чем средняя живая масса, фактически оказывается некондиционной именно по живой массе этих особей. Значит, технологии следует продолжить, а для этого приходится формировать новый индекс продуктивности, учитывающий именно статистическую оценку неоднородности стада птицы. Вот именно численной характеристикой этой оценки и следует дополнить индекс продуктивности вида (1) и все аналогичные индексы, которые по существу являются упрощенными вариантами всеобъемлющего экономического признака эффективности животноводства и птицеводства. В технологических процессах, связанных со случайным выборочным самостоятельным взвешиванием произвольной особи, когда принципиально необходима статистическая обработка случайных сигналов живой массы и количества самих фактов взвешивания, такое дополнение индекса продуктивности EVI действительно просто необходимо. Предлагается следующая форма этого дополнения, которое назовём коэффициентом учёта репрезентативной (выборочной) погрешности измерения B :

$$B = 1 - \Delta_{\%}, \quad (2)$$

где $\Delta_{\%}$ – относительная погрешность измерения средней живой массы особи по стаду

При совершенно точной оценке средней живой массы, когда $\Delta_{\%} = 0$, $B = 1$, и индекс продуктивности вычисляется общепринятым образом по (1). Этот теоретически предельный случай соответствует бесконечно большому количеству взвешиваний каждой особи из всего поголовья, когда оценка математического ожидания в точности совпадает с его истинным значением. Одновременно оценка среднего квадратического отклонения живой массы особи по стаду σ^* превращается в собственно среднее квадратическое отклонение живой массы особи по стаду σ , а оценка математического ожидания живой массы особи по стаду m_{cp}^* превращается в истинное значение математического ожидания живой массы особи по стаду m_{cp} , кг. Если же технология выращивания идёт обычным образом, и при этом выборочное взвешивание случайных особей с количеством опытов n также проходит как обычно, то приходится применять формулу (2).

Тогда и среднесуточный прирост живой массы одной особи, в числителе (1), и суммарный прирост живой массы всего поголовья, в знаменателе выражения коэффициента конверсии корма, следует умножить на коэффициент учёта репрезентативной (выборочной) погрешности измерения B . Получается двойное умножение индекса продуктивности на величину B . И это правильно. Так уж построен сам индекс *продуктивности* EVI . В нём происходит двойной мультипликативный (умножающийся) учёт приростов живой массы – среднесуточного для одной среднестатистической птицы по всему периоду времени выращивания партии птицы, и суммарного прироста живой массы всего поголовья на конец периода выращивания. Таким образом, во второй степени (в квадрате) возрастает значение численных статистических характеристик единственно возможного принципа выборочного взвешивания особей. При всех других принципах взвешивания особей в стаде поголовья приходится либо человеку-оператору создавать стрессовые для животных и птицы ситуации, либо инженерам городить в среде обитания поголовья предположительно и очевидно весьма громоздкие приспособления. Это придётся делать или для полного отказа от выборочного взвешивания, или для всемерного уменьшения погрешности репрезентативности выборки (и соответственно, для всемерного уменьшения относительной погрешности измерения средней живой массы особи по стаду $\Delta_{\%}$). Технологически и практически такой путь отказа от выборочного взвешивания не допустим.

$$EVI_B = (C \times M_{сут} \times M_{птицы} (1 - \Delta_{\%})^2) / (10 \times M_{корм}), \quad (3)$$

где EVI_B – новый индекс продуктивности, отн. ед.; $M_{птицы}$ – финишная живая масса одного бройлера, кг.

Видно, что при $(1 - \Delta_{\%}) = 0$ выражение (2) обращается в нуль, т.е. когда результативность производства по индексу продуктивности нулевая, при условии

$$1 - \Delta\% = 1 - (\sigma^* \times t) / (m_{cp}^* \times n^{0,5}) = 1 - (V \times t / n^{0,5}) = 0. \quad (4)$$

А при таком условии: $(V \times t / n^{0,5}) = 1$, – получается условие для коэффициента неоднородности стада: $V = n^{0,5} / t = \sigma^* / m_{cp}^*$. Через задание технологом значения критерия Стьюдента t , обычно принимаемое равным целочисленному значению аргумента функции Лапласа ($t_1 = 1, t_2 = 2, t_3 = 3$), сразу получают значение доверительной вероятности для нормального закона распределения случайной величины живой массы от особи к особи, соответственно ($p_1 = 0,68; p_2 = 0,95; p_3 = 0,997$). При $t = n^{0,5} m_{cp}^* / \sigma^*$ технология перестаёт быть эффективной по введённому индексу продуктивности. Значит, чтобы технология была эффективной, коэффициент вариации, иначе – величина неоднородности стада поголовья животных или птицы, должен (должна) быть меньше, чем по условию $(V \leq n^{0,5} / t)$. Пример: неоднородность стада 0%, однородность 100%; соответственно 3% и 97%, 24% и 76% и т.д., т.е. $V = 1 - (K_{одн} / 100\%)$, где $K_{одн}$ – вводимый коэффициент однородности стада, %.

При прогнозировании технологами значения однородности стада по живой массе, легко определить ежесуточное минимальное и достаточное для получения положительного, ненулевого, превышающего нуль, значения индекса продуктивности количество взвешиваний особей: $n^{0,5} \geq Vt$, или $n \geq V^2 t^2$. Таким образом, новый скорректированный индекс продуктивности должен включать в себя сведения о статистических свойствах процесса выборочного взвешивания случайных особей животных и птиц. Эти сведения влияют на результат определения индекса продуктивности и заставляют управлять длительностью выращивания поголовья с учётом этого влияния. Уже интуитивно представляется достаточно ясным, что при обнаружении в процессе выращивания сильной неоднородности поголовья по живой массе придётся удлинять процесс выращивания, для добора лёгкими особями своей живой массы до минимальной сдаточной массы цехом предприятия. И чем больше эта неоднородность стада, тем больше живая масса лёгких особей отличается в меньшую сторону, следовательно, тем дольше надо осуществлять технологические процессы по выращиванию лёгких особей. При этом легко осуществить и дополнительную проверку условия набора минимальной технологической живой массы путём прямого соблюдения этого условия сравнением измеренной живой массы с её минимальным заданным значением. Вот всё это и показывает формула (3) определённое по ней значение сформированного управляющего сигнала в $(1 - \Delta\%)^2$ раз меньше сигнала с известным значением индекса продуктивности по формуле (1). Это означает более позднее по времени равенство сформированного управляющего сигнала заданному сигналу общепринятого порогового значения, равного 300 относительным единицам. Процесс мог бы быть и дольше по времени считающимся эффективным по одному только признаку неоднородности стада, но ведь это стадо непрерывно во времени потребляет корм. А это в свою очередь учитывается коэффициентом конверсии корма (рис. 2).

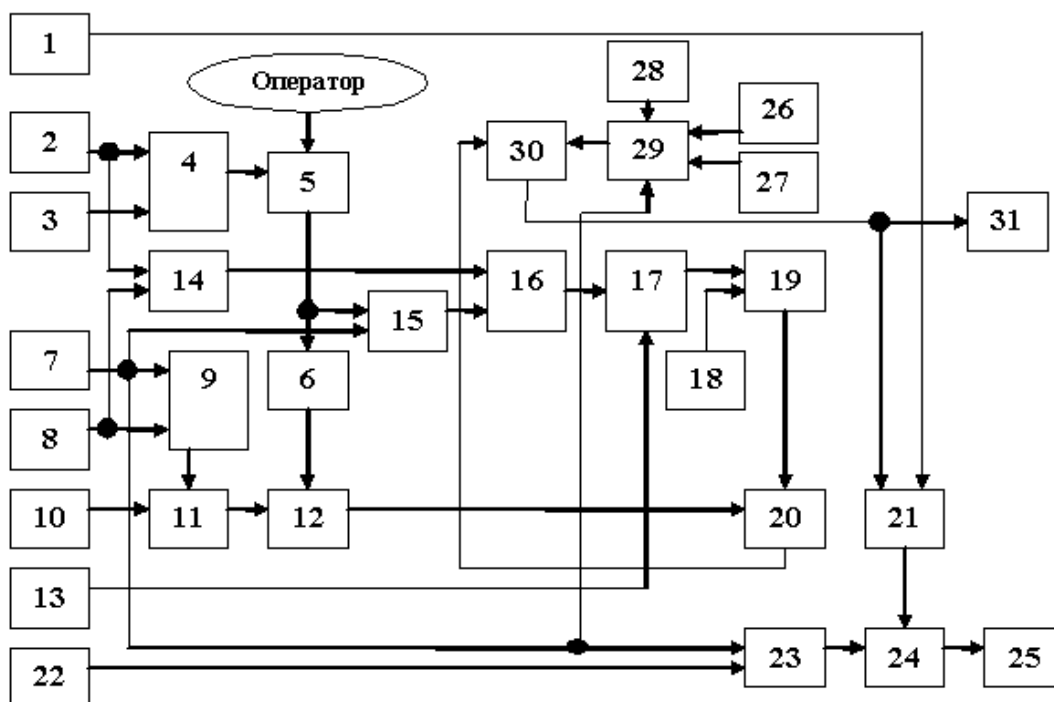


Рис. 2. Функциональная схема устройства для определения эффективной продолжительности процессов кормления и выращивания птицы по новому индексу продуктивности (объясняются только отличия от рис. 1): 26 – задатчик сигнала значения «единица»; 27 – задатчик сигнала целочисленного значения аргумента функции Лапласа, или критерия Стьюдента; 28 – измеритель сигнала количества взвешиваний особи; 29 – блок вычисления сигнала разности между единицей и произведением сигнала оценки среднего квадратического отклонения живой массы особи по стаду от оценки математического ожидания живой массы особи по стаду и сигнала аргумента функции Лапласа или критерия Стьюдента, делённым на произведение сигнала оценки математического ожидания живой массы особи по стаду и сигнала квадратного корня из количества взвешиваний произвольной особи поголовья птицы; 30 – блок умножения; 31 – индикатор сигнала нового индекса продуктивности.

Выводы

Новый индекс продуктивности позволяет автоматически прекратить процесс выращивания животных и птицы с учётом новых возможностей по сравнению с известными возможностями. Это повышает эффективность технологии выращивания в новых совместных условиях выборочного взвешивания и меняющейся неоднородности стада поголовья, что даёт эффект по точности прекращения технологии выращивания и, соответственно, по дополнительной экономии кормов, других материальных, трудовых и энергетических ресурсов птицефабрики.

Список литературы

1. Дубровин А.В. Основы автоматизированного управления технологическими процессами в птицеводстве по экономическому критерию. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2013. – 292 с.

У цій статті автори обговорюють інформатизацію та автоматизацію технологій в птахівництві. Виробництво здійснюється в автоматизованому режимі за техніко-економічним критерієм.

Інформаційні технології при автоматизації технологічних процесів, ефективність виробництва, техніко-економічний параметр.

In this article the authors discussed the computerization and automation technologies in poultry farming. Production is carried out in automatic mode according to technical and economic criteria.

Information technologies by automation of technological processes, efficacy of production, technical and economic parameter.