

ЭКОНОМИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРЕРЫВИСТЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

**А.В. ДУБРОВИН, доктор технических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства», г. Москва**

Рассмотрены вопросы информатизации и автоматизации технологий в птицеводстве. Предложена схема устройства управления прерывистым освещением в автоматизированном режиме по экономическому критерию.

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

Различные значения величины освещённости B при постоянном освещении приводят к различным результатам выращивания птицы по её продуктивности. Наивысшая продуктивность соответствует нормативной освещённости с технологически оптимальным значением $B_{технол}^{опт}$. Любые отклонения освещённости от этого значения на величину $\pm \Delta B$ приведут только к падению результирующей продуктивности поголовья. Значит, при любом способе управления технологическим процессом прерывистого освещения всегда следует поддерживать точное значение нормативной освещённости птицы определённого вида, линии (красса) и возраста.

При прерывистом освещении за промежутком времени освещённого состояния птичника следует промежуток времени темноты в помещении для птицы. Другими словами, период времени прерывистого освещения составляет время совместного действия импульса света и времени темноты до появления очередного такого импульса. Известное отношение периода следования (повторения) импульса к длительности этого импульса называется скважностью импульсов (в данном контексте – световых импульсов). Величина, обратная скважности, называется коэффициентом заполнения. Эта величина часто используется в литературе на английском языке и пишется “*Duty cycle*” (*англ.*). Понятно, что коэффициент заполнения – отношение длительности импульса к периоду их следования, т.е. скважность и коэффициент заполнения являются по отношению друг к другу обратными безразмерными величинами. Однако, стоит уточнить, что в *англоязычной документации* коэффициент заполнения, как правило, измеряется в процентах (%). Тогда значение коэффициента заполнения p (в данном контексте – заполнения птичника искусственным светом) при постоянном освещении равно 1 (единице), а при прерывистом освещении изменяется от 0 (от

нуля) – полная темнота, до почти единицы – почти постоянное освещение с очень короткими временными промежутками темноты.

Цель исследований – разработка экономически оптимального управления прерывистым освещением в птицеводстве по экономическому критерию.

Материалы и методика исследований. При сопоставимых значениях изменений затрат на освещение и прироста цены реализованной продукции (точнее, стоимости произведённой продукции в ценах реализации) экономическая оптимизация прерывистого режима освещения может оказаться экономически целесообразной. Возникает существенный баланс между указанными изменениями. Реализация этого баланса путём экономически оптимального управления по величине коэффициента заполнения p (соответствующему фактически по принятому в птицеводстве соотношению светлого и тёмного времен) приводит к смещению значения этого коэффициента от его значения при технологически оптимальном (критерий продуктивности поголовья) режиме прерывистого освещения $p_{технол}^{опт}$ к меньшему его значению при экономически (критерий прибыли) оптимальном режиме прерывистого освещения $p_{экон}^{опт}$ на величину $(p_{экон}^{опт} - p_{технол}^{опт})$. Происходит экономия электроэнергии на освещение, превышающая неизбежное некоторое снижение продуктивности поголовья. В результате такого управления появляется дополнительная (инновационная) экономическая эффективность $\Delta P_{ЭОУ}^{прерыв доп}$ управления по экономическому критерию технологическим процессом прерывистого освещения птичника по отношению к обычному автоматическому поддержанию даже наиболее удачного режима с его экономической эффективностью $\Delta P_{технол}^{опт пост}$ по отношению к режиму постоянного освещения с оптимальной (нормативной) освещённостью $V_{технол}^{опт}$.

Результаты исследований. На рис. 1 представлен характер взаимной зависимости от коэффициента заполнения p технических $V_{технол}^{опт} \pm \Delta V$, технологических $P_{технол}^{пост}$, $Прод_1^{пост}$, $Прод_2^{пост}$, $Прод_3^{пост}$, $Прод_1^{прерыв}(p)$, $Прод_2^{прерыв}(p)$, $Прод_3^{прерыв}(p)$, $\Delta P_{род_1}^{прерыв}$, $\Delta P_{род_2}^{прерыв}$, $\Delta P_{род_3}^{прерыв}$ и экономических $P_{технол}^{опт}{}_3(p)$, $P_{ЭОУ_3}(p)$, $\Delta P_{технол}^{опт пост}$, $\Delta P_{ЭОУ}^{прерыв доп}$, $\Delta_{осв}(p)$, $\Delta_{осв_3}^{пост}$, $\Delta_{осв_3}^{пост доп}$, $\Delta_{осв_3}^{прерыв доп}$ характеристик процесса прерывистого освещения промышленного птичника: $V_{технол}^{опт}$ – значение технологически оптимальной (нормативной) освещённости во время светового импульса, Вт/м²; $\pm \Delta V$ – отклонение освещённости от её оптимального (нормативного) значения $V_{технол}^{опт}$, Вт/м²; $V_{технол}^{опт} \pm \Delta V$ – значения освещённости во время светового импульса, Вт/м²; p – коэффициент заполнения, отн. ед.; $p_{технол}^{опт}{}_3$ – технологически оптимальное значение коэффициента заполнения p для получения наивысшей продуктивности птицы в третьем варианте прерывистого освещения птичника (в трёх частных случаях $V_1 < V_2 < V_3 = V_{технол}^{опт}$ изменения освещённости значения коэффициента заполнения принимаются одинаковыми $p_{технол}^{опт}{}_3 = p_{технол}^{опт}{}_2 = p_{технол}^{опт}{}_1$), отн. ед.; $p_{экон}^{опт}{}_3$ – экономически оптимальное значение коэффициента заполнения для получения наивысшей прибыли от технологического процесса в наилучшем

по освещённости третьем варианте прерывистого освещения птичника, отн. ед.; $P_{технол}^{пост}$ – постоянная наивысшая (нормативная) продуктивность при постоянном нормативном освещении, кг/ед. времени; $Прод_1^{пост}$, $Прод_2^{пост}$, $Прод_3^{пост}$, $Прод_1^{прерыв}(p)$, $Прод_2^{прерыв}(p)$, $Прод_3^{прерыв}(p)$ – продуктивности соответственно при постоянном и при прерывистом освещении в трёх показанных вариантах освещённости, кг/ед. времени; $\Delta Прод_1^{прерыв}$, $\Delta Прод_2^{прерыв}$, $\Delta Прод_3^{прерыв}$ – соответствующие наивысшие приросты продуктивности птицы при переходе с постоянного на прерывистое освещение, кг/ед. времени; $P_{технол}^{опт}_3(p)$ – зависимость прибыли от коэффициента заполнения для третьего технологически наилучшего варианта управления по технологическому критерию (по продуктивности), руб./ед. времени; $P_{ЭОУЗ}(p)$ – зависимость прибыли от скважности импульсов освещения для третьего технологически наилучшего варианта управления по экономическому критерию (по прибыльности), руб./ед. времени; $\Delta P_{технол}^{опт\ пост}_3$ – наивысший прирост прибыли при переходе с постоянного освещения на третий (по освещённости) вариант управления прерывистым освещением по критерию продуктивности ($p = p_{технол}^{опт}_3$), руб./ед. времени; $\Delta P_{ЭОУЗ}^{пост}$ – наивысший прирост прибыли при переходе с постоянного освещения на третий (по освещённости) вариант управления прерывистым освещением по критерию прибыли ($p = p_{экон}^{опт}_3$), руб./ед. времени; $\Delta P_{ЭОУ}^{прерыв\ доп}$ – наивысший инновационный дополнительный прирост прибыли (в третьем наилучшем варианте освещения птичника при технологически оптимальной освещённости $V_{технол}^{опт}$) при переходе от управления прерывистым освещением по критерию продуктивности к управлению прерывистым освещением по критерию прибыли, руб./ед. времени; $\mathcal{E}_{осв}(p)$ – прямая пропорциональная зависимость эксплуатационных затрат на электроэнергию для прерывистого освещения от его коэффициента заполнения, руб./ед. времени; $\Delta \mathcal{E}_{осв3}^{пост}$ – наивысшая экономия затрат на электроэнергию для прерывистого освещения по критерию продуктивности по сравнению с постоянным освещением, руб./ед. времени; $\mathcal{E}_{осв3}^{пост\ доп}$ – наивысшая экономия затрат на электроэнергию для прерывистого освещения по критерию прибыли по сравнению с постоянным освещением, руб./ед. времени; $\Delta \mathcal{E}_{осв3}^{прерыв\ доп}$ – инновационная дополнительная экономия затрат на электроэнергию для прерывистого освещения при переходе от управления по критерию продуктивности к управлению по критерию прибыли, руб./ед. времени.

Показаны три варианта нарастающей от малого значения до технологически оптимального значения величины освещённости птичника (нижние индексы 1, 2, 3 в обозначениях указанных величин). В третьем режимном варианте экономически оптимального управления прерывистым освещением по величине коэффициента заполнения p также используется значение технологически оптимальной (технологически наилучшей) освещённости $V_{технол}^{опт}$ во время светового импульса.

В процессе многолетних и многочисленных технологических испытаний птицеводами установлены нормативные требования к постоянной освещённости птицы различных видов и возрастов, в настоящее время в

некоторых частных случаях даже нормируется количественная связь между коэффициентом заполнения прерывистого освещения и продуктивностью птицы. Для управления прерывистым освещением по экономическому критерию следует поступать указанным в этой книге образом. Надо иметь математическую модель продуктивности птицы в зависимости от величины освещённости при прерывистом освещении с изменяющимся значением коэффициента заполнения. Требуется наложить ограничения на изменения управляемых параметров. Следует провести имитационное математическое моделирование и построить точные количественные соотношения в виде представленных на рис. 1 графиков функций. При решении оптимизационной задачи определяются экономически оптимальные режимы освещения и коммутации в осветительных приборах птичника.

Прод, кг/ед. времени; $\mathcal{E}_{\text{осв}}(p)$, $\Pi(p)$, $\Delta\Pi$, руб./ед. времени

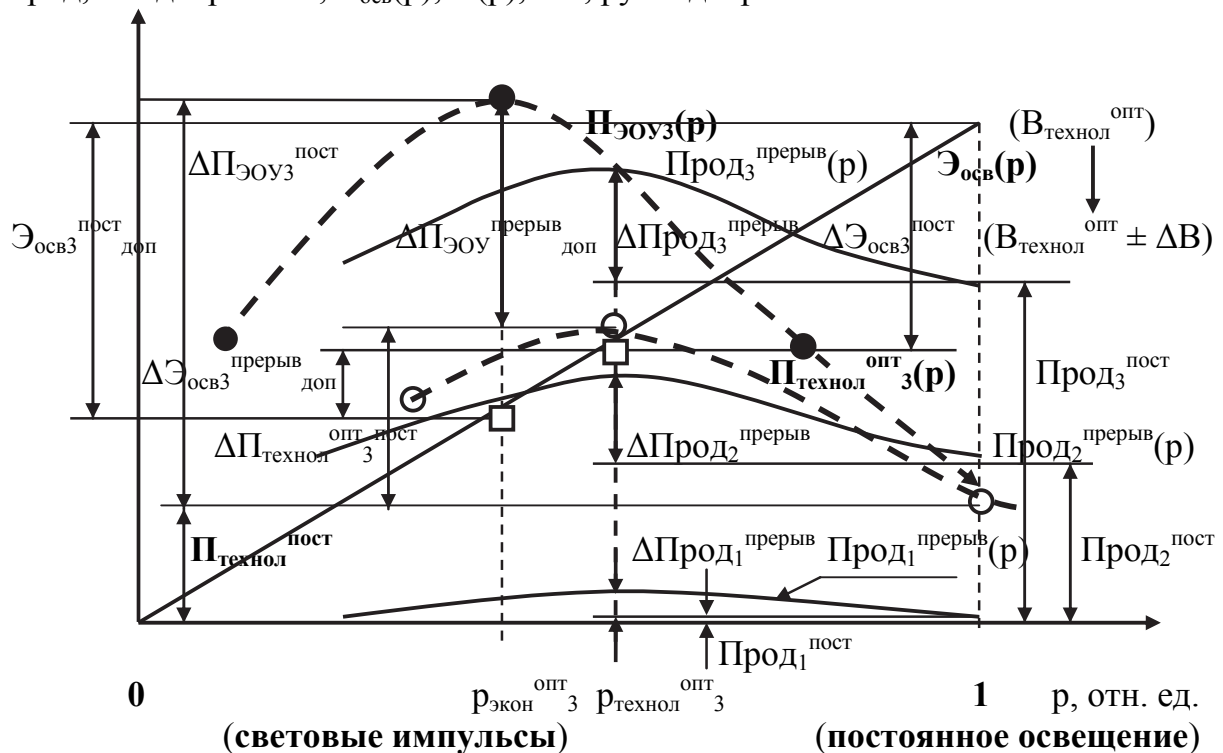


Рис. 1. Иллюстрация технологических и экономических характеристик процесса прерывистого освещения промышленного птичника в зависимости от скважности импульсов освещения и технического параметра освещённости

Измерение освещённости и коэффициента заполнения позволяют повысить точность управления и построить уточнённую функциональную схему устройства управления прерывистым освещением по экономическому критерию (рис. 2).

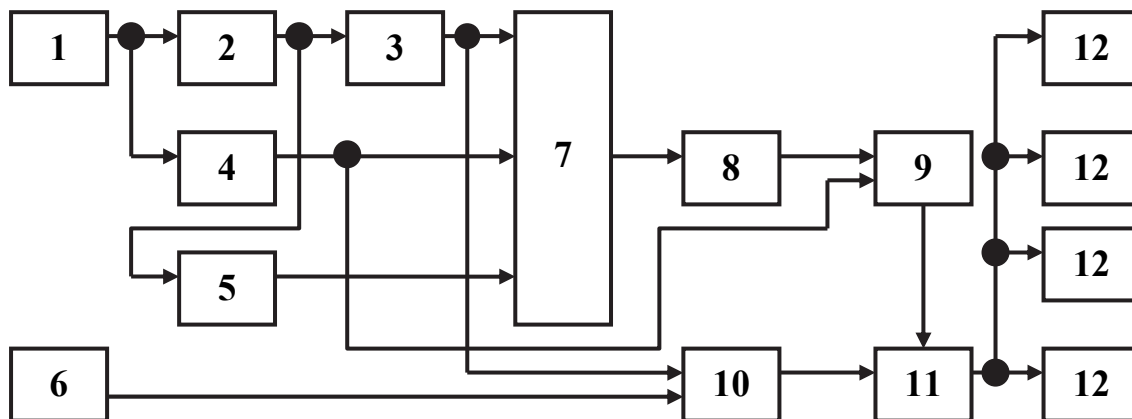


Рис. 2. Функциональная схема устройства экономически оптимального управления прерывистым освещением птичника:

1 – задатчик времени; 2 – задатчик вида, линии (красса) и возраста птицы; 3 – задатчик технологически оптимальной (нормативной) освещённости; 4 – задатчик переменного сигнала коэффициента заполнения, в диапазоне изменения от нуля до единицы (например, генератор пилообразного напряжения); 5 – блок задатчиков коэффициентов математических моделей для технологии и экономики прерывистого освещения птицы; 6 – датчик освещённости; 7 – вычислительный блок; 8 – блок оптимизации скважности освещения; 9 – формирователь импульсов освещения с переменным коэффициентом заполнения (ждущий мультивибратор или фантастрон); 10 – регулятор освещённости; 11 – схема совпадения; 12 – осветительные приборы птичника.

Основу построения математической модели экономически оптимального управления прерывистым освещением составляет известная модель В.А. Грабаурова [1]. Климатическая математическая модель биологического объекта представляет собой зависимость продуктивности птиц (суточный прирост массы бройлеров от их возраста и факторов микроклимата, в граммах массы) $\Pi_{\text{бр}}$ от возраста птиц t (в сутках) и основных параметров микроклимата – температуры воздуха T (в градусах по шкале Цельсия), относительной влажности воздуха B_1 (в процентах) и загазованности воздуха K_A (массовая концентрация аммиака в воздухе, мг/м³):

$$\Pi_{\text{бр}}(t, T, B_1, K_A) = a_0 + a_1 t + a_2 T + a_3 B_1 + a_4 K_A + a_5 t^2 + a_6 T^2 + a_7 B_1^2 + a_8 K_A^2 + a_9 t T + a_{10} t B_1 + a_{11} t K_A + a_{12} T B_1 + a_{13} T K_A + a_{14} B_1 K_A, \quad (1)$$

где a_0, a_1, \dots, a_{14} – коэффициенты уравнения регрессии, или константы для процесса управления микроклиматом в промышленном птичнике: $a_0 = -715,1$; $a_1 = 6,354$; $a_2 = 27,076$; $a_3 = 9,594$; $a_4 = -0,870$; $a_5 = -0,025$; $a_6 = -0,343$; $a_7 = -0,050$; $a_8 = -0,009$; $a_9 = -0,104$; $a_{10} = -0,024$; $a_{11} = 0,003$; $a_{12} = -0,102$; $a_{13} = 0,012$; $a_{14} = 0,008$.

Графически это серия оптимальных почти параболических кривых, всё более «высоких» и «широких» и смещающихся влево по абсциссе температуры с возрастом бройлера в зависимости от температуры среды обитания. Это понятно, т.к. с возрастом птицы улучшается её теплозащита, и она слабее реагирует на отклонения температуры среды от комфортного для организма данного возраста значения. При росте птицы также растут её суточные привесы. Аналогично отражает рост и развитие птицы при всех прочих равных факторах математическая модель влияния на продуктивность птицы прерывистого освещения:

$$P(p) = \Phi(t, T, B, p) = a_0 + a_1t + a_2T + a_3B + a_4p + a_5t^2 + a_6T^2 + a_7B^2 + a_8p^2 + a_9tT + a_{10}tB + a_{11}tp + a_{12}TB + a_{13}Tp + a_{14}Bp, \quad (2)$$

где a_0, a_1, \dots, a_{14} – коэффициенты уравнения регрессии, или константы, значения которых отличаются от приведённых в (1) значений и определяются в специально организованных новых опытах птицеводов и инженеров по определению влияния режима прерывистого освещения на продуктивность поголовья в птичнике.

В предлагаемом научно-техническом решении параметр температуры воздуха считается нормативным (наилучшим при всех условиях) и не влияющим на изменения продуктивности при изменениях возраста птицы, освещённости и коэффициента заполнения освещения. Все члены уравнения, содержащие величину температуры воздуха T (в градусах по шкале Цельсия), изменяются только в связи с изменениями требуемого значения нормативной температуры воздуха $T_{норм}$ из-за изменения возраста поголовья t . Эти связи отражены в связях устройства экономически оптимального управления технологическим процессом прерывистого освещения: задатчик вида, линии (красса) и возраста птицы 2 определяет работу блока задатчиков коэффициентов математических моделей для технологии и экономики прерывистого освещения птицы 5. Блок 5 формирует $T = T_{норм}$ в качестве не переменной величины, а значения обычного коэффициента для последующего математического моделирования по (2) в вычислительном блоке 7. Блок оптимизации скважности освещения 8 устанавливает на своём выходе найденное оптимальное значение расчётного по формуле (2) коэффициента заполнения $p_{экон}^{опт}$. Задатчик переменного сигнала коэффициента заполнения 4 устанавливает значение коэффициента заполнения p , сигнал о котором сравнивается в формирователе импульсов освещения с переменным коэффициентом заполнения 9 (по существу в функциональном аналоге обычной схемы сравнения) с сигналом расчётного экономически оптимального коэффициента заполнения $p_{экон}^{опт}$. Выходной сигнал формирователя 9 разрешает прохождение через схему совпадения 11 отрегулированного в регуляторе освещённости 10 сигнала нормативной освещённости в осветительные приборы птичника 12.

Выводы. Устройство работает в режиме нормативного прерывистого освещения птичника или определённой производственной

технологической зоны в птичнике с экономически оптимальным значением коэффициента заполнения. Достигается наивысшая прибыльность технологического процесса прерывистого освещения поголовья птицы [2].

Список литературы

1.Грабауров В.А. Исследование математической модели биологического объекта биотехнической системы / В.А. Грабауров, Е.И. Савченко. – Ростов-на-Дону: РИСХМ, 1986. – 5 с. – Деп. во ВНИИТЭИСХ, №59-ВС-87.

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

Розглянуто питання інформатизації та автоматизації технологій у птахівництві. Запропоновано схему пристрою керування переривчастим освітленням в автоматизованому режимі за економічним критерієм.

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

The problem of information and automation technology in poultry are considered. The scheme intermittent lighting control unit in automatic mode for economic criterion are proposed.

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