

А.Н. Козлов, С.А. Ракутько

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ЖИВОТНЫХ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ИХ ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОВЕДЕНИЯ

The proposed principles takes into account the reduction of power consumption of animals irradiation process through increasing the proportion of used radiation stream by using of adaptive algorithm for control of radiation plant.

Электротехнологические процессы в АПК, связанные с применением энергии оптического излучения, весьма энергоемки. Однако в силу уникальности действия излучения на биологические организмы альтернативы применению оптических электротехнологий нет. Например, инфракрасное (ИК) излучение (диапазон спектра с длиной волны более 780 нм) оказывает большое влияние на организм животного. Действуя на нервную систему через тепловые рецепторы кожи, излучение улучшает функции желез, кровеносных органов и кровоснабжение тканей тела, усиливает биологические процессы в организме, способствует повышению тонуса и резистентности, а следовательно, улучшению состояния, развития, прироста и сохранности животных, что трудно достижимо другими средствами [2].

В настоящее время весьма актуальным является поиск дополнительных резервов энергосбережения. Методологическая основа решения данной проблемы – метод конечных отношений, разработанный В.Н. Карповым [1].

Целью данной работы является разработка методики оценки эффективности способа снижения энергоемкости процесса облучения животных на основе учета их вероятностного поведения.

Ранее нами был предложен общий подход к оценке энергоемкости технологического процесса [4]. В рассматриваемом примере технологическим процессом является процесс выращивания животных, для интенсификации которого применяется ИК-облучение. Этот процесс следует классифицировать как энерготехнологический (ЭТП), поскольку энергия на входе процесса (Q) преобразуется в энергию, содержащуюся в конечном продукте (P).

Энергоемкость отдельного этапа ЭТП

$$\varepsilon_i = \frac{Q_{ni}}{Q_{mi}}, \quad (1)$$

где Q_{mi} – величина энергии на входе i -го этапа; Q_{ni} – величина энергии на выходе i -го этапа.

На каждом этапе ЭТП наблюдаются потери энергии, т.е. $Q_{mi} > Q_{ni}$. Снижение этих потерь – задача энергосберегающих мероприятий (ЭСМ). Для характеристики эффективности конкретного ЭСМ может быть использован коэффициент эффективности ЭТП

$$k_i^{ЭСМ} = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon'_i}, \quad (2)$$

где ε_i – энергоемкость i -го этапа в исходном варианте его проведения; ε'_i – энергоемкость i -го этапа после внедрения ЭСМ.

Величина данного коэффициента показывает, насколько внедрение ЭСМ при одинаковых энергозатратах позволяет увеличить энергию на выходе данного этапа за счет уменьшения потерь (рис. 1).

В рамках поставленной в работе цели энергосберегающим мероприятием является применение такого алгоритма управления облучательной установкой (ОУ), при котором учитывается вероятностный характер поведения животных. Необходимость такого учета диктуется следующими положениями.

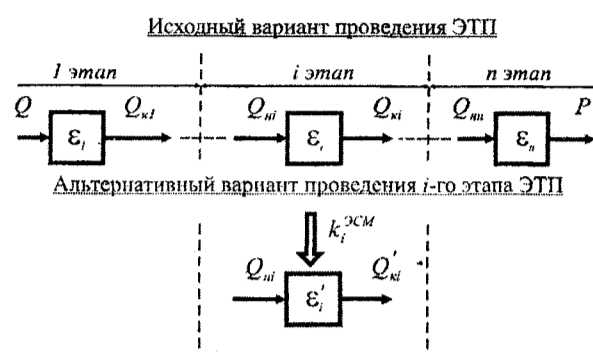


Рис. 1. К понятию энергоемкости этапа ЭТП и коэффициента эффективности ЭСМ.

Рассмотрение этиологии поведения группы животных позволяет выделить два характерных для них положения: каждый теленок в данный момент времени может либо стоять, либо лежать. На рис. 2 показано, что при этом существенно различна степень использования генерируемого ОУ потока излучения.

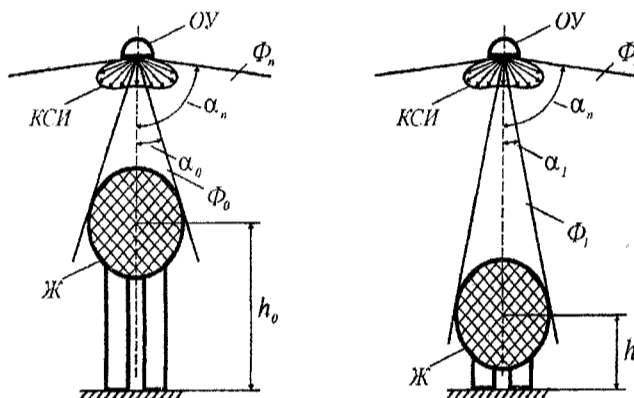


Рис. 2. К определению степени полезного использования потока (пояснения в тексте).

Поток, генерируемый ОУ в пределах телесного угла, образуемого плоским углом α :

$$\Phi_{0,\alpha} = 2\pi \int_0^\alpha I_\alpha \sin \alpha d\alpha, \quad (3)$$

где I_α – функция, задающая кривую силы излучения (КСИ) излучателя.

Поскольку $h_0 > h_1$, то $\alpha_0 > \alpha_1$ и $\Phi_{0,\alpha_0} > \Phi_{0,\alpha_1}$. Таким образом, наибольшая доля полезно используемого потока от общего потока Φ_n наблюдается, когда животное (теленка) стоит. Именно тогда необходимо включать ОУ.

Эффективность снижения энергоемкости от повышения доли используемого потока

$$k_i^{ЭСМ} = \frac{\Phi_0}{\Phi_1}. \quad (4)$$

Значения потоков, необходимые для вычислений по формуле (4), находятся из компоновочной схемы ОУ.

Для построения адаптивной системы управления, алгоритм работы которой вырабатывается на основе динамики поведения животного, необходимо пользоваться методом решения задач со случайными параметрами. Исходными данными являются результаты хронометража суточного поведения животных. На рис. 3 показан пример статистической суточной модели поведения одного теленка (а) и группы телят (б).

На рис. 3 а) и 3 б) по оси абсцисс отложен момент времени в течение суток, на оси ординат – в относительных единицах количество лежащих животных N_j .

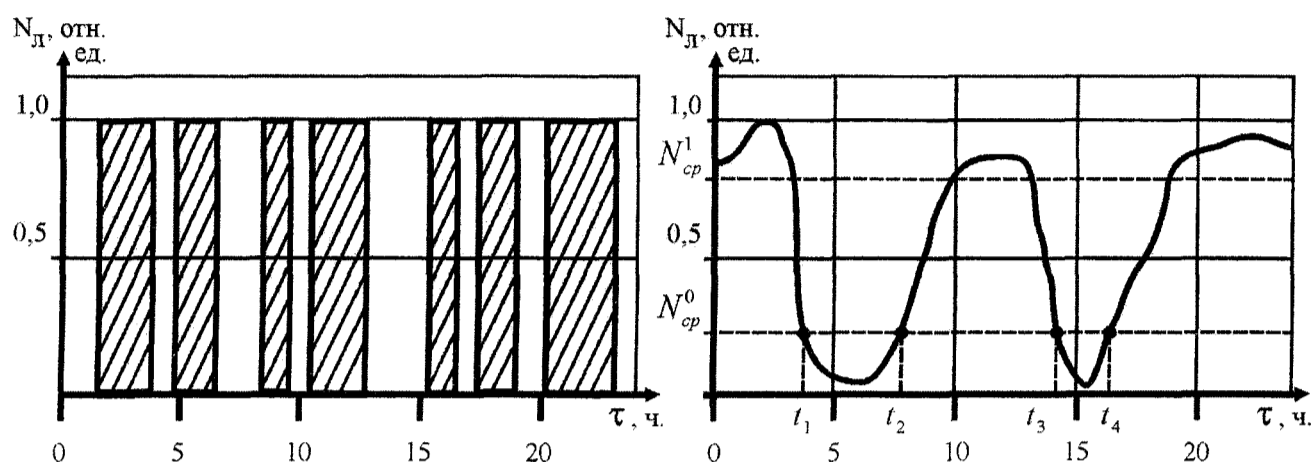


Рис. 3. Среднестатистическая суточная модель поведения одного теленка (а) и группы телят (б).

N_L определяется по формуле

$$N_L = \frac{N}{M}, \quad (5)$$

где N – количество лежащих животных, гол.; M – общее количество животных, гол.

Цель применения ОУ – получение дополнительной продукции от облучаемых животных. Однако применение оптического излучения связано с дополнительными затратами электроэнергии.

Экономически целесообразно управлять работой ОУ по критерию

$$C_e \cdot M \leq C_n \cdot N, \quad (6)$$

где C_e – стоимость электроэнергии, расходуемой в единицу времени на облучение одного животного, руб.; C_n – стоимость дополнительной продукции одного животного в единицу времени, руб.

Применение указанного критерия подразумевает управление группой облучателей одновременно, причем датчики положения установлены только у некоторого подмножества животных L .

Пусть H_1 – гипотеза, состоящая в том, что количество животных N_L , лежащих в данный момент времени, больше или равно некоторого N_{\min} , т.е.

$$N_{\min} = \text{INT}\left(\frac{M \cdot C_e}{C_n}\right) + 1, \quad (7)$$

а H_0 – гипотеза, альтернативная H_1 , т.е. $N_L < N_{\min}$.

Гипотезе H_0 соответствует решение u_0 – включить и регулировать облучение. Обозначим через $q[u_i(t); H_j]$ потери, к которым приводят принятые решения u_i при условии, что верна гипотеза H_j , причем $i = [0; 1]$; $j = [0; 1]$, а l – количество лежащих животных среди тех, у которых установлены датчики положения ($l \leq L$).

Известно, что наилучшее правило принятия решения, минимизирующее средний риск R_{cp} , является математическим ожиданием функции потерь $q[u_i(t); H_j]$, т.е.

$$R_{cp} = \min \sum_{j=0}^1 \sum_{i=0}^1 q[u_i(t); H_j] \cdot P(l, H_j), \quad (8)$$

где $P(l, H_j)$ – совместная вероятность l и H_j .

Преобразуем (8) к следующему виду:

$$R_{cp} = \min \sum_{j=0}^1 \sum_{i=0}^1 q[u_i(t); H_j] \cdot P(H_j/l) P(l). \quad (9)$$

Для того, чтобы минимизировать (8) на множестве решающих правил $u_i(t)$, необходимо минимизировать

$$R_{cp} = \min \sum_{j=0}^1 q[u_i(t); H_j] \cdot P(H_j/l). \quad (10)$$

на множестве решений u_i . Таким образом, решение u_i принимается в том случае, если

$$\sum_{j=0}^1 q[u_i(t); H_j] \cdot P(H_j/l) < \sum_{j=0}^1 q[u_0(t); H_j] \cdot P(H_j/l) \quad (11)$$

Условная вероятность $P(H_j/l)$ определяется по формуле Байеса

$$P(H_j/l) = \frac{P(l/H_j) \cdot P(H_j)}{\sum_{i=0}^1 P(l/H_i) \cdot P(H_i)}. \quad (12)$$

Вероятность гипотез можно определить по исходным экспериментальным данным, содержащимся на рис. 3, б.

$$\left. \begin{aligned} P(H_0) &= \frac{t_2 - t_1 + t_4 - t_3}{24} \\ P(H_1) &= 1 - P(H_0) \end{aligned} \right\} \begin{aligned} P_1 &= \frac{N_{cp}^1}{M} \\ P_2 &= \frac{N_{cp}^0}{M} = 1 - P_1 \end{aligned} \quad (13)$$

Пусть P_j – вероятность того, что некоторое животное лежит при условии справедливости гипотезы. Тогда, считая, что поведение животных независимо, можно записать:

$$P(l/H_j) = C_L^l P_j^l (1 - P_j)^{L-l} \quad (14)$$

Вероятность P_j может быть определена на основе априорной информации о процессе (рис. 3, б). С учетом (13) и (14) получаем:

$$P(H_j/l) = \frac{P_j^l (1 - P_j)^{L-l} \cdot P(H_j)}{\sum_{j=0}^1 P_j^l (1 - P_j)^{L-l} \cdot P(H_j)}. \quad (15)$$

Из (15) с учетом (8) следует правило принятия решения. Решение u_i принимается в случае, если:

$$l > \frac{\lg \frac{\Delta q(H_0) P(H_0)}{\Delta q(H_1) P(H_1)} - L \lg \frac{1 - P_1}{1 - P_0}}{\lg \frac{P_1 (1 - P_1)}{P_0 (1 - P_0)}}. \quad (16)$$

Задавая минимальным количеством L и решая (16) относительно l , можно определить общее количество датчиков положения животных, необходимых для установки.

Величины функций потерь рассчитываются по формулам

$$\begin{aligned} \Delta q(H_1) &= -q[u_1/H_1] - q[U_0/H_1] \\ \Delta q(H_0) &= -q[u_1/H_1] - q[U_0/H_1] \\ q[u_1/H_1] &= -C_n N_{cp}^1 + C_s M \\ q[u_1/H_0] &= C_s M - C_n N_{cp}^0 \\ q[u_0/H_1] &= C_n N_{cp}^2 - C_s M \\ q[u_0/H_0] &= -C_s M + C_n N_{cp}^0, \end{aligned} \quad (17)$$

где N_{cp}^0 – среднее число лежащих животных при условии, что справедлива гипотеза H_0 ; N_{cp}^1 – среднее число лежащих животных при условии, что справедлива гипотеза H_1 .

При постоянной мощности ОУ значение коэффициента эффективности применения адаптивного алгоритма

$$k_{II}^{ЭСМ} = \frac{t_{посм}}{t_{аиз}}, \quad (18)$$

где $t_{посм}$ – время работы ОУ в течение суток без учета вероятностного поведения животных, час.; $t_{аиз}$ – время работы ОУ в течение суток с применением адаптивного алгоритма управления, час.

Общее значение эффективности снижения энергоемкости процесса облучения животных на основе учета их вероятностного поведения:

$$k^{ЭСМ} = k_I^{ЭСМ} \cdot k_{II}^{ЭСМ}. \quad (19)$$

Таким образом:

1. В работе получены математические выражения, необходимые для реализации энергосберегающего адаптивного алгоритма управления ОУ с учетом вероятностного поведения животных. Такой алгоритм заключается в периодическом опросе датчиков положения животных, определении числа лежащих животных, сравнении полученных значений с пороговыми и принятии соответствующих решений о включении облучательной установки.

2. Для определения коэффициента эффективности применения такого алгоритма необходима информация о компоновочной схеме ОУ и экспериментальные статистические данные о динамике поведения животных.

1. Карпов В.Н. Энергосбережение: метод конечных отношений. – СПб., 2005.
2. Кожевникова Н.Ф. Применение оптического излучения в животноводстве / Н.Ф. Кожевникова, Л.К. Алферова, А.К. Лямцов. – М.: Россельхозиздат, 1987.
3. Принцип построения управляющего устройства автоматизированной установки ИКУФ-2 при обогреве молодняка КРС: Отчет о НИР (промежуточ.) / НИПТИМЭСХ СЗ; рук. В.Н. Бровцин. – Л., 1990.
4. Ракутько С.А. Оценка энергосберегающих мероприятий в энерготехнологических процессах АПК // Труды региональной научно-практ. конф. «Высшая школа – ресурс регионального развития». – В 2 т. Т. 2. – Биробиджан: БФ АмГУ, 2008. – С. 105-109.

Н.Н. Храмова

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ НА ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ

This article contains a description of an inventory of pollution substances as well as organization of air discharge.

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей природной среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных, представляющий собой естественную смесь газов, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений.

Объем вредных выбросов, загрязняющих атмосферу, зависит от структуры топливно-энергетического баланса, экологической чистоты используемого топлива, от технического уровня, условий эксплуатации топливоиспользующих установок и очистного оборудования, от организации управления природоохранной деятельностью. В России с производством и потреблением топлива, включая транспорт, связано свыше 70% вредных выбросов в атмосферу. Так, основными источниками загрязнения в Амурской области являются предприятия промышленности, транспорта и жилищно-коммунального хозяйства. В табл. 1 и 2 представлена динамика выбросов загрязняющих веществ в области.

Вредное (загрязняющее) вещество – химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую природную среду. Для таких веществ органами санэпиднадзора установлена предельно допустимая концентрация (ПДК). В настоящее время ПДК установлены для воздуха рабочей зоны более чем по 850 веществам.

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в Амурской области

Выбросы	Годы				
	2003	2004	2005	2006	2007
Тыс. тонн	135	138,5	148,9	122	98,86

Таблица 2

Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников в Амурской области

Выбросы, тыс. тонн	Годы				
	2003	2004	2005	2006	2007
Всего	90,5	104,9	103,7	103	117
В т. ч.:					
твердые вещества	39,8	42,2	37,9	39,9	38,3
газообразные и жидкие вещества	50,7	62,7	65,8	63,1	78,7
Из них:					
диоксид серы	20,0	18,4	19,1	16,8	21,1
диоксид азота	4,5	7,1	7,1	7,3	7,8
оксид углерода	24,1	34,4	37,6	36,0	46
углеводороды	0,2	0	0,3	0,4	0,8
летучие органические соединения	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3