

ОСОБЕННОСТИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНКУБАТОРОВ

С. Тинкован, Т. Шестакова

Технический Университет Молдовы

s_tincovan@mail.md, s_tincovan@mail.ru, t.sestacova@mail.ru

Abstract — In biotechnology for processes of eggs incubation are needed special technical means, which provide the control of microclimate parameters, which are very close to natural conditions of incubation. One of the most important parameters is a temperature and accuracy of its maintenance, which in turn depend on way and algorithm of heater control.

Ключевые слова — термодатчик, нагреватель, инкубатор, принудительная конвекция воздуха..

I. Введение

Для процесса инкубации яиц необходимы технические средства, обеспечивающие управление параметрами микроклимата, которые очень близки к естественным условиям насживания. Одним из управляемых параметров микроклимата является поддерживаемая температура и точность ее поддержания, который напрямую зависит от способа и алгоритма управления нагревателем. Нагреватель, в свою очередь тесно связан с его скоростью движения воздуха и влажностью. Не менее важным параметром является снижение энергопотребления при сохранении или улучшении основных технических характеристик промышленного инкубатора.

II. Постановка задачи

В данной работе рассматриваются конструктивные особенности нагревателей, термодатчиков, алгоритмы управления нагревателем и воздушной заслонкой, которые оказывают влияние на процессы терморегулирования и энергопотребления при стандартной компоновке инкубатора. На основе полученных измерений можно дать оценку входных и выходных параметров инкубационной камеры.

В качестве контролируемых входных параметров следует принять:

- 1) Величину среднего отклонения от заданной температуры при различной степени загрузки камеры;
- 2) Динамика изменения средней величины отклонения для различных геометрических размеров инкубационной камеры;
- 3) Динамика изменения средней величины отклонения для различных вариантов конструктивного исполнения нагревателей и термодатчиков;
- 4) Динамические характеристики во времени установления теплового равновесия при следующих возмущающих факторах: увлажнение воздуха внутри камеры путем впрыска воды, воздушное охлаждение посредством воздушной заслонки.

В качестве выходного параметра следует принять (установить) коэффициент полезного действия инкубатора, учитывающий затраты электроэнергии на

нагрев, охлаждение, увлажнение и принудительную конвекцию воздуха в пересчете на одно яйцесто для средних и больших размеров камеры. Кроме того, следует учитывать влияние энтогенеза инкубируемых яиц в зависимости от длительности инкубации (в первые дни они являются потребителями тепла, далее по мере развития зародыша они выделяют тепло) [1].

III. Формулировка задач

Для сокращения непроизводительных потерь следует принять следующие меры:

- 1) Сократить затраты электроэнергии на нагрев воздуха за счет изменения алгоритма управления;
- 2) Сократить потери на нагревателе путем изменения его конструкции;
- 3) Внести изменения в алгоритм обработки сигналов термодатчика.

При решении вышеупомянутых задач необходимо учитывать конструктивные, технологические и экономические ограничения [2, 3].

IV. Описание и условия проведения эксперимента

Эксперименты проводились с использованием стандартной камеры инкубатора «ИУП-45» с внутренними габаритами 2050x1600x2000мм, с тремя вариантами исполнения нагревателей (воздушный ТЭН, ТЭН с накладными пластинами и спираль на керамическом каркасе). Для измерения температуры применена типовая схема с датчиком типа DS18S20 с микроконтроллерной обработкой сигнала, где отсчет производится с дискретностью 0,05°C. Управление нагревателем – двупозиционное (включено/выключено). Программным способом введен гистерезис $\pm 0,05^\circ\text{C}$ между моментами включения и отключения нагревателя. Регулировка мощности нагревателя и охладителя выполнена в трех вариантах, которые отличаются между собой величиной мощности нагревателя (охладителя) в зависимости от разности текущей температуры и поддерживаемой:

Вариант 1 (классический режим)

$T_x < 37,45^\circ\text{C}$, $P_{\text{нагр}} = P_{\text{макс}}$, заслонка закрыта постоянно
 $37,45^\circ\text{C} < T_x < 37,55^\circ\text{C}$, $P_{\text{нагр}} = 0$, заслонка закрыта постоянно

$37,55^{\circ}\text{C} < T_x$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка открыта постоянно

Вариант 2 (штатский режим инкубатора ИСУ-12 и ИУП-45)

$T_x < 37,2^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=P_{\text{макс}}$, заслонка закрыта постоянно

$37,2^{\circ}\text{C} < T_x < 37,4^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=(1/2) P_{\text{макс}}$, заслонка закрыта постоянно

$37,4^{\circ}\text{C} < T_x < 37,6^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка закрыта постоянно

$37,6^{\circ}\text{C} < T_x < 37,8^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка открыта на 8сек. с периодом в 16 сек.

$37,8^{\circ}\text{C} < T_x$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка открыта постоянно

Вариант 3 (улучшенный режим)

$T_x < 37,0^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=P_{\text{макс}}$, заслонка закрыта постоянно

$37,0^{\circ}\text{C} < T_x < 37,3^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=(2/3) P_{\text{макс}}$, заслонка закрыта постоянно

$37,3^{\circ}\text{C} < T_x < 37,45^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=(1/3) P_{\text{макс}}$, заслонка закрыта постоянно

$37,45^{\circ}\text{C} < T_x < 37,55^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка закрыта постоянно

$37,55^{\circ}\text{C} < T_x < 37,8^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка открыта на 5сек. с периодом в 16 сек.

$37,8^{\circ}\text{C} < T_x < 38,0^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка открыта на 12сек. с периодом в 16 сек.

$38,0^{\circ}\text{C} < T_x$, $P_{\text{нагр}}=0$, заслонка открыта постоянно

где T_x - измеряемая температура, $P_{\text{нагр}}$ - мощность нагревателя, $P_{\text{макс}}$ - максимальная мощность нагревателей, равная 2 кВт,

Согласно данным технологического процесса по инкубации яиц в камере необходимо поддерживать температуру на уровне $37,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность равной $60 \pm 5\%$ [1]. В процессе измерения значение температуры вычислялось с разрешением $0,01^{\circ}\text{C}$ на основе значений вспомогательных регистров датчика согласно [4] по формуле:

$$T = \text{Temp_Rd} - 0,25 + \frac{\text{Count_per_C} - \text{Count_Rmain}}{\text{Count_per_C}} \quad (1)$$

где: Temp_Rd - считанная температура с разрешением $0,5^{\circ}\text{C}$, Count_per_C - число единиц на 1°C , Count_Rmain - остаток счета датчика.

Далее результат округлялся до разрешения $0,05^{\circ}\text{C}$ и полученное значение участвовало операциях сравнения с периодом 1 сек. Для эксперимента было принято решение поддерживать температуру на уровне $37,5 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$, который не противоречит условиям технологического процесса инкубации яиц от птиц различных пород, пределы изменения температуры T_0 установлены в диапазоне $37,3 \dots 37,7^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности в пределах $50 \dots 70\%$, которые является паспортными значениями для большинства промышленных инкубаторов вместимостью до 15000 куриных яиц [3]. Нагреватель применен стандартный, с применением накладных

пластин, охладитель выполнен в виде воздушной заслонки, приводимой в действие силовым электромагнитом. Компоновка камеры и алгоритм работы увлажнителя оставлены штатными.

V. Проведение эксперимента

Для всех вариантов регулировки динамика температуры носит колебательный характер [5, 6, 7], но величина амплитуды колебаний разная для каждого их вариантов (рис. 1, 2, 3).

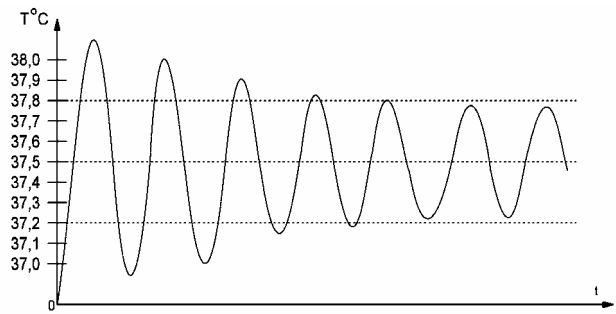


Рис. 1. Динамика температуры при классическом релейном управлении нагревателя.

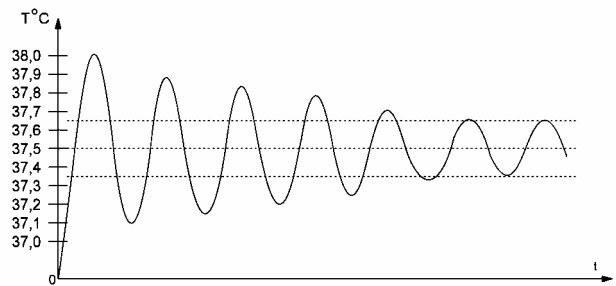


Рис. 2. Динамика температуры при штатном управлении нагревателя ИУП-45(ИСУ-12).

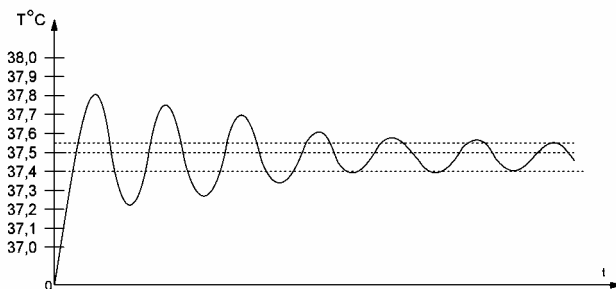


Рис. 3. Динамика температуры при улучшенном способе управления нагревателя ИУП-45(ИСУ-12).

Период колебаний составил 95 сек., 135сек. и 190 сек. соответственно при холостом прогоне камеры (без загрузки яиц). Ввиду большого отклонения температуры $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ первый вариант был исключен из эксперимента. Улучшенный вариант дал ассиметричное отклонение температуры $+0,05/-0,1^{\circ}\text{C}$, но по величине двойного размаха он оказался вдвое меньше, чем при штатском режиме ($0,15^{\circ}\text{C}$ против $0,3^{\circ}\text{C}$).

VI. Результаты эксперимента

Для проверки гипотезы в экспериментальную и контрольную камеры инкубатора было заложено по 1000 куриных яиц, где лотки были распределены

равномерно по объему камеры. В контрольной камере применялся штатский режим управления нагревателя [8, 9], в экспериментальной камере – улучшенный алгоритм управления нагревателем. Для повышения достоверности результатов эксперимента полный цикл инкубации был выполнен 3 раза. В качестве камер были использованы две секции инкубатора ИУП-45. Результаты контрольной и экспериментальной инкубации приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты контрольной и экспериментальной инкубации.

Номер закладки яиц		Колич. заложённых яиц, шт.	Колич. неоплодотворённых яиц, шт.	Колич. вылупившихся цыплят, шт.	Среднесут. энергопотребление камеры, кВт•ч
1.	Эксперимен.	1000	115	739	39,5
	Контрольный	1000	114	716	37,3
2.	Эксперимен.	1000	97	761	38,9
	Контрольный	1000	98	744	36,7
3.	Эксперимен.	1000	106	759	38,3
	Контрольный	1000	105	747	36,2

VII. Выводы

1) Применение улучшенного алгоритма управление нагревателем позволяет достичь выигрыша электроэнергии затраченной на нагрев около 5,5%.

2) Уменьшение перепада температуры в камере с $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ до $+0,05/-0,1^{\circ}\text{C}$ улучшает процент выводимости от 1% до 1,5%.

3) Колебательный характер изменения температуры в камере с периодом менее 3-х минут не оказывает вредного воздействия на биологические характеристики инкубации яиц.

4) К блоку управления можно предъявить не столь жесткие условия устойчивости регулирования, колебательный режим допустим, но надо предъявлять более жесткие требования к величине перепада температуры в камере, не хуже $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ с периодом колебаний температуры не более 3-х минут.

Совместное применение улучшенного алгоритма управления нагревателя и оптимизация конвекции воздуха в камере [10] предполагает дополнительное снижение энергопотребления, которое является

предметом дальнейших исследований. Не менее важным является исследование в области автоматического распознавания изображений и образов, а именно овоскопирование (миражирование) яиц с целью выявления брака и болезней зародышей, нарушений технологического процесса инкубации. На сегодняшний день эта операция автоматизирована недостаточно.

VIII. Литература

[1]. ОСТ 46 185-85. “Инкубация яиц куриных. Технологический процесс. Основные параметры” М. МСХ СССР, 1986.

[2.] Ю. З. Вуртов, Ю. С. Голдин, И. П. Кривошипин, “Справочник. Инкубация яиц”. М.

[3.] Воробьев В. А. “Оборудование инкубатория”. М. “Агропромиздат”, 1985

[4.] DS18S20 high-precision 1-wire digital thermometer. <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>

[5.] Еременко С. В. Математическая модель состояния воздушной среды инкубационной камеры. http://www.seveks.ru/matemat_model.htm/

[6.] Денисенко В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации. «Современные технологии автоматизации», 2006, №4, с. 66-74, 2007, №1, с. 78-88.

[7.] Денисенко В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации. «Современные технологии автоматизации», 2007, №4, с. 86-97. 2008, №1, с. 86-99.

[8.] Руководство по эксплуатации ИСУ-12-00.000РЭ

[9.] Руководство по эксплуатации ИУП-45-00.000РЭ

[10.] Тинкован С. “Влияние конструктивных решений на энергетическую эффективность промышленных инкубаторов”. Simpozion Ştiinţific Internaţional „Agricultura modernă – realizări şi perspective” dedicată aniversării a 75 de ani ai Universităţii Agrare de Stat din Moldova, 21-23 octombrie 2008.