

- ми на части границы / С.И. Кабанихин, М.А. Бектемисов, А.Т. Нурсейтова. - Алматы: Новосибирск, 2006. - 426 с.
9. Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи.- Новосибирск, 2009. - 457 с.
  10. Кабанихин С.И. Обратные и некорректные задачи для гиперболических уравнений / С.И. Кабанихин, К.Т. Искаков. - Алматы, 2007. - 331 с.
  11. Самарский А.А. Теория разностных схем. - М: Наука, 1989. - 620 с.

Получено 13.05.10

УДК 621.31:631.3

**К.К. Тулегенов**

ЗКАТУ им. Жангир хана, г. Уральск

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА БЫТОВОГО ЭЛЕКТРОИНКУБАТОРА В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Необходимость изучения тепловых характеристик бытовых электроинкубаторов (БЭИ) в переходных процессах обусловлена, прежде всего, использованием продукции птицеводства в частном секторе. В настоящее время это привело к проблеме, связанной с частными и фермерскими птицеводствами, в которых требуются малогабаритные электроинкубаторы. В связи с этим возникла задача нагрева и охлаждения инкубатора.

Тепловые процессы являются динамическими, связанными с изменением теплосодержания нагреваемых яиц и материалов инкубатора. Температура яиц всегда находится в переходных режимах: охлаждение – нагревание - охлаждение. На эти процессы накладываются факторы регулирования температуры. Наиболее часто на практике используют двухпозиционное регулирование [1,2]. Для обеспечения требуемых по технологии режимов инкубации важно правильно согласовать динамические свойства инкубатора и регулятора.

Процессы охлаждения и нагревания во времени делятся на две стадии: хаотического процесса, которые характеризуются заметным влиянием на температурное поле начального состояния системы, и регулярного режима. С течением времени это влияние ослабевает, и хаотичный процесс переходит в упорядоченную регулярную стадию. В этом режиме закон изменения температурного поля во времени хорошо описывается экспоненциальной формой.

Обе стадии учитываются в специальных теплотехнических исследованиях [3,4]. При изучении электронагревательных установок обычно учитывают стационарный режим. Это вполне оправдано малой продолжительностью хаотичного режима.

Исследование динамических свойств имеет две цели: 1 - изучить влияние параметров инкубатора на точность поддержания заданной температуры; 2 - выявить возможность использования инерционных свойств инкубатора для поддержания заданной температуры при перерывах в электроснабжении.

Объект изучения может быть представлен расчётной схемой (рис. 1). При этом дополнительно учитывается масса нагреваемых тел  $M_i$  и их теплоёмкость  $c_i$ . Принимаются традиционные допущения: все теплотехнические характеристики не зависят от температуры, масса и теплоёмкость принимаются по усреднённым данным, т.е. на первом этапе рассматривается нагрев однородного тела массой  $M$ , окруженного теплоизоляционной оболочкой с вентиляционными отверстиями.

Уравнение теплового баланса инкубатора за малый промежуток времени  $d\tau$  имеет вид:

$$dW_H = dW_c + dW_o + dW_e, \quad (1)$$

где  $dW_H, dW_c, dW_o, dW_e$  – количество теплоты, подводимой от электронагревателя, идущей на изменение теплосодержания тела, связанного с потерями через ограждения и вентилируемый воздух.

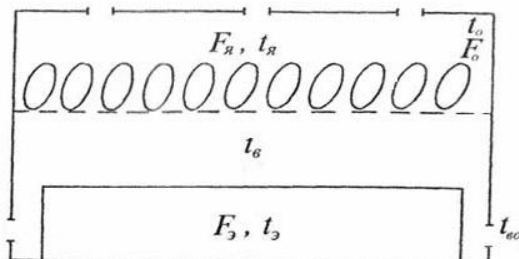


Рисунок 1 – Расчётная схема БЭИ

Распишем составляющие теплового баланса в развёрнутом виде:

$$\left. \begin{aligned} dW_H &= P_H d\tau, \\ dW_c &= cMdt, \\ dW_o &= k_0 F_0 (t_v - t_{eo}) d\tau, \\ dW_e &= Qq_e (t_v - t_{eo}) d\tau, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $P_H$  – мощность нагревателя, Вт;  $M$  – удельная теплоёмкость, Дж/кг °С;  $c$  – масса, кг;  $k_0, F_0$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м °С, и площадь ограждения, м<sup>2</sup>;  $Q$  – расход воздуха, кг/с;  $q_e$  – удельные потери с воздухом, Вт/°С;  $t_{eo}$  – температура наружного воздуха, °С;  $t_v = t_p$  – температура воздуха в внутри объема, °С.

Подставим (2) в (1) и получим:

$$P_H d\tau = cMdt + (k_0 F_0 + Qq_e)(t_v - t_{eo}) d\tau. \quad (3)$$

Преобразуем (3) в однородное дифференциальное уравнение

$$[cM/(k_0 F_0 + Qq_e)] \cdot dt_v/d\tau + t_v - [t_{eo} + P_H/(k_0 F_0 + Qq_e)] = 0.$$

Введём обозначения:  $T_H$  – постоянная времени нагрева инкубатора;  $t_y$  – установившаяся температура тела (воздуха).

$$T_H = cM/(k_0 F_0 + Qq_e), \quad (4)$$

$$t_y = t_{eo} + P_H/(k_0 F_0 + Qq_e). \quad (5)$$

Окончательно уравнение теплового баланса примет вид

$$T_H dt_v/d\tau + t_v - t_y = 0. \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение первого порядка имеет известное решение для случая нагревания инкубатора [5-8]:

$$t_v = t_{eo} \cdot e^{-\tau/T_H} + t_y (1 - e^{-\tau/T_H}). \quad (7a)$$

При изучении процесса охлаждения инкубатора в уравнении теплового баланса принимаем  $P_H = 0$ . Все остальные факторы оставляем неизменными, и уравнение охлаждения можно записать в следующем виде:

$$t_b = t_y \cdot e^{-\tau/T_H} + t_{bo} (1 - e^{-\tau/T_H}). \quad (76)$$

Внешне это уравнение совпадает с известными исследованиями нагрева (охлаждения) однородного тела [9-12]. Но по существу имеет заметное отличие, которое обусловлено вентиляцией инкубатора.

При нагревании и охлаждении инкубатора температура яиц изменяется по экспоненциальному закону. Изменение температурного градиента зависит от продолжительности переходного периода:

$$dt/d\tau = [(t_y - t_{bo})/T_H] \cdot e^{\tau/T_H}. \quad (8)$$

Интенсивность нагрева или охлаждения снижается по мере увеличения или уменьшения температуры. Наибольшее изменение температурного градиента соответствует начальному моменту, т. е. при  $\tau = 0$

$$dt/d\tau|_{\tau=0} = [(t_y - t_{bo})/T_H]. \quad (9)$$

Этот фактор имеет значительное влияние на стабильность температуры при перерывах в электроснабжении. В таких случаях желательно иметь наименьшую скорость, чтобы в период отключения инкубатора его температура не снизилась ниже допустимого предела. Заметим, что максимально допустимое значение температуры зависит от продолжительности такого режима. Ранее было показано, что при продолжительном отклонении от оптимального режима выводимость подчиняется закону Х.Ж. Баротта. При кратковременном снижении температуры эта закономерность не соблюдается [5]. Например, можно считать, что без заметного снижения выводимости можно отступить от оптимального режима на 1,0-1,5 °С на 2-4 ч. Поэтому в дальнейшем примем возможность снижения температуры яиц на 1 ос. в течение 3 ч. Другими словами скорость снижения температуры не должна быть выше 0,35 °С/ч.

На основании изложенного по уравнению (9) можно найти требуемую постоянную времени нагрева инкубатора. Ранее отмечено:

$$t_y = 40^{\circ}C, t_{bo} = 20^{\circ}C.$$

Тогда получим:

$$0,35 = (t_y - t_{bo})/T_H = (40 - 20)/T_H.$$

Отсюда находим:

$$T_H = (t_y - t_{bo})/0,35 = 20/0,35 = 57 \text{ ч}. \quad (10)$$

Полученный результат имеет важное значение для разработки БЭИ. Однако его использование ограничено из-за недостаточной точности расчёта, поскольку уравнение (9) предполагает постоянную скорости охлаждения. Такое допущение оправдано при  $\Delta\tau \rightarrow 0$ .

Возможная продолжительность перерыва в электроснабжении достигает 3-4 ч, для этого периода нельзя считать, что  $dt/d\tau = const$ , а следует учитывать экспоненциальное затухание скорости. Поэтому, необходимо подробнее рассмотреть процесс охлаждения инкубатора. Из уравнения (7) видно, что основное влияние на скорость охлаждения инкубатора оказывает постоянная времени нагрева (охлаждения)  $T_H$  (в дальнейшем будем называть - постоянной инкубатора). Важность этого параметра в динамических свойствах теплотехнических процессов поддерживает то, что в классической теории теплопередачи (Г.М. Кондратьев, Г.Н. Дульнев и др.) он называется темп охлаждения (нагрева).

Рассмотрим подробнее уравнение постоянной времени нагрева инкубатора (4). Для этого запишем коэффициент теплопередачи по известному выражению [5,13] и подста-

вим в (4). В результате чего получим:

$$T_H = cM / [F_0 / (1/\alpha_e + \lambda/\delta + 1/\alpha_H) + Qq_e]. \quad (11)$$

Поскольку градиент температур в стенке инкубатора значительно больше, чем градиент от среды к стенке, то выражение (9) можно упростить:

$$T_H = cM / (F \lambda / \delta + Qq_e). \quad (12)$$

Ранее было показано (10), что желательно иметь в БЭИ большую постоянную инкубатора. Оценим, какое предельное значение может иметь  $T_H$  по (12). Получаем, что в инкубаторе использована идеальная теплоизоляция:  $\lambda \rightarrow 0$  (это можно выполнить при изготовлении стенок из пенопласта толщиной около 80 мм). Из (12) находим максимальное  $T_H$  (при  $\lambda \rightarrow 0$ )

$$T_{H \max} = cM / Qq_e. \quad (13)$$

В результате чего получаем, что в инкубаторе максимальное значение постоянной нагрева (охлаждения) всегда ограничено потерями теплоты на вентиляцию. Ни улучшение теплоизоляции, ни увеличение теплоемкости инкубатора не позволяют кардинально увеличить постоянную охлаждения.

Для анализа особенностей динамических свойств инкубатора сравним его постоянную охлаждения с аналогичным объектом по теплоемкости и теплоизоляции но без вентиляции.

$$T_H^* = T_H / T = \{C_H M_H / (q_{on} + Qq_e)\} \cdot \{q_{on} / C_H M_H\} = 1 / (1 + q_e^*), \quad (14)$$

где  $q_{on}$  – теплотери через ограждение;  $q_e^* = Qq_e / q_{on}$  – относительные потери через вентиляцию.

На основании расчетов по (14) построена зависимость постоянной инкубатора от интенсивности вентиляции (рис. 2). Отсюда видно, что кардинальным способом увеличения тепловой инерционности является прекращение вентиляции. Частичное ограничение расхода воздуха мало увеличивает постоянную инкубатора.

Полученные результаты позволяют сделать важный вывод: для увеличения продолжительности периода стабильной температуры инкубатора при его отключении от источника электроснабжения необходимо отключать вентиляцию. Эти меры могут дополняться увеличением теплоемкости инкубатора за счет применения теплоемких электронагревателей.

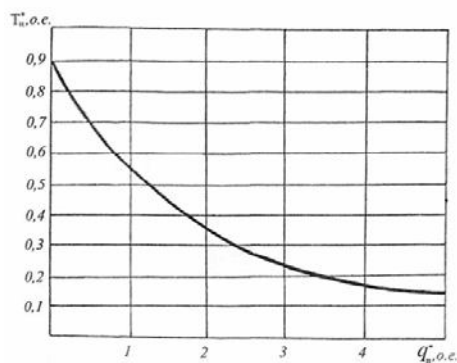


Рисунок 2 – Влияние интенсивности охлаждения на постоянную температуру инкубатора

Список литературы

1. Попов Е.М. Автоматическое регулирование и управление. – М.: Наука, 1966. – 388 с.
2. Славин Р.М. Комплексная механизация и автоматизация промышленного птицеводства. – М., 1978. – 320 с.
3. Григорьев В.А. Тепломассообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.
4. Преображенский В.И. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергия, 1978. – 702 с.
5. Лев М.А. Основы теории и расчёта инкубаторов. – М.: Машиностроение, 1972. – 240 с.
6. Дульнев Г.Н. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах / Г.Н. Дульнев, Э.М. Семьяшкин. – Л.: Энергия, 1968. – 360 с.
7. Русланов Г.В. и др. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование. – Киев: Будивельник, 1983. – 272 с.
8. Юренев В.Н. Теплотехнический справочник. – М.: Энергия, 1976. – 896 с.
9. Колесникова Т.К. Отопление, вентиляция, сушка. – М.: Лёгкая индустрия, 1972. – 240 с.
10. Кирюшатов А.И. Тепломассообмен в технологических процессах сельскохозяйственного производства. – Саратов: Саратов. СХИ, 1980. – 148 с.
11. Краус А.Д. Охлаждение электронного оборудования. – М.: Энергия, 1971. – 247 с.
12. Панин В.Г. Основы теплотехники, отопление, сушка и охлаждение. – М.: Лёгкая индустрия, 1980. – 384 с.
13. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.; Л.: Энергия, 1947. – 415 с.

Получено 4.05.10

УДК 637.5.07

**Ж.З. Уразбаев**

СГУ им. Шакарима, г. Семей

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРОВИ НА ПИЩЕВЫЕ ЦЕЛИ

Высокое содержание белка минеральных солей, а также наличие углеводов, витаминов и хорошие функциональные свойства крови определяют использование ее в производстве различных продуктов питания. Направления переработки и использования пищевой крови для производства мясопродуктов достаточно широки. Многочисленными исследованиями показано, что цельную кровь применяют при выработке кровяных колбас, паштетов, зельцев, консервов, мясных, хлебных и других фаршевых мясопродуктов.

В различных странах наблюдаются отличительные особенности в направлении использования крови [1].

В Англии пищевая кровь в количестве 5 % применяется при выработке паштетов, пудингов, студней, кровяных хлебов и колбас.

В США определенное количество крови направляется на производство технических (альбумин) и фармацевтических (сыворотка) препаратов, часть ее идет в пищевую промышленность. Но основную массу крови используют для получения кормовой муки.

Во Франции кровь расходуется для технических целей и очень небольшая часть ее идет на выработку кровяных колбас [2].

Фирма «Trappe – Mantic» выпускает линию, производительностью 7 тонн в смену, с помощью которой собирают и перерабатывают кровь вплоть до замораживания и фасовки замороженных продуктов в картонные коробки.

В Финляндии около 30 % пищевой крови животных используется для изготовления готовых продуктов, в частности блинов для питания детей школьного возраста. Значительное количество крови охлаждают, упаковывают в пакеты и реализуют в охлажденном виде.

В Германии цельная кровь является основным компонентом рецептуры (до 50 % к массе фарша) кровяных колбас, зельцев, консервов.