

## ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ СОВРЕМЕННЫХ ИНКУБАТОРОВ

Д. Мишра, В.С. Пичулин

*Существенной особенностью применения промышленных инкубаторов является их использование в различных климатических условиях, причем в странах с тропическим климатом используются инкубаторы, применяемые в странах с умеренным климатом, в которых средняя температура существенно ниже температуры инкубирования. В данной статье рассматриваются влияния окружающих условий на успешную выводимость яиц. Проводятся тепловые расчеты, используемые методики описаны в [4] для многоэтапного инкубатора с продольной вентиляцией, имеющим 6 и 9 секций.*

В тропических странах нередко температура окружающей среды или равна или выше температуры инкубирования. Например, в Бангладеш средняя атмосферная температура колеблется от 38 °С до 45 °С. В этих условиях целесообразно при проектировании инкубатора воспользоваться указанным обстоятельством. Существенное влияние на главный показатель качества инкубатора, процент успешно выводимых цыплят, оказывают краевые условия.

С целью анализа влияния климатических условий, были выполнены расчеты для типичных современных инкубаторов выпускаемые известными производителями как «Зеймсвэ», «Чикмвстер», «Петерсайм» [1,2,3] и другие с условиями, соответствующими тропическому климату для многоэтапного инкубатора с продольной вентиляцией, имеющим 6 секций и 9 секций.

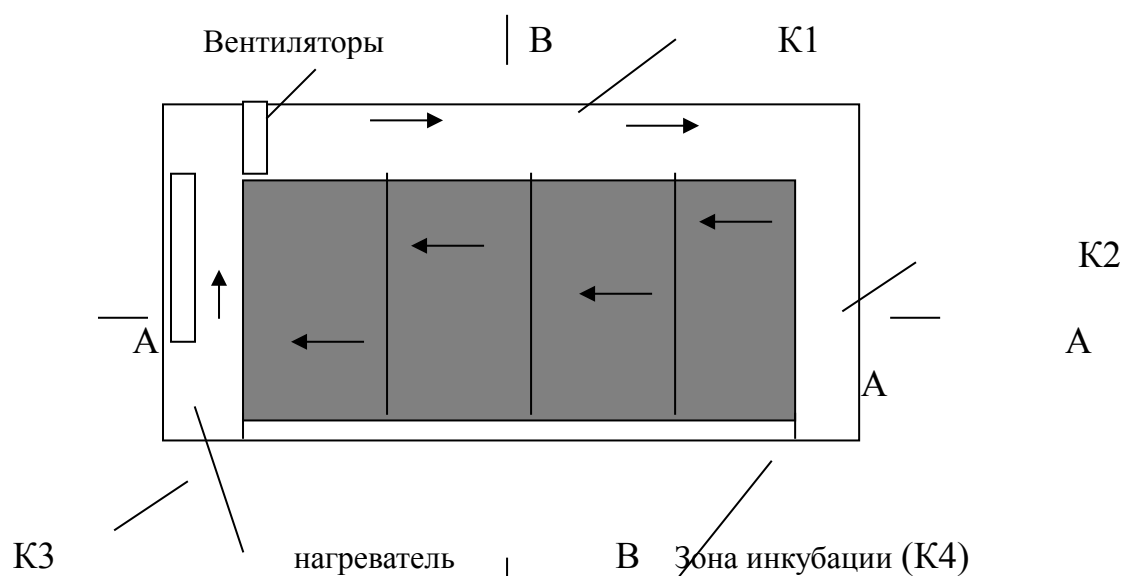


Рис. 1 Схема многоэтапного инкубатора с продольной схемой вентиляции.

Расчет и анализ поля температуры в зоне инкубирования инкубатора с продольной схемой вентиляции для многосекционных вариантов проводились методикой описано в [1]. При этом учитывалось то обстоятельство, что в верхней зоне происходит теплообмен в воздушном канале К1 (рис.1), а в нижней зоне – с полом.

Найдем распределение температур вдоль верного канала К1 для стационарного случая имеем:

$$L \quad T_{\infty}, \alpha_{\infty} \quad \delta_{CT}$$

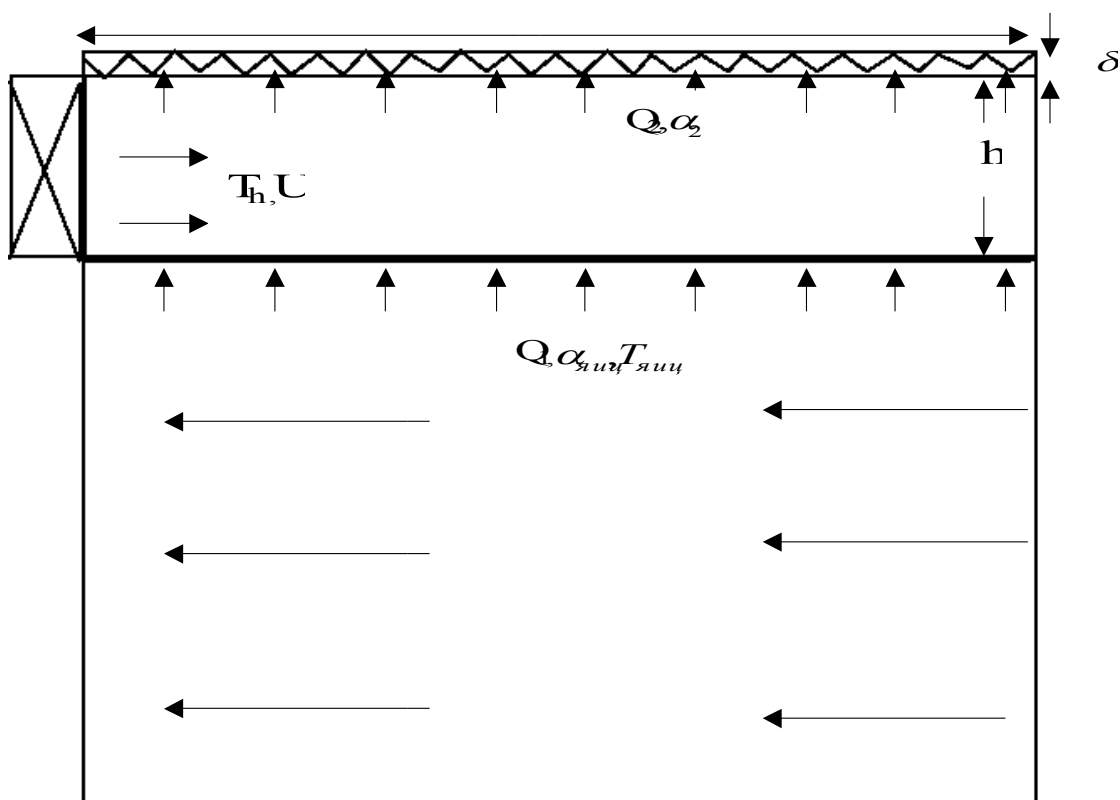


Рис 2 Верхний канал инкубатора

$$C\rho US \frac{dT}{dx} = q_1 - q_2$$

где  $q_1 = k_1(T_{яиц} - T)$ ,  $q_2 = k_2(T - T_\infty)$ ;

$$\text{и } k_1 = \alpha \frac{\pi}{2}, \quad k_2 = \frac{\pi}{2 \left( \frac{1}{\alpha_\infty} + \frac{1}{\alpha} + \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_{CT} \right)} \quad (1)$$

Здесь  $C$  -теплоемкость,  $\rho$  -плотность воздуха,  $U$  -скорость потока,  $S$  -площадь поперечного сечения,  $q_1$  -тепло подвод в канал,  $q_2$  - тепло отвод в окружающую среду,  $k_1, k_2$  - коэффициенты теплопередачи,  $\alpha, \alpha_{яиц}, \alpha_\infty$  - коэффициенты теплоотдачи в канале, в зоне инкубирования и в окружающей среде,  $\delta, \lambda$  -толщина изоляции и её коэффициент теплопроводность.

Решение ур. (1) имеет следующий вид:

$$T_{k(x)} = \frac{f}{\beta} (1 - e^{-\beta x}) + T_h e^{-\beta x}$$

$$\text{где } f = \frac{k_1 T_{яиц} + k_2 T_\infty}{C \rho U S}; \quad \beta = \frac{k_1 + k_2}{C \rho U S} \quad (2)$$

Поля температур в зоне инкубации были решены с помощью алгоритма и разработаны в работе [4]. Для анализа влияния климатических условий были выполнены расчеты с условиями, соответствующими тропическому климату для многоэтапного инкубатора с продольной вентиляцией, имеющим 6 и 9 секций.

Исходные данные для расчёта принимались следующими: количество яиц  $N=90000$ , длина по полу  $L= 6.54\text{м}$ . высота зоны инкубирования  $H= 1.85 \text{ м}$ . Скорость воздуха в зоне инкубации  $U_{sk}$  варьировалась. Приняты следующие обозначения для параметров расчетов: температура на входе в зону инкубации-  $T_{in}$ ; температура на входе верхнего канала- $T_h$ ; температура окружающей среды- $T_{окр}$ ; температура пола  $T_{пол}$ .

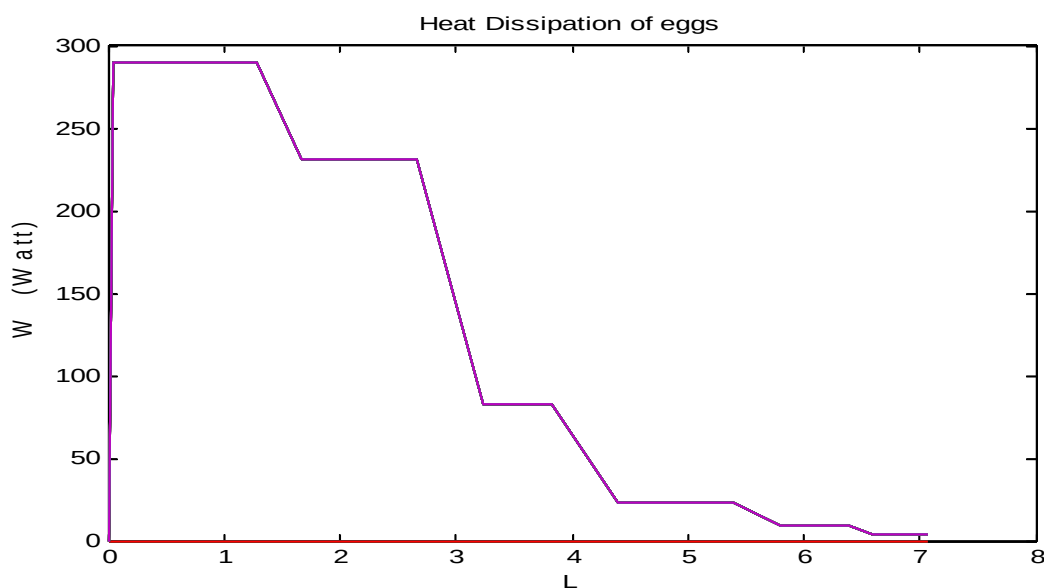


Рис. 3

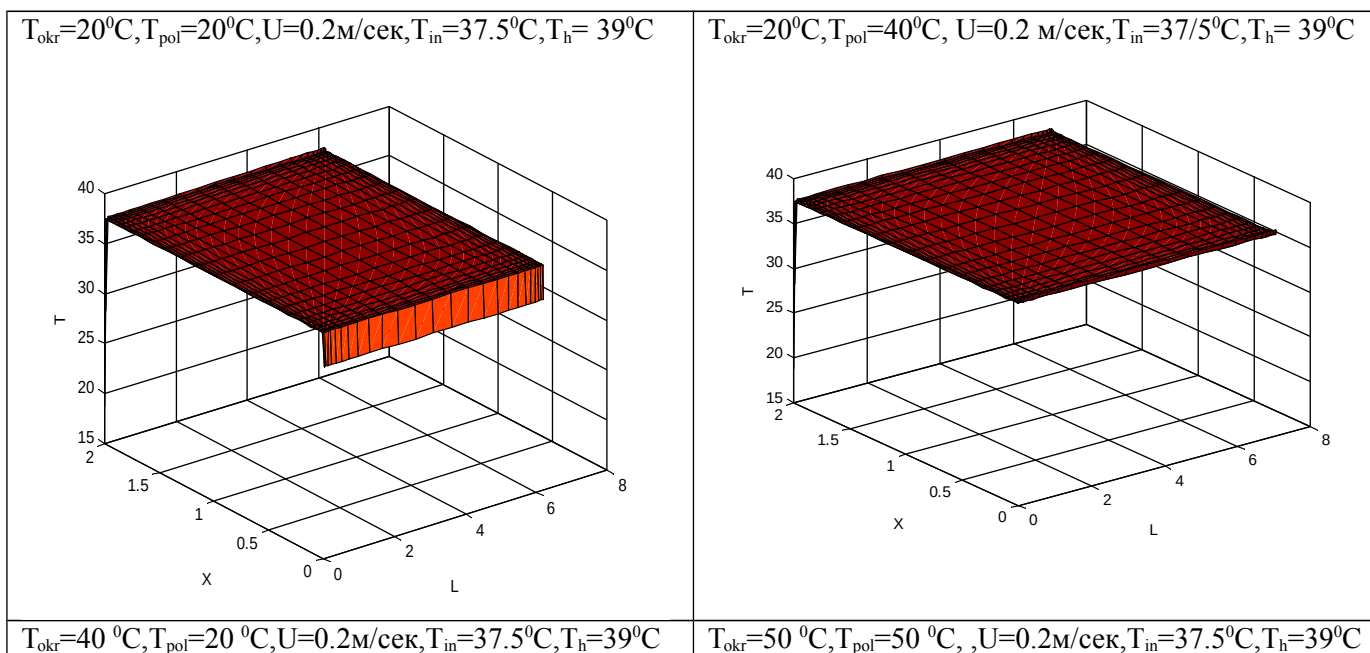
Тепловыделение  $W(\text{мВт})$ , Длина  $L(\text{м})$ .

На рис.3 изображен характер тепловыделений яиц в инкубаторе. В начале расположены яйца с самым максимальным тепловыделением, а в конце с минимальным. На рис.4 приведены расчёты при изменении температуры окружающей среды  $T_{окр}$  и температуру пола  $T_{пол}$ . Видно, что средняя температура в инкубаторе  $T_{ср} = 37.37^{\circ}\text{C} - 37.60^{\circ}\text{C}$ . При исследовании распределения температуры вблизи стенки заметно, что в верхней стенке перепад температуры меньше чем в нижней стенке. И плохую выводимость следует ожидать именно в этой зоне.

Влияние скорости на поле температуры показано на рис. 5 Минимальный расход воздуха рассчитывается исходя из минимальной потребности в  $\text{O}_2$  (кислороде) который составляет  $0.51 \text{ Л/день}$  эквивалентно  $0.00268 \text{ м}^3/\text{сек}$  (рис.5) и  $0.00028 \text{ м/сек}$ . При увеличении скорости наблюдается выравнивание температурного поля в зоне инкубации, и уменьшение перепада температуры по длине стенки. Но по-прежнему перепад температуры по нижней стенке остаётся большим.

Ниже представлены результаты расчетов для различных значений скоростей и температур.

Условия показаны на рисунках.



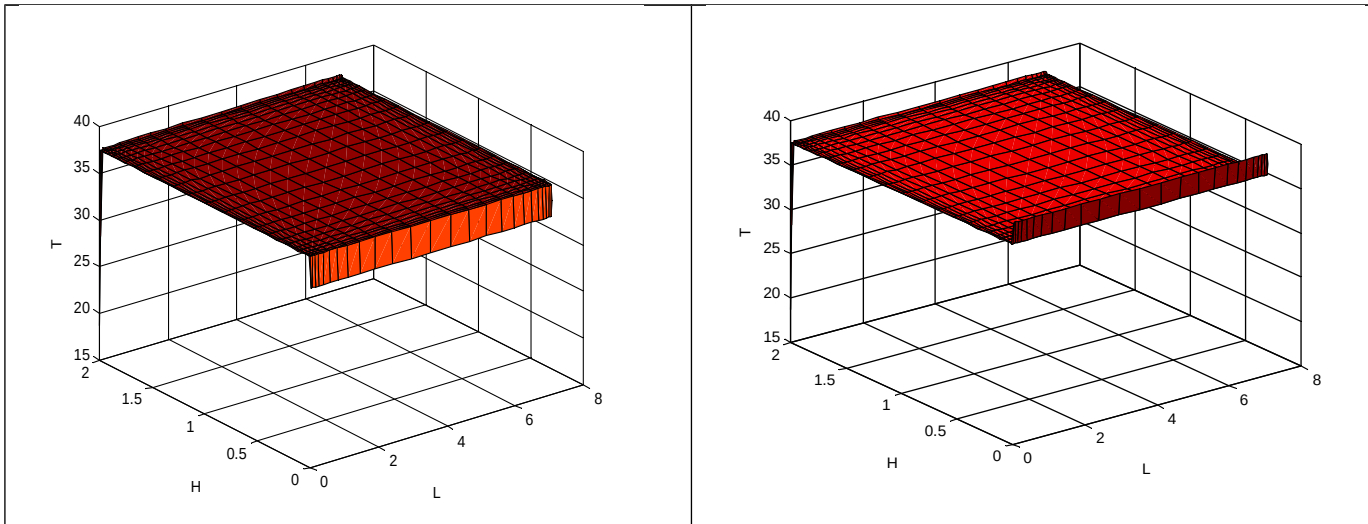
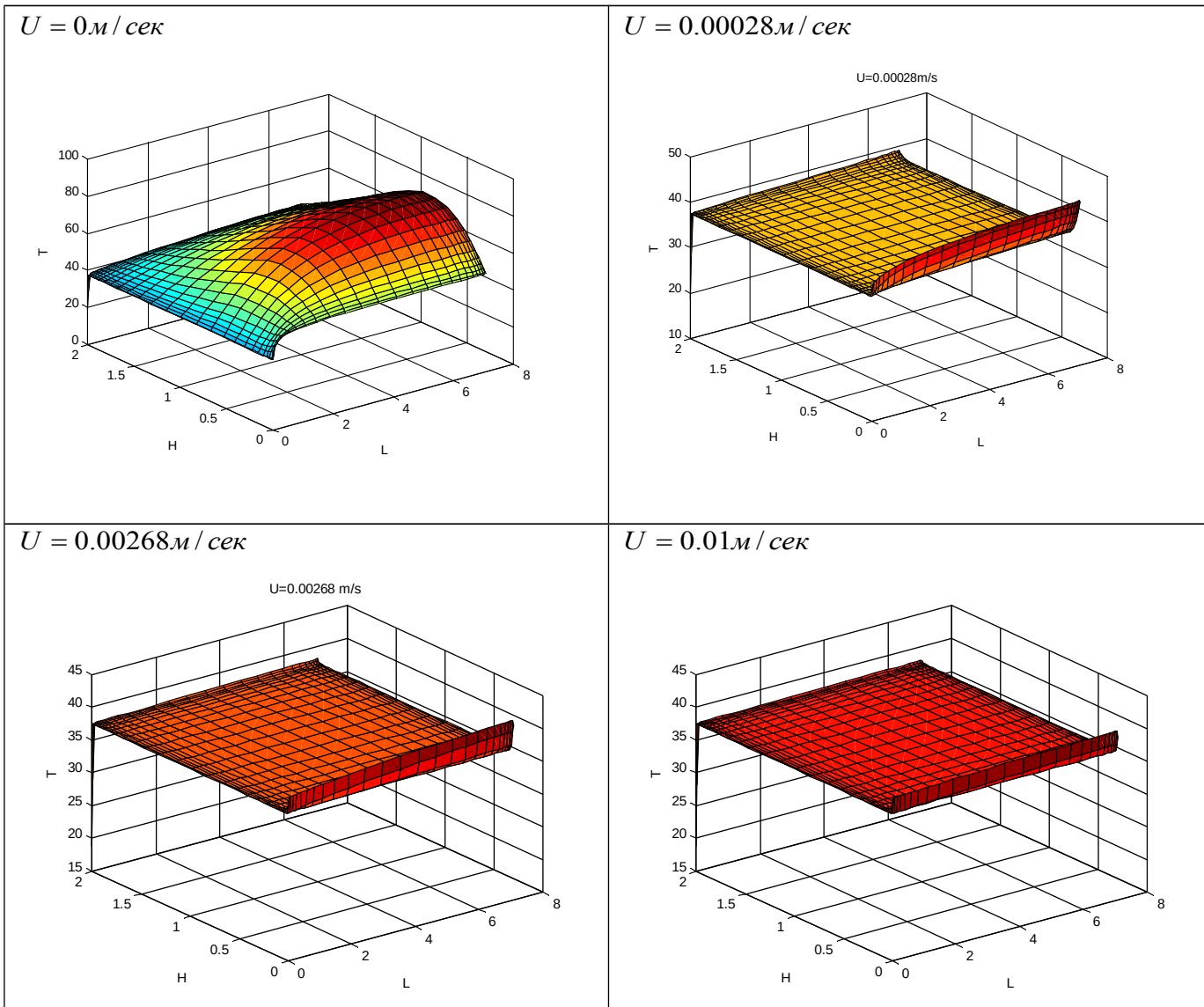


Рис.4

На рис.5 представлены результаты для условий вида  $N=90000$ ,  $T_{in}=37.5^{\circ}\text{C}$ ,  $T_h=39^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{окр}=30^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{пол}=50^{\circ}\text{C}$ .



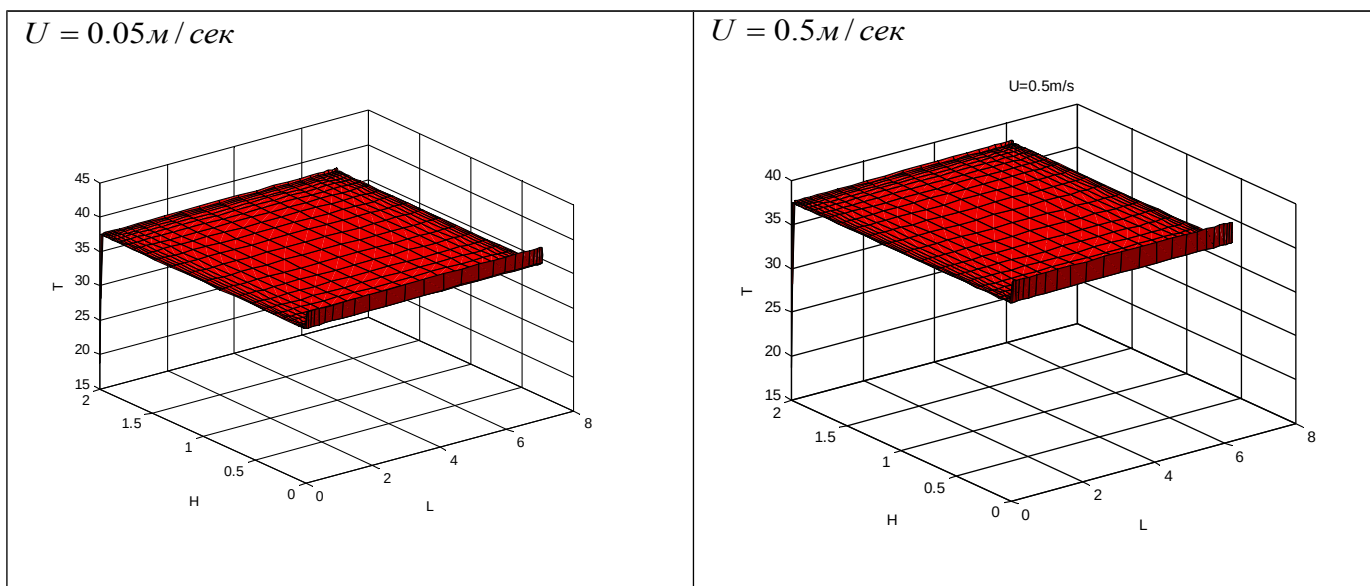


Рис.5

По результатам расчётов можно оценить степень выводимости яиц в зависимости от скорости воздуха.

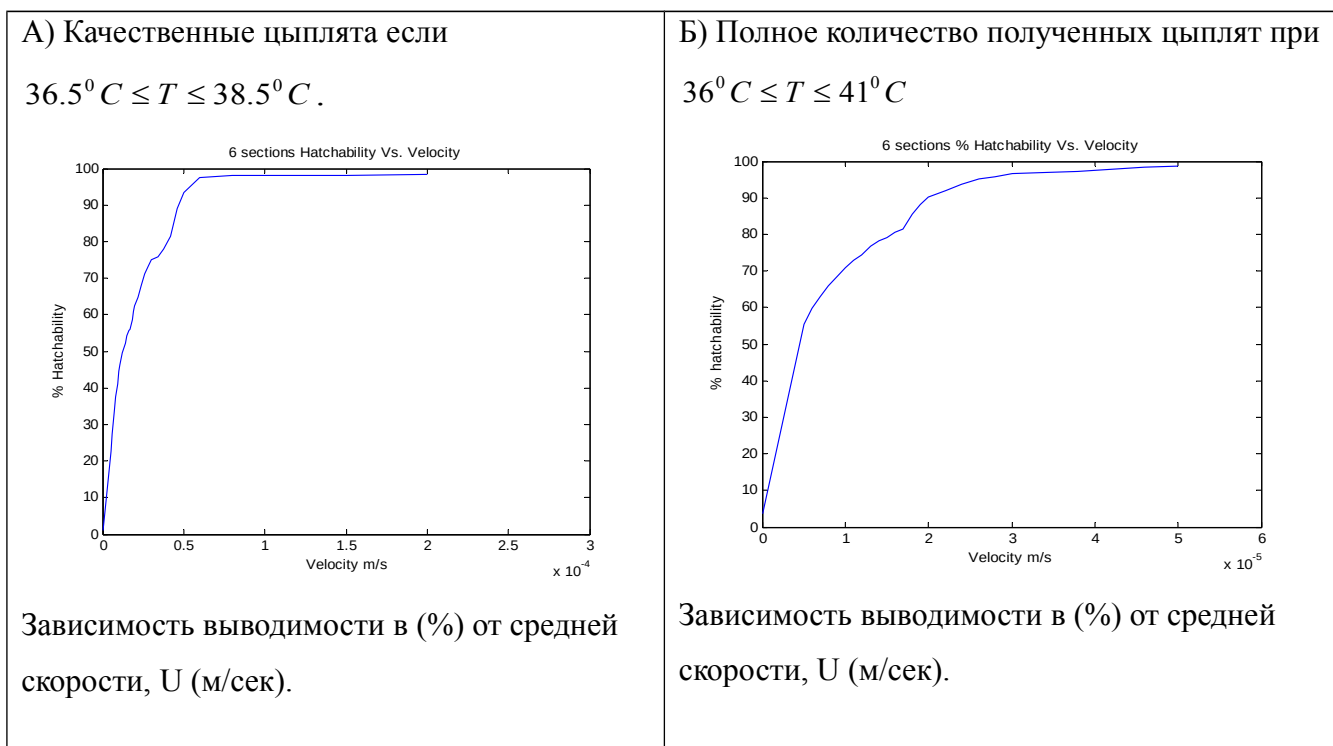


Рис.6

Также можно рассматривать вариант с источниковым членом для 9ий секционного инкубатора, который имел следующий ступенчатый характер по длине (рис.7).

Б. Источниковый член имеет следующий ступенчатый характер по длине.

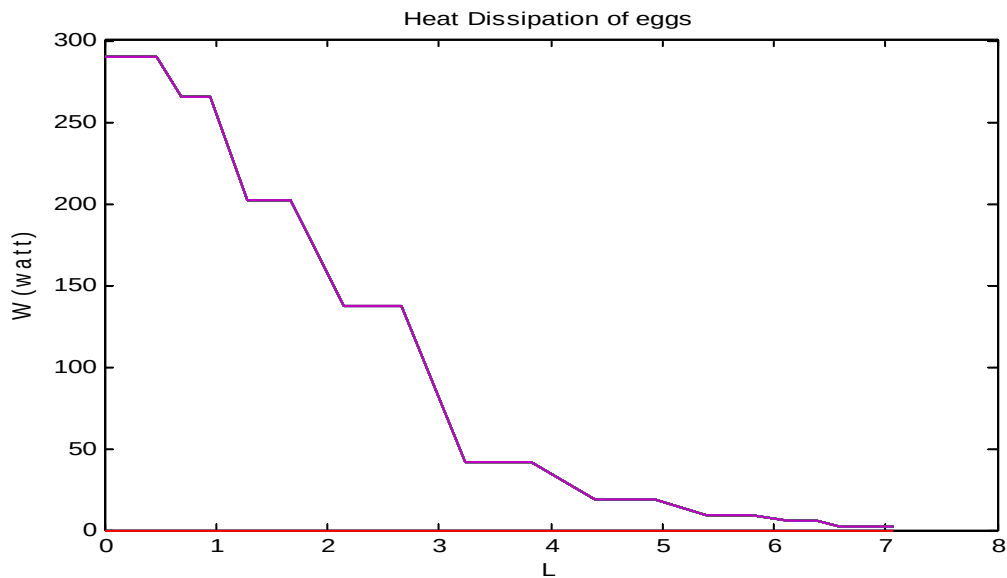


Рис. 7 Зависимость выводимости в (%) от средней скорости,  $U$  (м/сек).

На рис. 7 изображено характер тепловыделений яиц в инкубаторе. В начале расположены яиц с самым максимальным тепловыделением, а в конце с минимальным. Аналогично проводились расчеты при температуре окружающей среды  $T_{окр}=30^{\circ}\text{C}$  и температуры пола  $T_{пол}=50^{\circ}\text{C}$ . При этом средняя температура в инкубаторе  $T_{ср}=37.25^{\circ}\text{C}$  –  $38.80^{\circ}\text{C}$ . При исследовании распределения температуры вблизи стенки заметно было, что в верхней стенке перепад температуры меньше чем в нижней стенке. Температура нижней стенки достигает  $45.50^{\circ}\text{C}$ , что является не допустимой для выводимости. И плохую выводимость следует ожидать именно в этой зоне.

Существенное влияние скорости на поле температуры не замечаются. Расчёты при минимальном расходе  $0.00268\text{м}^3/\text{сек}$  или  $0.00028\text{ м/сек}$  показано на рис.5.

При увеличении скорости замечаются выравнивания температурного поля в зоне инкубации, и уменьшения перепад температуры по длине стенки. Но, по прежнему перепад температуры по нижней стенке остаётся большим.

Результаты проведенных расчётов позволили оценить степень выводимости яиц в зависимости от скорости.

Зависимость выводимости в (%) от средней скорости,  $U$  (м/сек).

А) Качественные цыплята если

$$36.5^{\circ}C \leq T \leq 38.5^{\circ}C .$$

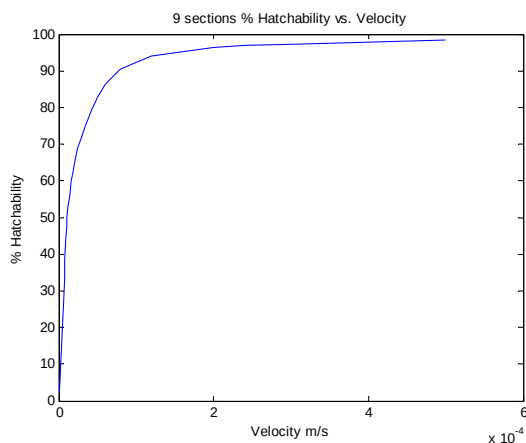


Рис. 8

Б) Полное количество полученных цыплят

$$36^{\circ}C \leq T \leq 41^{\circ}C$$

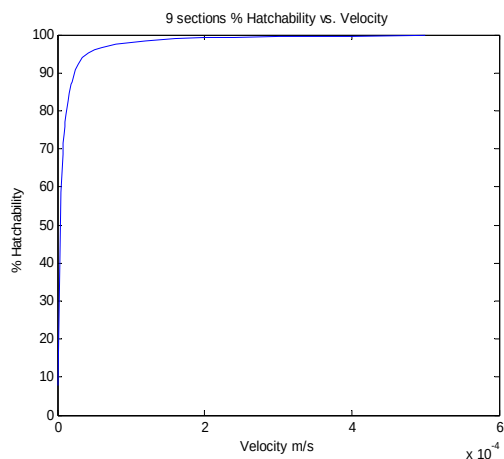


Рис. 9

Выводимость яиц возможна при  $36^{\circ}C \leq T \leq 41^{\circ}C$  рис. 8, но цыплята хорошего качества получается при  $36.5^{\circ}C \leq T \leq 38.5^{\circ}C$  рис.9. Небольшое улучшение выводимости заметно при сравнении результатов по выводимости. 9ий секционный инкубатор имеет лучше показатели по максимальной выводимости, при минимальной скорости.

Для исследования влияния окружающей среды на степень выводимости проводились расчёты при условиях:  $T_{in}=37.5^{\circ}C, T_h=39^{\circ}C, T_{окт}=30^{\circ}C$  и скорости  $U=0.00028$  м/сек соответствующие минимальному расходу воздуха через инкубатор рис. (10).

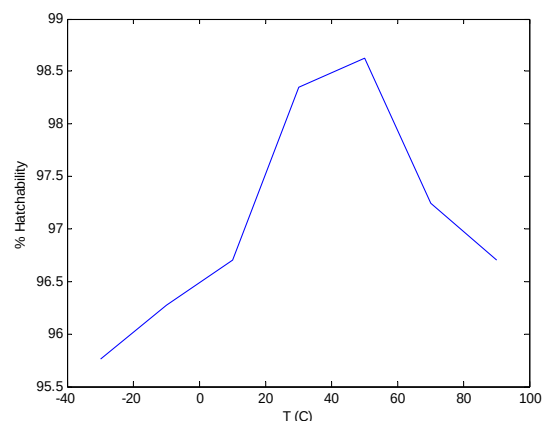
Зависимость выводимости в (%) от температуры пола,  $T_{пол}$  ( $^{\circ}C$ ).

А) Качественные цыплята если

$$36.5^{\circ}C \leq T \leq 38.5^{\circ}C ,$$

Б) Полное количество полученных

$$\text{цыплят } 36^{\circ}C \leq T \leq 41^{\circ}C$$





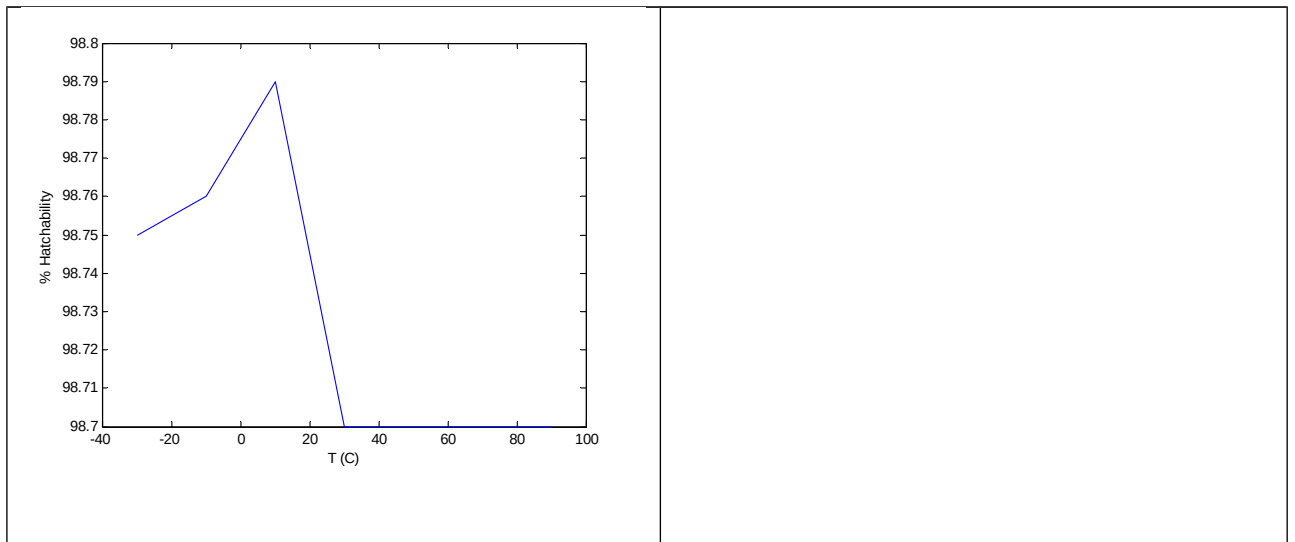
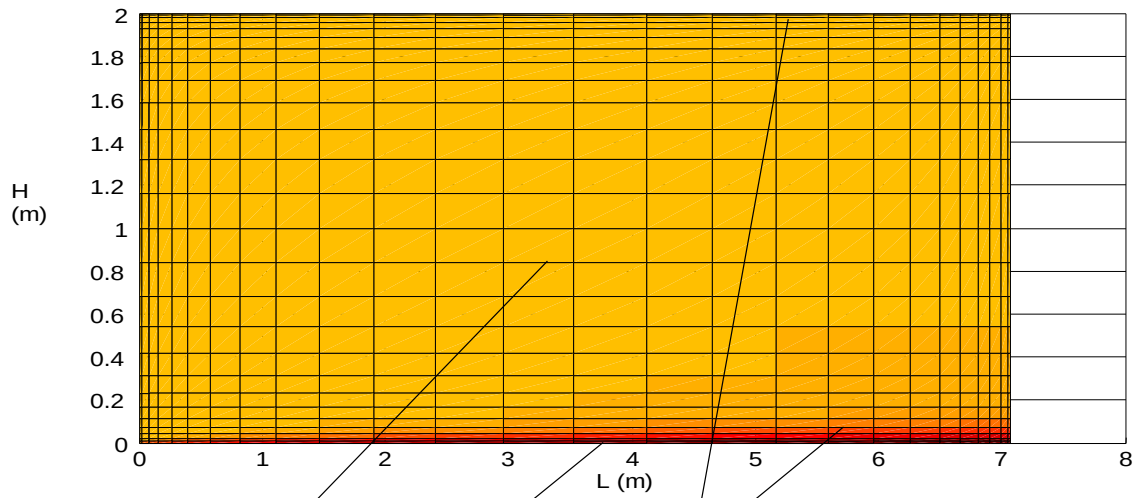


Рис.10

При такой схеме вентиляции, температура пола сильно влияет на равномерности распределения температуры по всему зону инкубации.

В результате не удаётся достичь 100% выводимости. Зона плохой выводимости показана на рис.11.



качественные цыплята    зона не выводимости    не качественные цыплята

Рис.11

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Petersime incubators. - [http://www.petersime.com/news\\_ovoscan.html](http://www.petersime.com/news_ovoscan.html).(2003)
  2. Chick masterinnovations. - [http://www.chickmaster.com/cm\\_about.html](http://www.chickmaster.com/cm_about.html). (2003)
  3. Jamesway Incubators. - <http://www.jamesway.com/prod.atcl.html>. (2003)
  4. Мишра Д. Исследование температурных полей в промышленных инкубаторах.: автореферат к.т.н.// МАИ.- М.:2005.-48с. на правах рукописи.
- 

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

*Пичулин Владимир Сергеевич, доцент кафедры системы жизнедеятельности и защиты в летательных аппаратах Московского авиационного института (государственного технического университета), к.т.н.*

*Мишра Девашис, аспирант кафедры системы жизнедеятельности и защиты в летательных аппаратах Московского авиационного института (государственного технического университета)*