

**Благодарный Николай Семенович,**  
к.т.н., заведующий кафедрой, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: atp@angtu.ru

**Галеев Ринат Радиевич,**  
магистрант, Ангарский государственный технический университет,  
e-mail: galeevrint@mail.ru

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТНОГО СОДЕРЖАНИЯ ПЧЕЛ В УЛЬЕ**

**Blagodarnyi N.S., Galeev R.R.**

## **PROVIDING A COMFORTABLE CONTENT OF THE BEES IN THE HIVE**

**Аннотация.** Построена математическая модель, позволяющая определить температуру и относительную влажность воздуха в улье. Дан анализ способов обеспечения комфортного содержания пчел в улье в зимний период.

**Ключевые слова:** математическая модель улья, комфортное содержание пчел.

**Abstract.** The mathematical model allowing to define temperature and relative humidity of air in a beehive is constructed. The analysis of ways to ensure comfortable keeping of bees in the hive in winter is given.

**Keywords:** mathematical model of the hive's facilities and the keeping of bees.

Обеспечение комфортного режима содержания пчел в ульях, особенно во время зимовки, является важной задачей практического пчеловодства. Под комфортным содержанием понимается создание такой температуры и влажности в улье, которые обеспечили бы эффективную зимовку пчел без их даже частичной гибели и предотвращение физиологического износа пчел.

Для решения этой задачи интерес представляет анализ возможных способов обеспечения успешной зимовки пчел. Такой анализ удобно проводить, используя математическую модель улья с находящимся в нем клубом пчел. В работе [1] приводится математическая модель распределения температурных полей в пространстве скопления пчел, которая, однако, не дает возможность провести анализ доступных пчеловоду воздействий, влияющих на изменение температуры, и не учитывает изменение влажности в улье.

С целью упрощения модели не будем учитывать распределение температуры и влажности в пространстве улья, т.к. для практического пчеловодства это не имеет решающего значения.

Запишем уравнение теплового баланса для клуба пчел, находящихся в улье:

$$m \cdot c \cdot \frac{dT}{dt} = \Phi(T) - k(Q) \cdot S \cdot (T - T_u), \quad (1)$$

здесь  $S$  – площадь эффективной внешней поверхности клуба. Удельная теплоемкость клуба  $c$  зависит от плотности пчел в клубе и изменяется от 2500 до 3400 Дж/(кг·К). Масса клуба  $m$  определяется количеством пчел в семье, в 1 кг содержится в среднем 7,7 тыс. пчел. Количество тепла, выделяемое

клубом пчел  $\Phi(T)$  связано с метаболизмом отдельной пчелы, который в свою очередь является функцией температуры клуба [1]. Коэффициент теплопередачи  $k(Q)$  зависит от массового потока конвекции  $Q$  воздуха в улье и может изменяться от 6 до 30 Дж/(с·м<sup>2</sup>·К).

Средняя температура в улье  $T_u$  определяется выражением:

$$m_u c_u \frac{dT_u}{dt} = \Psi + k(Q) \cdot (T - T_u) \cdot S - k_u(Q) \cdot (T_u - T_o) \cdot S_u - m_p \lambda, \quad (2)$$

где  $\Psi$  – количество тепла, поступающего в улей за счет мероприятий по его подогреву;  $m_u$  – масса улья;  $c_u$  – средняя удельная теплоемкость улья;  $T_o$  – температура окружающей среды;  $k_u(Q)$  – коэффициент теплопередачи через стенки и щели в улье;  $S_u$  – площадь поверхности улья;  $\lambda$  – удельная теплота парообразования воды;  $m_p$  – массовый поток испарений в улье.

Для определения массовой доли водяного пара  $x$  в улье будем использовать следующее уравнение:

$$m_a \frac{dx}{dt} = m_p \cdot x_p(T_u) - Q \cdot (x - x_o), \quad (3)$$

здесь  $m_a$  – масса воздуха в улье;  $x_p(T_u)$  – массовая доля насыщенного водяного пара при температуре улья;  $x_o$  – доля водяного пара в окружающем улей воздухе.

Для хорошей зимовки пчел необходимо обеспечивать температуру в улье  $T_u$  в диапазоне 5-9 °С, и относительную влажность около 40-50 %. Как следует из уравнений (1) – (3) это может быть достигнуто следующими способами:

- а) увеличение температуры окружающей среды  $T_o$  путем размещения улья в зимнике;
- б) увеличение количества тепла  $\Psi$ , подаваемого в улей (подогрев);
- в) уменьшение коэффициент теплопередачи  $k_u(Q)$  путем утепления стен улья и заделывания щелей в нем;
- г) увеличение количества тепла, выделяемого клубом пчел, за счет дополнительной подкормки пчел и наращивания их количества осенью;
- е) изменение потока конвекции  $Q$  для отвода излишней влаги из улья.

Развитием данной работы является реализация построенной модели в среде Matlab и проведение численного эксперимента на примере реального пасечного хозяйства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Еськов Е.К., Тобоев В.А. Математическое моделирование распределения температурных полей в холодовых агрегациях насекомых // Биофизика. М.: Наука. – 2009, – том 54, вып.1.– С. 114 – 119.