

УДК 638.147.7

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ
ПАСЕЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА БАЗЕ
КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ**

Онучин Евгений Михайлович
к.т.н., доцент

Медяков Андрей Андреевич
к.т.н.

Осташенков Алексей Петрович
аспирант
*Поволжский государственный технологический
университет, Йошкар-Ола, Россия*

Представлена имитационная математическая модель функционирования комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев, устанавливающая взаимосвязь конструктивных параметров комплекса и показателя эффективности при условии поддержания благоприятных условий для зимнего содержания пчел

Ключевые слова: МОДЕЛИРОВАНИЕ,
МИКРОКЛИМАТ, ПЧЕЛИНЫЕ УЛЬИ,
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

UDC 638.147.7

**THEORETICAL RESEARCH OF ENERGY
SUPPLYING SYSTEM OF APIARY BASED ON
COMBINED SOLAR PLANT**

Onuchin Evgenii Mihailovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

Medyakov Andrey Andreevich
Cand.Tech.Sci.

Ostashenkov Aleksey Petrovich
postgraduate student
*Volga State University of Technology, *
Ioshkar-Ola, Russia

We have presented a simulation mathematical model of a complex for climate control of beehives that establishes the relationship between the performance parameters of the complex and efficiency parameters with a condition of descent winter maintenance of bees

Keywords: SIMULATION, CLIMATE, BEEHIVES,
RENEWABLE ENERGY SOURCES

Введение

Структура энергопотребления пасечного хозяйства в весенне-осенний период в основном определяется оборудованием пчеловодческих мастерских (электроинструмент столярных мастерских, технические средства для откачки меда и т.д.) [1], однако в зимний период потребление энергии связано с необходимостью обеспечения условий для благополучной зимовки пчелиных семей. При этом следует отметить, что если в весенне-осенний период, ввиду специфики энергопотребления, не возникает существенных проблем, поскольку энергоснабжение требуется на сравнительно малые интервалы времени, то для зимнего периода, когда необходимо обеспечивать энергоснабжение в течение периода зимовки пчелиных семей, актуальна задача повышения эффективности энергоснабжения. В этой связи особую привлекательность получают

альтернативные варианты энергоснабжения удаленных потребителей на базе возобновляемых источников энергии.

В контексте рассмотрения лесных пасек наиболее доступными видами возобновляемой энергии являются энергия солнечного излучения, ветра и биотоплива, что обусловлено как требованиями к размещению хозяйств, так и традиционным местоположением пасек в РФ в областях с относительно высокой инсоляцией и умеренными скоростями ветра [2]. В этой связи создаются предпосылки к применению автономного энергогенерирующего оборудования на основе возобновляемых источников энергии. При этом следует отметить перспективность применения данного подхода к электроснабжению в зимние периоды, когда требуется непрерывное функционирование оборудования, предназначенного для обеспечения благополучной зимовки пчелиных семей.

Для энергоснабжения лесных пасек предлагается использование автономного комплекса, в состав которого входят несколько типов преобразователей возобновляемой энергии, а также аккумуляторы тепловой и электрической энергии. Комбинирование различных типов преобразователей позволяет частично скомпенсировать переменный характер изменения мощности потоков возобновляемой энергии (солнечной и ветровой), что в совокупности с применением аккумуляторов позволяет обеспечивать надежное энергоснабжение потребителя [3]. В качестве первичных источников энергии предлагается использовать энергию солнца и ветра, что обусловлено относительной легкостью построения автоматической системы управления преобразователями данных видов возобновляемой энергии, в отличие от энергоустановок, использующих биотопливо.

Существенными факторами, влияющими на эффективность функционирования комплекса на базе комбинированной гелиоустановки, в рамках производства и преобразования энергии являются:

- обеспечение необходимого температурного потенциала аккумулятора для поддержания оптимальной температуры внутри ульев;
- обеспечение необходимого уровня заряда электрического аккумулятора для функционирования системы управления комплексом.

Поскольку комплекс представляет собой сложную систему, то для оценки эффективности его функционирования перспективно рассматривать несколько аспектов [4]: преобразование и передача энергии и удельный расход материальных ресурсов. Выбор показателей, характеризующих эффективность функционирования комплекса для контроля микроклимата, должен определяться связью параметров комплекса с эффективностью его функционирования. В этой связи ключевыми показателями эффективности комплекса являются коэффициент полезного действия и материалоемкость.

Для исследования процесса функционирования комплекса на базе комбинированной гелиоустановки необходимо разработать имитационную математическую модель. При этом должны быть учтены особенности использования отдельных изделий в составе комплекса.

Объектом исследования является комплекс для контроля микроклимата пчелиных ульев на базе комбинированной гелиоустановки;

Предметом исследований являются качественные и количественные закономерности и зависимости, связывающие конструктивные параметры комплекса для контроля микроклимата и показатели эффективности при условии поддержания благоприятных условий для зимнего содержания пчел (температура, влажность и содержание углекислого газа).

Цель: разработка имитационной математической модели функционирования комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев.

Задачи работы:

- моделирование теплового потребления пчелиных ульев;
- моделирование работы системы энергоснабжения.

Принципы моделирования

Обозначенный предмет, а также важнейшие свойства объекта во многом определяют и саму методологию исследования. Рассматриваемый комплекс представляет собой сложную систему, включающую в себя биологические, технико-технологические и энергетические составляющие. Структура автономного комплекса на базе комбинированной гелиоустановки представлена на рисунке 1.

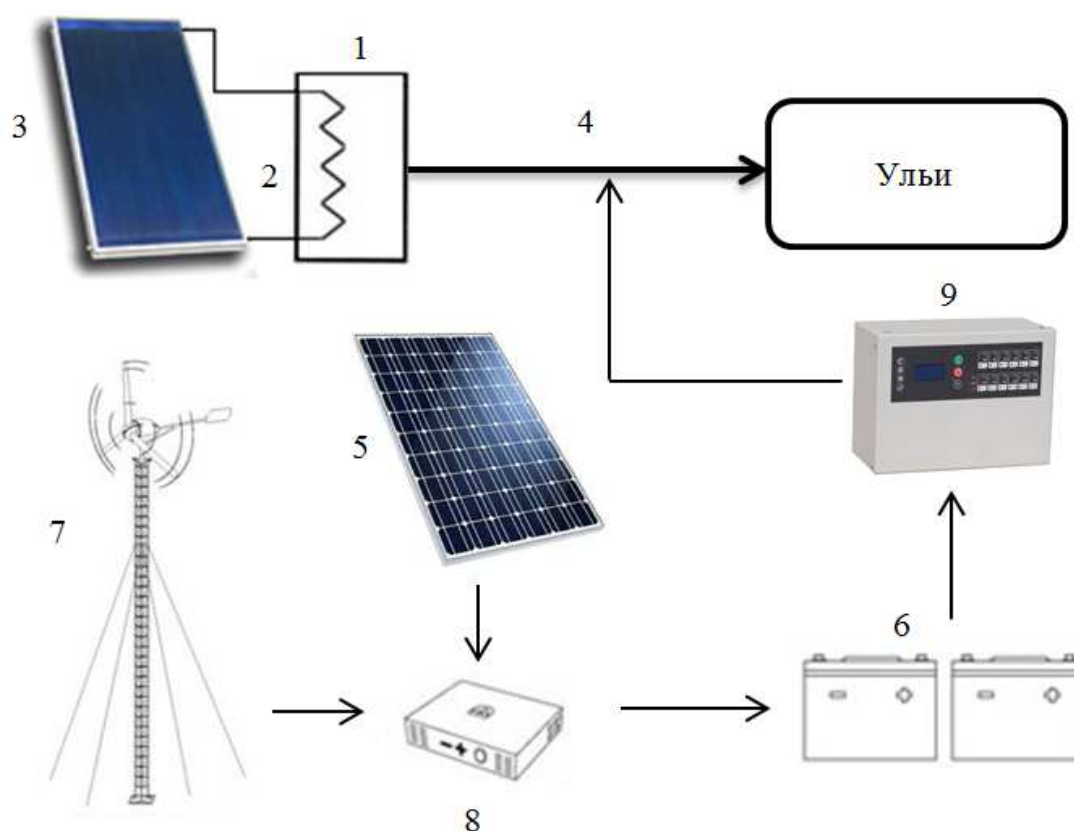


Рисунок 1. Структура комплекса

Обозначения на рисунке 1: 1 – тепловой аккумулятор; 2 – теплообменники; 3 – солнечный коллектор; 4 – воздуховоды; 5 – полупроводниковый фотоэлектрический преобразователь; 6 – аккумуляторные батареи (АКБ); 7 – ветрогенератор; 8 – контроллер заряда АКБ; 9 – система управления подачей теплоносителя в ульи.

Основываясь на результатах анализа компонентов комплекса, была разработана схема моделирования. С точки зрения иерархии модель включает несколько уровней:

-уровень процессов, непосредственно связанных с изменением значений параметров микроклимата внутри ульев в зависимости от внешних факторов;

-уровень автономных процессов внутри комплекса. На данном уровне моделируются процессы функционирования отдельных компонентов напрямую не связанных с процессами изменения микроклимата внутри ульев, однако, необходимые для обеспечения благоприятных условий для зимовки пчелиных семей.

Модели процессов первого уровня отображают процессы изменения параметров микроклимата (температуры, влажности и содержания CO_2) внутри ульев в зависимости от внешних факторов. Внешние факторы условно можно разделить на: климатические (температура, влажность и содержание CO_2 наружного воздуха), конструктивные (объем улья, материал теплоизоляции) и технологические (воздухоподача в системе вентиляции, тепловой поток, поступающий в ульи от комплекса). Целью моделирования процессов первого уровня является нахождение величин изменения управляющих воздействий для поддержания оптимального микроклимата для благополучной зимовки пчелиных семей.

Моделирование процессов второго уровня осуществляется по принципу «черного» ящика, на основе стохастических регрессионных

моделей, без анализа их внутренней структуры. Целью моделирования процессов второго уровня является нахождение зависимости между климатическими условиями функционирования комплекса (скорость ветра, инсоляция и т.д.) и энергетическими характеристиками рассматриваемого комплекса.

Моделирование работы комплекса на базе комбинированной гелиоустановки проводилось с использованием программы Excel программного пакета Microsoft Office.

На начальном этапе моделирования задаются значения входных факторов, которые будут оставаться неизменными, например конструктивные параметры улья, а также факторов, значения которых будут меняться на каждом шаге (климатические параметры). Внешний вид окна ввода значений постоянных параметров представлен на рисунке 2.

Временной интервал шага моделирования, с	3600		
Входные параметры		Суммарная выделяемая влага, г/ч	1,667
количество ульев, шт.	1	Суммарное выделяемое количество CO ₂ , л/ч	1,667
Солнечный коллектор		Суммарная мощность неуправляемого источника, Вт	5,2
F _г - коэффициент отвода теплоты от солнечного коллектора	0,95	Температура внутри ульев, °С	5,0
α _а - приведенная поглощающая способность солнечного коллектора	0,80	Абсолютная влажность внутри ульев, г/м ³	5,4
U - полный коэффициент тепловых потерь солнечного коллектора, Вт/(м ² ·°С)	0,30	Содержание углекислого газа, л/м ³	40,0
A - площадь апертуры солнечного коллектора, м ²	4,00	количество влаги выделяемое единичным неуправляемы источником, г/ч	1,667
F _г - коэффициент, учитывающий влияние теплообменника	0,90	количество CO ₂ выделяемое единичным неуправляемы источником, л/ч	1,667
угол наклона солнечного коллектора к горизонту, град	50,00	единичная тепловая мощность неуправляемого источника, Вт	5,200
		теплоемкость сухого воздуха, Дж/(кг·К)	1005
Ветряк (ВЭС)		плотность сухого воздуха при +4 °С, кг/м ³	1,269
Высота установки ветроколеса, м	10	коэффициент связи между объемами приточного и вытяжного воздуха	1
Коэффициент мощности ветроколеса	0,35	Тепловой аккумулятор	
Ометаемая ветроколесом площадь, м ²	4	U _б - полный коэффициент тепловых потерь теплового аккумулятора, Вт/(м ² ·°С)	0,20
Солнечная батарея (ФЭП)		A _б - площадь теплового аккумулятора, м ²	2,00
Средний КПД ФЭП	0,16	T _{б0} - температура теплоносителя в аккумуляторе в начальный период, К	280,00
Площадь ФЭП, м ²	1	С _б - удельная теплоемкость теплоносителя в аккумуляторе, (Дж/(кг·К))	4200,00
Конструктивные параметры единичного улья		ρ _б - плотность теплоносителя в аккумуляторе, кг/м ³	1000,00
высота, м	0,3	V _б - объем бака аккумулятора, м ³	1,00
длина, м	0,5	Тепловой аккумулятор - ульи	
ширина, м	0,4	Скорость теплоносителя, м/с	0,3
коэффициент теплопотерь через стены, пол, потолок	4,0	Плотность теплоносителя ТА-ульи, кг/м ³	1,269
Эл. энергетические параметры		Суммарная площадь поперечного сечения потока теплоносителя, м ²	0,03
номинальный ток циркуляционного насоса солн. кол-ра, А	4	Теплоемкость теплоносителя ТА-ульи, Дж/(кг·К)	1005
номинальный ток приточного вентилятора, А	0,3	площадь поверхности теплообмена (воздуховод-окр. воздух), м ²	1
номинальный ток системы управления, А	0,5	коэффициент теплопередачи ТА-ульи, Вт/(м ² ·°К)	1,13
Прочие константы		Электролитический аккумулятор (АКБ) - потребители	
широта местности, град	56,38	Емкость АКБ, А·ч	50
коэффициент отражения		Номинальное напряжение АКБ, В	12,00
зимой (при наличии снежного покрова)		Удельное сопротивление соединительных проводов, Ом/м	0,007
летом	0,20	Длина соединительных проводов, м	7
количество пчелиных семей размещенных в улье, шт	1,0	Величина глубокого разряда АКБ, %	60
Объем единичного улья, м ³	0,065	коэффициент, учитывающий влияние контроллеров ФЭП и ВЭС	0,80

Рисунок 2. Внешний вид окна ввода значений постоянных параметров

Затем следует подстановка значений входных факторов в расчетную часть, в рамках которой определяется характер влияния (функциональный,

случайный) и условия изменения параметров с течением времени. При расчетах в рамках шага моделирования принимается допущение, которое подразумевает постоянство условий в течение него. Шаг моделирования выбирается с учетом соблюдения постоянства условий в течение него. Далее осуществляется запись значений для шага моделирования в таблицу результатов. Производится изменение внешних условий в зависимости от их колебаний с течением времени. Измененные в течение шага входные параметры подставляются в расчетную часть на следующем шаге моделирования. Далее процесс повторяется вплоть до последнего шага моделирования. В результате расчета математической модели получается таблица выходных данных, состоящая из значений расчетных параметров на каждом шаге моделирования.

Моделирование теплового потребления пчелиных ульев

Модель теплового потребления единичного улья представлена на рисунке 3. Обозначения на рисунке: T_0 , w_0 , g_0 – соответственно температура, влагосодержание, концентрация углекислого газа наружного воздуха, M – объем помещения; T , w , g – соответственно температура, влагосодержание, концентрация углекислого газа наружного воздуха; P_B , W_B , G_B – тепловая мощность, влагосодержание, газовыделение неуправляемого источника (пчелиная семья); P – тепловая мощность управляемого источника; V , U – соответственно воздухоподача приточного и вытяжного вентиляторов.

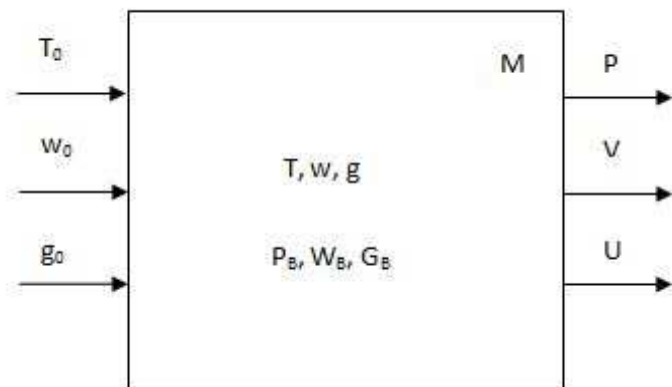


Рисунок 3. Общая схема теплового потребления ульев принятая при моделировании

Для построения математической модели теплового потребления единичного улья нужно определить величины, воздействующие на объект исследования, и величины, характеризующие его состояние. Первые называют входными величинами, или факторами, а вторые – выходными или откликом. Входными факторами являются: относящиеся к биологическим организмам – мощность неуправляемого источника теплоты P_B , влагосодержание w_B источника влажности и газовыделение G_B , относящиеся к внешним факторам – температура, влажность и концентрация углекислого газа в наружном воздухе, относящиеся к конструктивным параметрам – объем улья, материал теплоизоляции, характеризующийся коэффициентом тепловых потерь через ограждающие конструкции улья. Выходными факторами (откликами) являются величины изменения управляющих воздействий для поддержания оптимального микроклимата для благополучной зимовки пчелиных семей. Таким образом, целью математического моделирования теплового потребления улья является установление зависимостей между входными факторами и выходными откликом.

Расчетная формула для определения тепловой мощности, необходимой для поддержания нормируемого температурного режима

пчелиной семьи в условиях улья, расположенного на открытом воздухе, представлена в выражении (1) [5]:

$$P = c_B \rho M ((T - T_0)(2(v + u) + \delta) + \gamma(w - w_0) - p_B) \quad (1)$$

где $p_B = \frac{P_B}{c_B \rho M}$, $\gamma = \frac{2.25}{c_B \rho}$, $\delta = \frac{\varepsilon}{c_B \rho}$, $v = \frac{V}{M}$, $u = \frac{U}{M}$, P – мощность управляемого источника тепла; c_B – теплоемкость сухого воздуха; ρ – плотность сухого воздуха; M – объем улья; T – температура внутри улья; T_0 – температура наружного воздуха; U – воздухоподача вытяжных вентиляторов; V – воздухоподача приточных вентиляторов; ε – коэффициент тепловых потерь через ограждающие конструкции; W – влагосодержание внутри улья; W_0 – влагосодержание наружного воздуха; P_B – мощность неуправляемого источника тепла.

Объем вентиляции по содержанию углекислоты, при условии равенства объемов приточного и вытяжного воздуха, определяется по формуле:

$$U = \frac{G_B}{(G - G_0)} \quad (2)$$

где G_B – суммарное количество углекислого газа, которое выделяют животные, л/ч; G – допустимое количество углекислого газа в 1 м³ воздуха – 40 л/м³ или 4 %; G_0 – количество углекислого газа в 1 м³ атмосферного воздуха – 0,3 л/м³ или 0,03 %.

Формула для определения объема вентиляции по влажности, при условии равенства объемов приточного и вытяжного воздуха, имеет вид:

$$U = \frac{W_B}{(W - W_0)} \quad (3)$$

где W_B – суммарное количество влаги, которое выделяют животные, г/ч; W – абсолютная влажность воздуха внутри улья; W_0 – абсолютная влажность атмосферного воздуха, г/м³.

Моделирование работы системы энергоснабжения

–Ключевой моделью процессов второго уровня при описании функционирования комплекса является модель состояния теплового аккумулятора, описываемая уравнением [6]:

$$T_{\phi} = (1 - e^{-\xi t}) \left(\frac{F_R A E_S (\alpha \tau)}{F'_R U A + U_{\phi} A_{\phi}} + \frac{T_0 \frac{1 + U_{\phi} A_{\phi} T_{\phi}}{F'_R U A T_0}}{1 + \frac{U_{\phi} A_{\phi}}{F'_R U A}} - \frac{Q_{\tau}}{F'_R U A + U_{\phi} A_{\phi}} \right) + T_{\phi 0} e^{-\xi t} \quad (4)$$

где UA – тепловые потери солнечного коллектора; $\xi = -\frac{F'_R U A + U_{\phi} A_{\phi}}{c_{\phi}^{\phi} \rho_{\phi} V_{\phi}}$, c_{ϕ}^{ϕ} – удельная теплоемкость теплоносителя в аккумуляторе, кДж/(кг*К); ρ_{ϕ} – плотность теплоносителя в аккумуляторе, кг/м³; V_{ϕ} – объем бака, м³; $U_{\phi} A_{\phi}$ – тепловые потери аккумулятора; F'_R – коэффициент, учитывающий влияние теплообменника; F_R – коэффициент отвода теплоты от солнечного коллектора; E_S – плотность потока солнечной радиации, ГДж/м²; $\alpha \tau$ – поглощательная способность солнечного коллектора; A – площадь апертуры солнечного коллектора, м²; Q_{τ} – количество теплоты, поступающей к потребителю из аккумулятора, ГДж/ч; $T_{\phi 0}$ – температура теплоносителя в аккумуляторе в начале шага моделирования, К; T_{ϕ} – температура наружного воздуха, К.

Моделирование работы системы электроснабжения осуществлялось следующим образом. На первом этапе определялись мощности ветроэлектрогенератора, фотоэлектрического преобразователя в рамках шага моделирования, затем составлялся баланс потребления и генерирования электрической энергии с учетом потерь в отдельных элементах электроэнергетической системы. На заключительном этапе осуществлялось определение состояния аккумуляторной батареи в конце шага моделирования с учетом требований к минимальному уровню заряда АКБ.

Мощность ветроэлектродгенератора определялась, исходя из выражения [7]:

$$P_{\text{ВЭС}} = \frac{\sigma F c u^3}{2}, \quad (5)$$

где σ – коэффициент мощности, характеризующий эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока; F – ометаемая ветроколесом площадь м^2 ; c – плотность воздуха $\text{кг}/\text{м}^3$; u – скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$.

Мощность полупроводникового фотоэлектрического преобразователя определялась исходя из выражения [8]:

$$P_{\text{ФЭП}} = A \eta P_s \quad (6)$$

где A – площадь апертуры полупроводникового фотоэлектрического преобразователя, м^2 ; η – КПД полупроводникового фотоэлектрического генератора; P_s – плотность потока солнечного излучения, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Электрическая нагрузка определялась исходя из выражения:

$$P_{\text{НГ}} = (I_{\text{ц}} k_i + N(2I_{\text{вент}} + I_{\text{САУ}})) U_{\text{ном}} \quad (7)$$

где $I_{\text{ц}}$ – номинальный ток циркуляционного насоса солнечного коллектора, А; k_i – коэффициент использования циркуляционного насоса солнечного коллектора; N – количество пчелиных ульев; $I_{\text{вент}}$ – номинальный ток приточного и вытяжного вентиляторов, А; $I_{\text{САУ}}$ – номинальный ток системы управления, А; $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение, В.

Мощность электрических потерь в рамках шага моделирования определялась по формуле:

$$P_{\text{потерь}} = (I_{\text{ц}} k_i + N(2I_{\text{вент}} + I_{\text{САУ}}))^2 R_{\text{уд}} l, \quad (8)$$

где $R_{\text{уд}}$ – удельное сопротивление соединительных проводов, $\text{Ом}/\text{м}$; l – длина соединительных проводов, м.

Зависимости показателей эффективности от конструктивных параметров комплекса приведены в уравнениях 1 и 2:

$$\varepsilon = \frac{P_{\text{ВЭС}} + P_{\text{ФЭП}} + P_{\text{СК}}}{P_{\text{ВЭС}} + P_{\text{ФЭП}} + P_{\text{СК}} + P_{\text{потерь}}} \quad (9)$$

где ε – к.п.д. комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев; $P_{\text{ВЭС}}$ – мощность ветроэлектростанции, Вт; $P_{\text{ФЭП}}$ – мощность полупроводникового фотоэлектрического преобразователя, Вт; $P_{\text{СК}}$ – мощность солнечного коллектора, Вт; $P_{\text{потерь}}$ – мощность потерь энергии, Вт.

$$M = \frac{\sum m_i}{N} \quad (10)$$

где M – материалоемкость комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев; m_i – масса i -го элемента комплекса, кг; N – количество пчелиных ульев, шт.

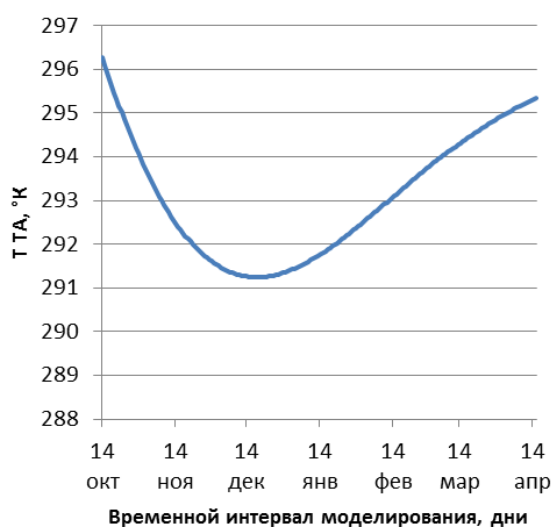
Элемент математической модели, составленный с использованием представленных выше зависимостей, в рамках которого описываются тепловое потребление единичного улья, и энергетические характеристики комплекса представлены на рисунке 4.

№п/п	Теплопотребление				Температура ТА, К	ΔQ ТА, Дж	Q Эл., Вт*ч	Потери эл. энергии, Вт*ч	Мощность ФЭП, Вт	Мощность ВЭС, Вт	Емкость АКБ, А*ч
	Воздухоподача по влаге, м³/ч	Воздухоподача по CO2, м³/ч	Теплопот-ние ульев, Вт	Теплопот-ние, Вт							
1	0,442	0,042	16,831	18,573	280,269	1129814,414	56,400	1,082	13,862	30,472	48,165
2	0,437	0,042	16,639	18,362	280,538	1130890,203	58,800	1,176	24,770	34,976	48,985
3	0,577	0,042	18,328	20,226	280,808	1134331,760	51,600	0,906	37,688	29,904	50,000
4	3,876	0,042	54,645	60,303	281,088	1175727,796	58,320	1,157	48,017	33,098	50,000
5	3,876	0,042	55,029	60,727	281,369	1177786,548	58,320	1,157	53,643	28,836	50,000
6	3,876	0,042	54,645	60,303	281,649	1178713,789	58,320	1,157	54,116	33,098	50,000
7	3,876	0,042	55,029	60,727	281,930	1180777,743	58,320	1,157	54,011	28,836	50,000
8	3,876	0,042	54,645	60,303	282,212	1181710,675	58,320	1,157	46,797	33,098	50,000

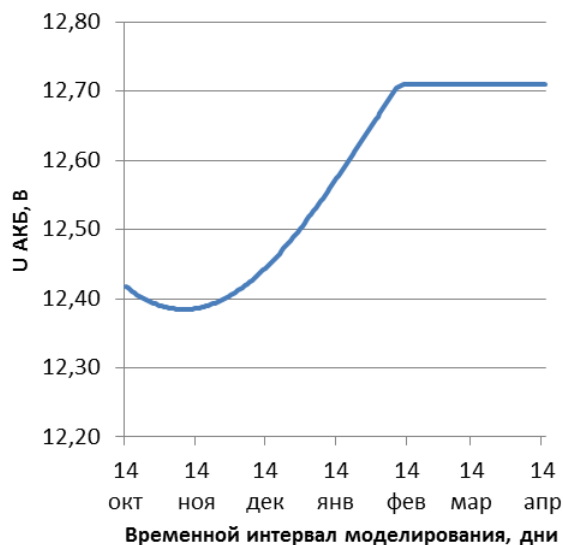
Рисунок 4. Элемент математической модели, описывающий тепловое потребление единичного улья и энергетические характеристики комплекса

На рисунке 5 представлены результаты моделирования работы комплекса для следующих условий: расположение пасеки в республике Марий Эл; площадь ФЭП – 1 м²; ометаемая площадь ВЭС – 4 м²; количество ульев – 1 шт.; емкость АКБ – 50 А*ч; объем бака теплового аккумулятора – 1 м³ (графики изменения: а) температуры теплоносителя теплового аккумулятора; б) напряжения на выводах АКБ; в) мощности

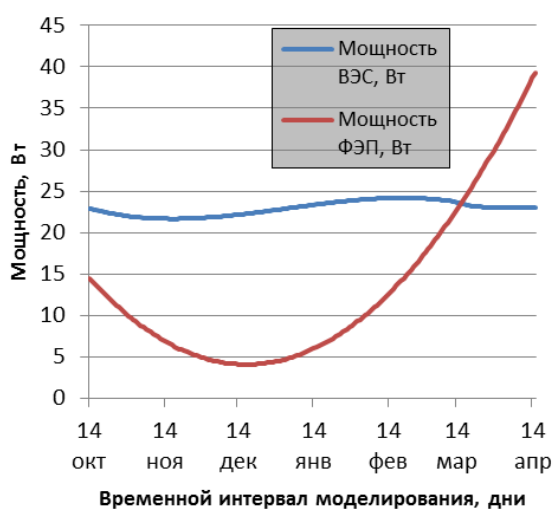
ветроэлектрогенератора и фотоэлектрического преобразователя; г) потребления электрической энергии.



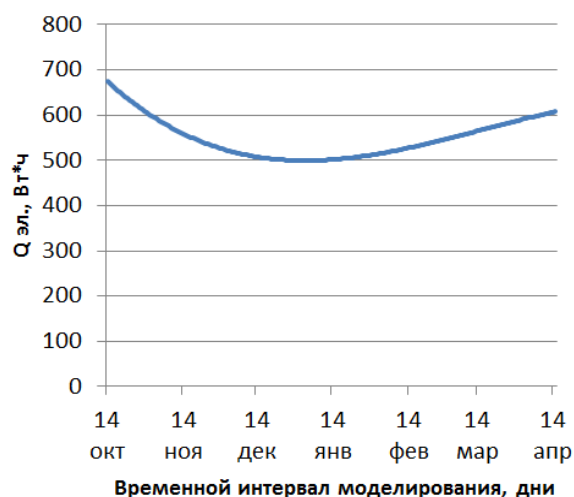
а)



б)



в)



г)

Рисунок 5. Результаты моделирования работы комплекса

Вывод

Разработанная имитационная математическая модель функционирования комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев позволяет определить качественные и количественные закономерности и зависимости, связывающие конструктивные параметры комплекса и показатели эффективности при условии поддержания благоприятных условий для зимнего содержания пчел.

Список литературы

1. Пчеловодство: Учеб. для студ. вузов/ Харченко Н.А., Рындин В.Е. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 141 с.
2. Таран А.А. Автономная солнечная электростанция для передвижных пасек: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Зерноград, 2007. 16 с.
3. Сидыганов Ю.Н., Онучин Е.М., Шамшуров Д.Н., Костромин Д.В., Медяков А.А., Яблонский Р. В. Математическое моделирование процессов автономного энергообеспечения тепличного комплекса на базе местных возобновляемых источников энергии. // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17288379> (дата обращения 5.06.2014)
4. Медяков А.А., Онучин Е.М., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. Математическая модель энергетической системы ТАЛБЭК. // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18115499> (дата обращения 5.06.2014)
5. Воронин Е.А., Зимнов С.С. Математическое описание системы микроклимата как объекта автоматического управления // Научная библиотека elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=11738849> (дата обращения 5.05.2012).
6. Бекман У.А. Расчет системы солнечного теплоснабжения / М.: Энергоатомиздат, 1982. 79 с.
7. Хахалева Л.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Ульяновск, 2008. 6 с.
8. Труды Главной Геофизической Обсерватории, вып. 557. Спб., 2008. 81 с.

References

1. Pchelovodstvo: Ucheb. dlja stud. vuzov/ Harchenko N.A., Ryndin V.E. M.: Izdatel'skij centr «Akademija». 2003. S.141;
2. Taran A.A. Avtonomnaja solnechnaja jelektrostantsija dlja peredviznyh pasek//Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehniceskix nauk. Zernograd. 2007. S.16;
3. Sidyganov Ju.N., Onuchin E.M., Shamshurov D.N., Kostromin D.V., Medjakov A.A., Jablonskij R. V. Matematicheskoe modelirovanie processov avtonomnogo jenergoobespechenija teplichnogo kompleksa na baze mestnyh vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии. // Nauchnaja biblioteka elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17288379> (data obrashhenija 5.06.2014)
4. Medjakov A.A., Onuchin E.M., Kamenskih A.D., Anisimov P.N. Matematicheskaja model' jenergeticheskoj sistemy TALBJeK. // Nauchnaja biblioteka

Nauchnaja biblioteka elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=18115499> (data obrashhenija 5.06.2014)

5. E.A. Voronin, S.S. Zimnov Matematicheskoe opisanie sistemy mikroklimata kak ob#ekta avtomaticheskogo upravlenija// Nauchnaja biblioteka elibrary.ru. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=11738849> (data obrashhenija 5.05.2012).

6. Bekman U.A. Raschet sistemy solnechnogo teplosnabzhenija / M.:Jenergoatomizdat, 1982. S.79;

7. L.V. Hahaleva Netradicionnye i vozobnovljaemye istochniki jenergii. Ul'janovsk, 2008. S.6;

8. Trudy Glavnoj Geofizicheskoy Observatorii, vyp. 557. Sankt-Peterburg, 2008. C. 81;