

УДК: 638.147.7

UDC: 638.147.7

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПАСЕЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ НА БАЗЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕЛИОУСТАНОВКИ

EXPERIMENTAL RESEARCH OF ENERGY SUPPLYING SYSTEM OF APIARY BASED ON COMBINED SOLAR PLANT

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

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

Представлены программа, методика и результаты экспериментальных исследований функционирования комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев

We have presented the program, methodology and the results of the experimental research of the functioning of a complex for climate control of beehives

Ключевые слова: МИКРОКЛИМАТ, ПЧЕЛИНЫЕ УЛЬИ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Keywords: SIMULATION, CLIMATE, BEEHIVES, RENEWABLE ENERGY SOURCES

Введение. Для энергоснабжения лесных пасек предлагается использование автономного комплекса, в состав которого входят несколько типов преобразователей возобновляемой энергии, а также аккумуляторы тепловой и электрической энергии [1]. Структура автономного комплекса на базе комбинированной гелиоустановки представлена на рисунке 1.

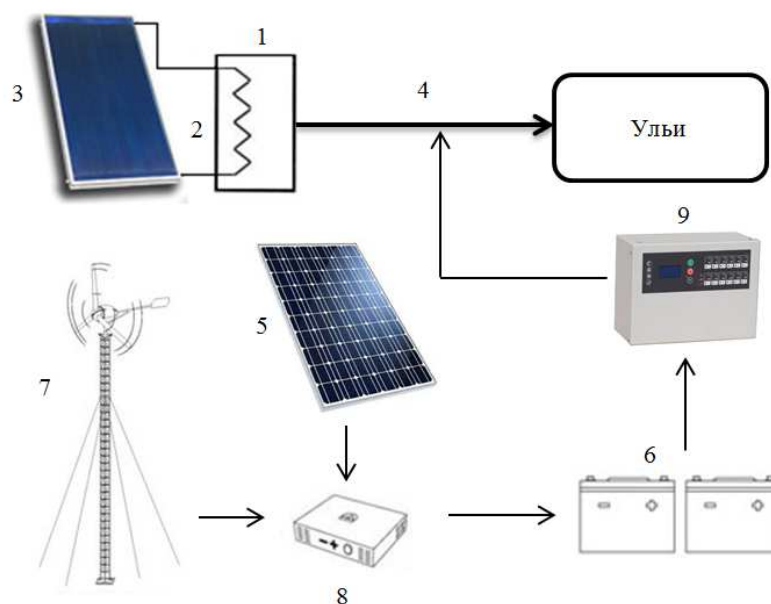


Рисунок 1 – Структура комплекса

Обозначения на рисунке 1: 1 – тепловой аккумулятор (ТА); 2 – теплообменники; 3 – солнечный коллектор (СК); 4 – воздуховоды; 5 – полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП); 6 – аккумуляторные батареи (АКБ); 7 – ветроэлектрогенератор; 8 – контроллер заряда АКБ; 9 – система управления подачей теплоносителя в ульи.

Для подтверждения работоспособности предложенных схемно-конструктивных решений системы энергообеспечения лесных пасек и проверки адекватности разработанной математической модели были проведены экспериментальные исследования функционирования комплекса.

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

Предметом исследований являются закономерности изменения эксплуатационных параметров системы энергообеспечения лесных пасечных хозяйств в течение периода зимовки пчелиных семей.

Цель: проведение экспериментальных исследований функционирования системы энергообеспечения лесных пасек на базе комбинированной гелиоустановки.

Задачи работы:

- разработка методики экспериментальных исследований;
- проведение экспериментальных исследований функционирования системы энергообеспечения лесных пасечных хозяйств;
- анализ результатов экспериментальных исследований.

Условия экспериментальных исследований

Полигонные исследования функционирования комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев проводились в период с ноября по март 2013-2014 г. на базе центра коллективного пользования научным оборудованием «Экология, биотехнологии и процессы получения экологически чистых энергоносителей» Государственного

образовательного учреждения высшего профессионального образования «Поволжский государственный технологический университет».

Описание экспериментального образца. Для проведения полигонных исследований был изготовлен экспериментальный образец автономного комплекса, в состав которого вошли следующие изделия:

- 1) солнечный вакуумный коллектор (площадь апертуры 1 м^2);
- 2) тепловой аккумулятор (объем бака 1 м^3);
- 3) трубопроводы, а также теплообменники для передачи тепловой энергии между солнечным коллектором и тепловым аккумулятором, а также между тепловым аккумулятором и приточным воздухом;
- 4) воздуховоды;
- 5) систему управления подачей теплого воздуха в улей, включающую заслонки воздуховодов с сервоприводами, блок управления, вентиляторы, осуществляющие принудительную подачу воздуха внутрь улья;
- 6) полупроводниковый фотоэлектрический преобразователь (площадь апертуры $1,3 \text{ м}^2$) с контроллером Steca PR2020;
- 7) аккумуляторные батареи (АКБ емкостью $50 \text{ А} \cdot \text{ч}$);
- 8) ветроэлектрогенератор (Ветроэнергетическая установка ВЭУ 500 (ометаемая площадь 4 м^2) с блоком управления БУ 500М-24);

Элементы экспериментальной установки представлены на рисунке 2.

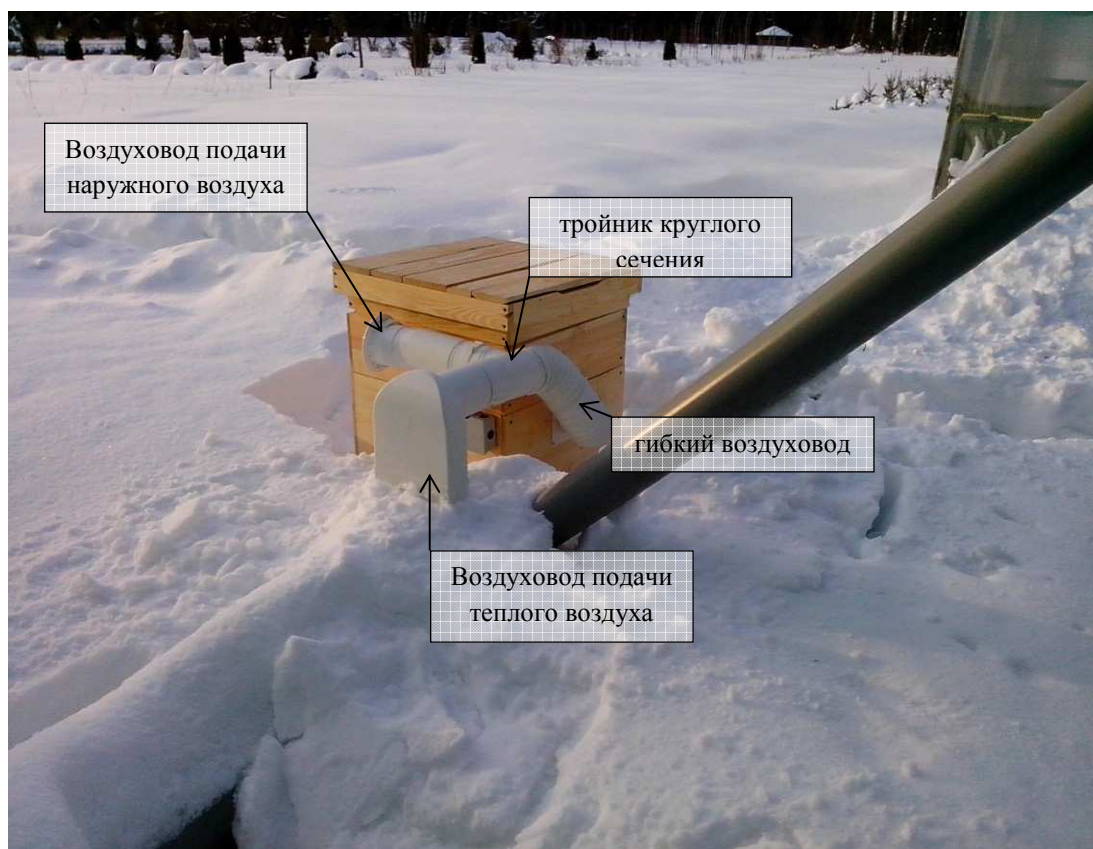
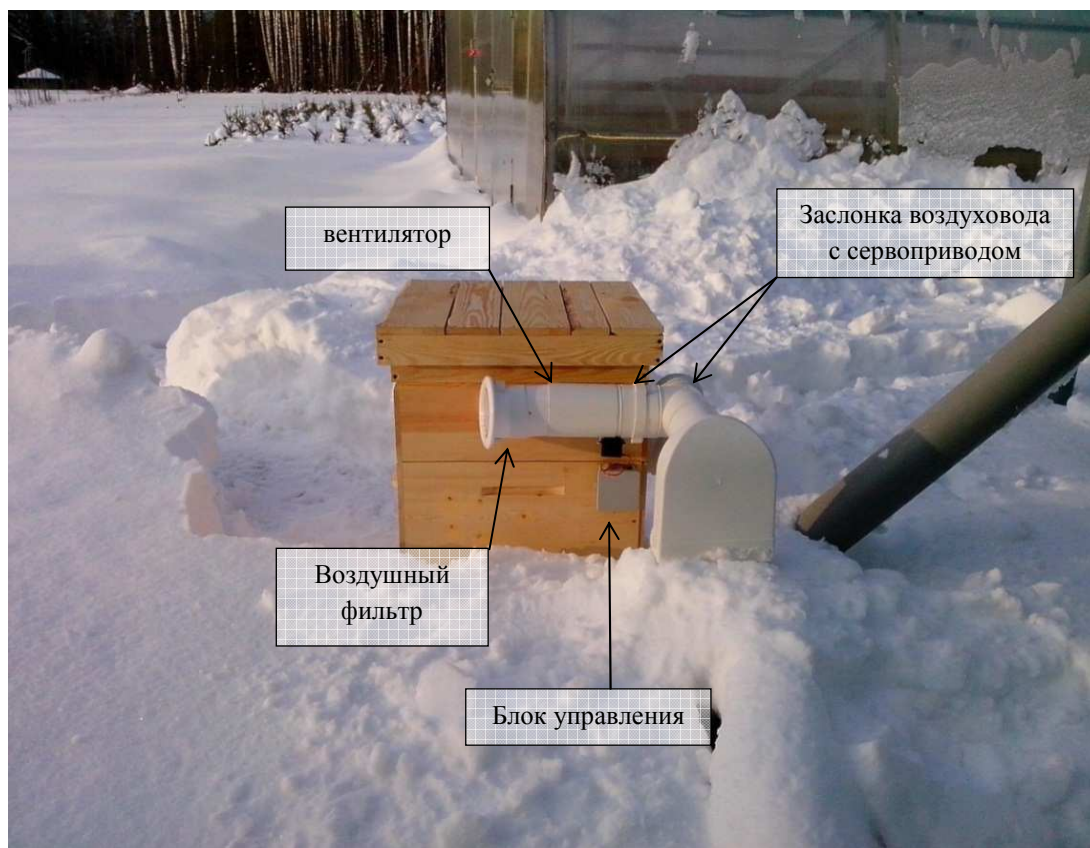


Рисунок 2 - Структура экспериментального комплекса

Описание контрольно-измерительной базы. Для измерения значений параметров использовались различные сенсоры, которые подключались к платформе Arduino Mega 2560, а также датчики, встроенные в контроллер полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей Steca PR2020. Комплекс был оборудован датчиками температуры и влажности, при помощи которых измерялись параметры наружного воздуха и воздуха внутри улья. Внешний вид и технические характеристики датчика температуры и влажности воздуха SHT1х [2] представлены соответственно на рисунке 3, таблице 1.

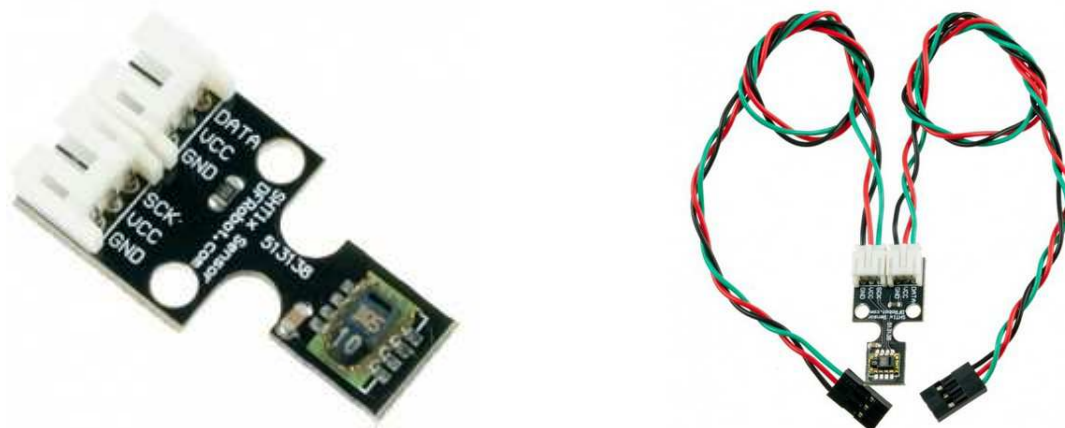


Рисунок 3 – Внешний вид датчика температуры и влажности воздуха

Таблица 1 – Технические характеристики датчика температуры и влажности воздуха

Величина	Значение
Диапазон температур, °С	-40 - 128
Абсолютная погрешность по температуре, °С	0,3
Диапазон влажности, %	0 - 100
Абсолютная погрешность по влажности, %	2
Время реакции, с	Не более 4 с.

Для измерения температуры теплоносителя теплового аккумулятора использовался датчик температуры DS18B20 [3], внешний вид и технические характеристики которого представлены соответственно на рисунке 4, таблице 2.



Рисунок 4 – Внешний вид датчика температуры DS18B20

Таблица 2 – Технические характеристики датчика температуры DS18B20

Величина	Значение
Диапазон температур, °С	-55 - 125
Абсолютная погрешность по температуре, °С	0,5
Время получения данных, с	750 мс при 12-битном разрешении; 94 мс при 9-битном разрешении

Тарировка датчиков SHT1х и DS18B20 проводилась путем сравнения показаний с эталонным термометром на стенде тарировки температурных датчиков.

Для измерения силы выходного тока полупроводникового фотоэлектрического преобразователя и ветроэлектрогенератора использовался сенсор тока ACS758 [4], внешний вид и технические характеристики которого представлены соответственно на рисунке 5, таблице 3.

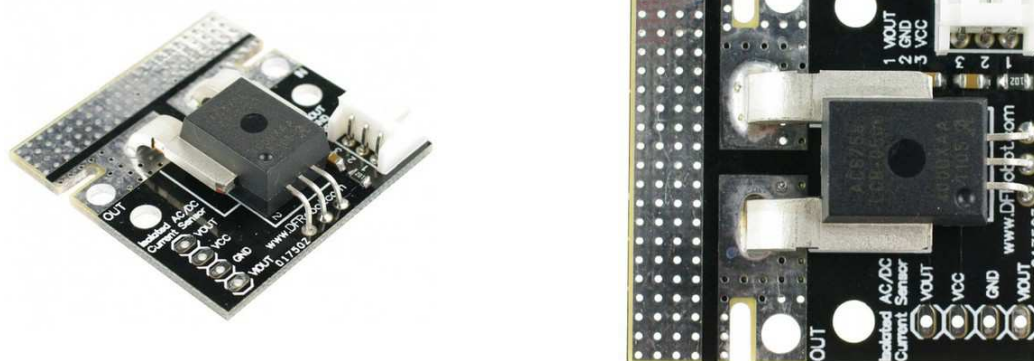


Рисунок 5 – Внешний вид сенсора тока ACS758

Таблица 3 – Технические характеристики сенсора тока ACS758

Величина	Значение
Измеряемый ток: переменный или постоянный, А	До 50
Рабочий диапазон температур, °С	-40°С – 150°С

Кроме того для измерения значений эксплуатационных параметров комплекса использовались датчики встроенные в контроллер фотоэлектрического преобразователя Steca PR2020 [5].

Тарировка датчиков ACS758 и Steca PR2020 проводилась путем непосредственного сличения при помощи образцовых приборов (амперметров, вольтметров, ваттметров класса точности 0,2) и установок для поверки и градуировки электроизмерительных приборов. Условия тарировки датчиков соответствовали требованиям ГОСТ 8.497-83[6].

Программа и методика экспериментальных исследований. Порядок проведения экспериментальных исследований заключался в следующем. На экспериментальном полигоне был установлен улей системы Дадана в условиях, соответствующих зимовке пчелиных семей на открытом воздухе. При этом пчелиная семья была заменена эквивалентным по мощности источником теплоты. Был произведен монтаж воздухопроводов и другого технологического оборудования, относящегося к комплексу, на пчелиный улей. В результате на протяжении всего эксперимента

осуществлялось действие комплекса для контроля микроклимата на среду внутри улья. Длительность проведения опыта соответствовала периоду зимовки пчелиных семей.

В течение полигонных экспериментальных исследований функционирования комплекса на базе комбинированной гелиоустановки регистрировались следующие переменные:

- 1) температура и влажность воздуха снаружи улья;
- 2) температура и влажность воздуха внутри улья;
- 3) температура теплоносителя теплового аккумулятора;
- 4) сила тока в цепи «БУ 500М-24 - АКБ»;
- 5) сила тока в цепи «ФЭП - Steca PR2020»;
- 6) напряжение на АКБ;
- 7) количество энергии, переданное по цепи «Steca PR2020 - нагрузка».

Регистрация исследуемых величин производилась как вручную, путем визуального снятия показателей с дисплея контроллера Steca PR2020, так и автоматически, путем передачи значений измеренных величин с платформы Arduino Mega 2560 на персональный компьютер по беспроводной связи Bluetooth. В рамках проведения экспериментальных исследований была проведена одна серия опытов, что обусловлено результатами пробных экспериментов, а также техническими характеристиками используемых датчиков.

Внешний вид экспериментальной установки на различных этапах исследований представлен на рисунке 6.



ноябрь



январь



февраль



март

Рисунок 6 - Внешний вид экспериментальной установки

Мощность полупроводникового фотоэлектрического преобразователя определялась по формуле:

$$P = UI, \quad (1)$$

где P – мощность электрической энергии постоянного тока, генерируемая полупроводниковым фотоэлектрическим преобразователем, Вт;

I – ток, протекающий в цепи «ФЭП - Steca PR2020», А;

U – напряжение на выводах полупроводникового фотоэлектрического преобразователя, В.

Количество электрической энергии, переданное по цепи «Steca PR2020 - нагрузка» определялось по формуле:

$$W = qU, \quad (2)$$

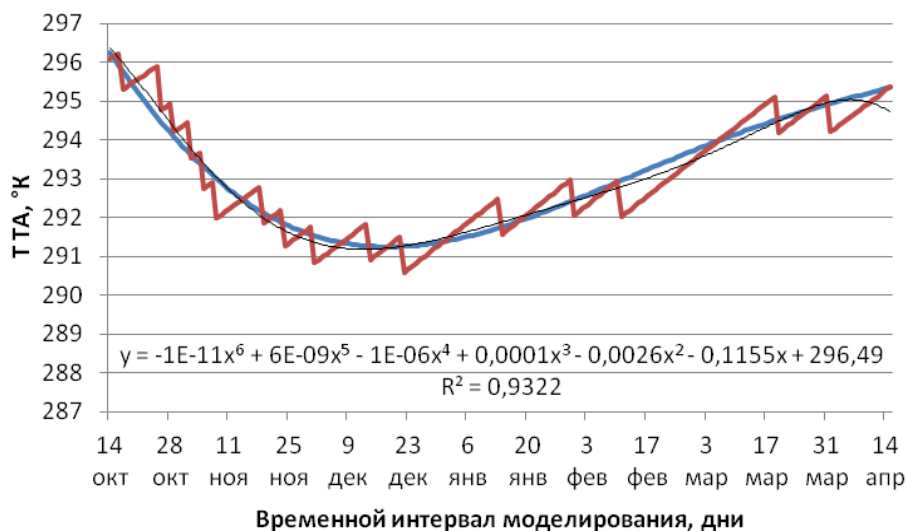
где W - количество электрической энергии, переданное по цепи «Steca PR2020 - нагрузка», Вт*ч;

q – количество А*ч, переданное по цепи «Steca PR2020 - нагрузка», и измеренное путем визуального снятия показателей с дисплея контроллера Steca PR2020, А*ч;

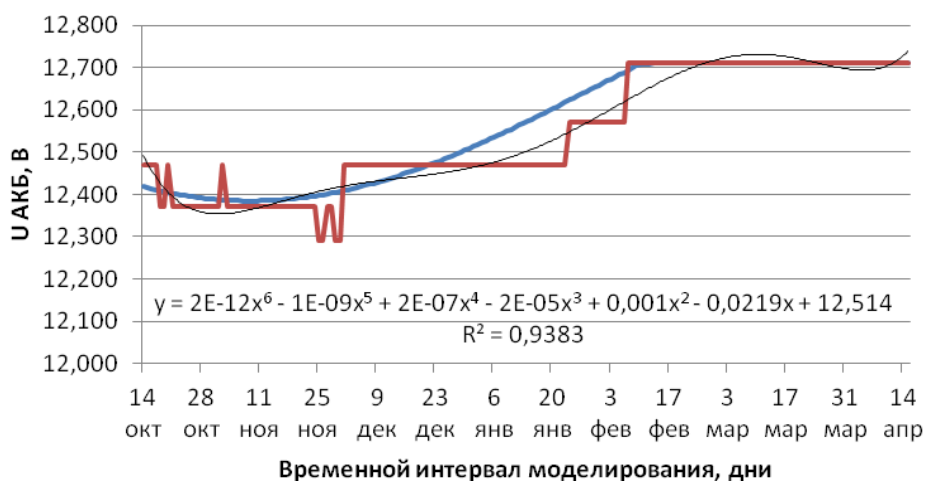
U – номинальное выходное напряжение контроллера Steca PR2020, В.

После выполнения измерений, полученные данные усреднялись по отдельным суткам функционирования комплекса.

Анализ результатов. Результаты экспериментальных исследований функционирования комплекса представлены в виде графиков. На рисунке 7 представлены графики изменения среднесуточных температуры теплоносителя теплового аккумулятора ($T_{ТА}$, °К), напряжения на АКБ ($U_{АКБ}$, В), мощности ФЭП и ВЭС, потребляемой электрической энергии в течение периода экспериментальных исследований ($Q_{эл.}$, Вт*ч).



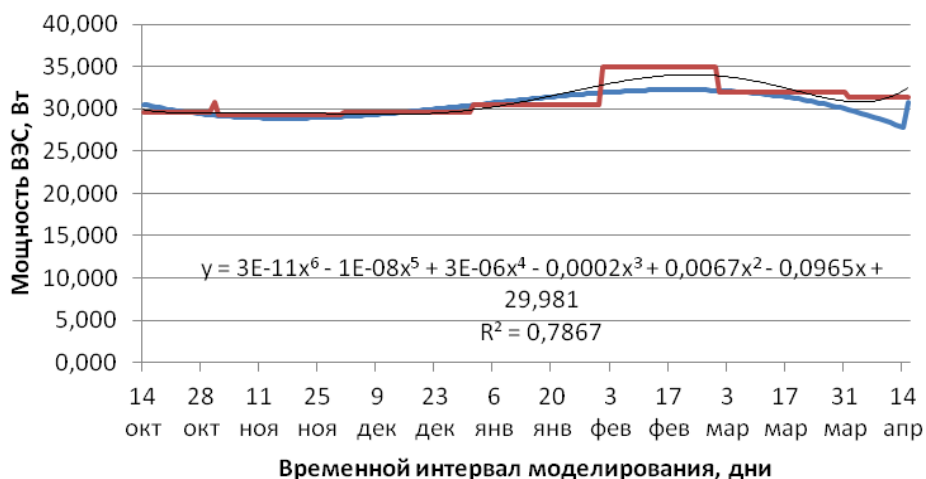
а)



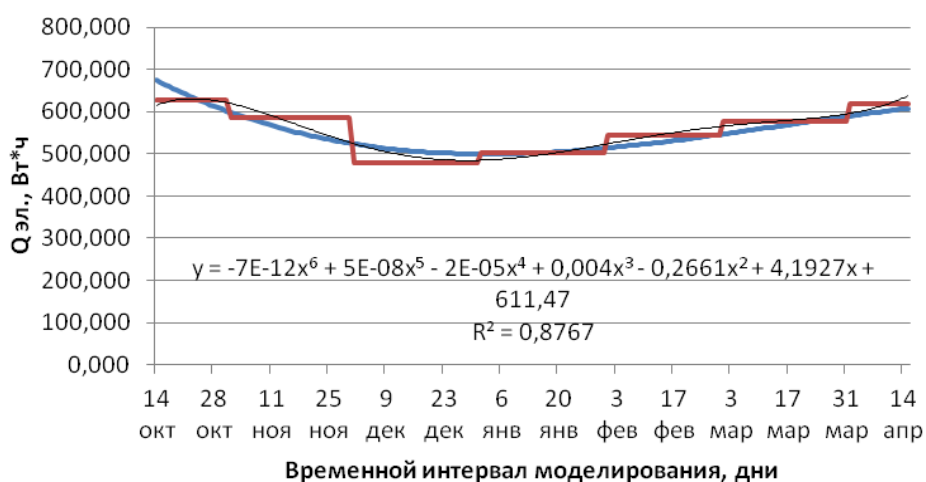
б)



в)



г)



д)

Рисунок 7 – Результаты экспериментальных исследований функционирования комплекса

На графиках красным цветом обозначены результаты экспериментальных исследований, синим – результаты моделирования функционирования комплекса для условий полигонных исследований, черным – линии тренда для экспериментальных данных.

В результате обработки экспериментальных данных были получены следующие зависимости:

–изменение температуры теплоносителя теплового аккумулятора:
 $= -1E-11x^6 + 6E-09x^5 - 1E-06x^4 + 0,0001x^3 - 0,0026x^2 - 0,1155x + 296,49; R^2 = 0,9322$ (величина достоверности аппроксимации);

–изменение напряжения на АКБ:

$$= 2E-12x^6 - 1E-09x^5 + 2E-07x^4 - 2E-05x^3 + 0,001x^2 - 0,0219x + 12,514;$$

$$R^2 = 0,9383 ;$$

–изменение мощности ФЭП:

$$= 3E-11x^6 - 1E-08x^5 + 3E-06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0067x^2 - 0,0965x + 29,981;$$

$$R^2 = 0,7867 ;$$

–изменение мощности ВЭС:

$$= 3E-11x^6 - 1E-08x^5 + 3E-06x^4 - 0,0002x^3 + 0,0067x^2 - 0,0965x + 29,981;$$

$$R^2 = 0,7867 ;$$

–изменение потребляемой электрической энергии:

$$= -7E-12x^6 + 5E-08x^5 - 2E-05x^4 + 0,004x^3 - 0,2661x^2 + 4,1927x + 611,47;$$

$$R^2 = 0,8767 ;$$

Сопоставление результатов теоретических и экспериментальных исследований показало их совпадение в пределах 10% погрешности, что позволяет сделать вывод об адекватности разработанных математических моделей.

Вывод. Сопоставление результатов математического моделирования работы комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев на базе комбинированной гелиоустановки и экспериментальных исследований его функционирования показало их совпадение в пределах 10% погрешности, что позволяет сделать вывод об адекватности разработанных математических моделей.

Библиографический список

1. Е.М. Онучин, А.П. Осташенков Автономный комплекс для контроля микроклимата пчелиных ульев / «Наука, образование и техника: итоги 2013 года»: материалы X Международной научно-практической конференции (Т.2). Донецк. 2013. С. 82.
2. Датчик температуры и влажности SHT1x // Амперка. 2014. URL: <http://amperka.ru/product/temperature-humidity-sensor-sht1x> (дата обращения: 14.09.2014).
3. Герметичный датчик температуры DS18B20 // Амперка. 2014. URL: <http://amperka.ru/product/sealed-temperature-sensor-ds18b20> (дата обращения: 14.09.2014).

4. Сенсор тока ACS758 // Амперка. 2014. URL: <http://amperka.ru/product/current-sensor-ac758> (дата обращения: 14.09.2014).
5. Steca PR2020 // Steca Elektronik. 2014. URL: http://www.steca.com/index.php?PR_10-30_en (дата обращения: 14.09.2014).
6. ГОСТ 8.497-83 Государственная система обеспечения единства измерений. Амперметры, вольтметры, ваттметры, варметры. Методика поверки. URL: <http://vsegost.com/Catalog/50/5016.shtml> (дата обращения: 14.09.2014).

References

1. Е.М. Onuchin, А.Р. Ostashenkov Avtonomnyj kompleks dlja kontrolja mikroklimata pchelinyh ul'ev / «Nauka, obrazovanie i tehnika: itogi 2013 goda»: materialy H Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (T.2). Doneck. 2013. S. 82.
2. Datchik temperatury i vlazhnosti SHT1x // Amperka. 2014. URL: <http://amperka.ru/product/temperature-humidity-sensor-sht1x> (data obrashhenija: 14.09.2014).
3. Germetichnyj datchik temperatury DS18B20 // Amperka. 2014. URL: <http://amperka.ru/product/sealed-temperature-sensor-ds18b20> (data obrashhenija: 14.09.2014).
4. Sensor toka ACS758 // Amperka. 2014. URL: <http://amperka.ru/product/current-sensor-ac758> (data obrashhenija: 14.09.2014).
5. Steca PR2020 // Steca Elektronik. 2014. URL: http://www.steca.com/index.php?PR_10-30_en (data obrashhenija: 14.09.2014).
6. GOST 8.497-83 Gosudarstvennaja sistema obespechenija edinstva izmerenij. Ampermetry, vol'tmetry, vattmetry, varmetry. Metodika poverki. URL: <http://vsegost.com/Catalog/50/5016.shtml> (data obrashhenija: 14.09.2014).