

УДК: 638.147.7

UDC: 638.147.7

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ КОМБИНИРОВАННОЙ С ВЕТРОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОМ ГЕЛИОУСТАНОВКИ

OPTIMIZATION OF TECHNICAL PARAMETERS OF THE COMPLEX BASED ON SOLAR SYSTEM COMBINED WITH WIND GENERATOR

Онучин Евгений Михайлович
к.т.н., доцент

Onuchin Evgeniy Mikhailovich
Cand.Tech.Sci., assistant professor

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

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

В статье представлена методика оптимизации технических параметров комплекса на базе комбинированной с ветроэлектродгенератором гелиоустановки по критериям материалоемкости и коэффициента полезного действия

We have presented a methodology for the optimization of technical parameters of the complex based on a solar system combined with a wind generator according to the criteria of efficiency and consumption of materials

Ключевые слова: ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ, СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ, ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Keywords: OPTIMIZATION, EFFICIENCY, ENERGY SUPPLY SYSTEMS, RENEWABLE ENERGY

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. Структура автономного комплекса на базе комбинированной гелиоустановки представлена на рисунке 1.

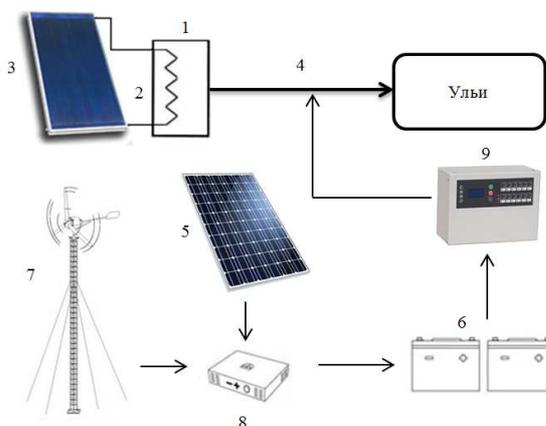


Рисунок 1 – Структура комплекса

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.

Характерной особенностью автономных энергогенерирующих комплексов, использующих потоки возобновляемой энергии, является неуправляемость первичного источника энергии [1, 2, 3]. Это обуславливает применение резервирующих источников энергии, а также аккумуляирования энергии для обеспечения достаточного уровня надежности энергоснабжения, что приводит к усложнению структуры энергогенерирующих комплексов [4]. При этом следует отметить, что технические параметры отдельных элементов автономных комплексов (трансформаторов возобновляемой энергии, аккумуляторов, резервных источников энергии) находятся в противоречии друг с другом [5, 6, 7]. Данное обстоятельство является предпосылкой к поиску оптимальных значений технических параметров отдельных изделий в составе энергогенерирующих комплексов, обеспечивающих их максимальную эффективность.

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

Предметом исследований являются оптимальные соотношения значений технических параметров комплекса на базе комбинированной с ветроэлектрогенератором гелиоустановки, обеспечивающие его максимальную эффективность функционирования.

Цель: разработка алгоритма оптимизации значений технических параметров комплекса для обеспечения оптимального микроклимата пчелиных ульев.

Задачи работы:

–обоснование критериев эффективности и оптимизируемых параметров;

–обоснование целевых функций оптимизации;

–исследование в области номинальных рядов ветряных электростанций (ВЭС), ФЭП, СК, АКБ, ТА;

–разработка алгоритма оптимизации значений технических параметров комплекса.

Общими требованиями к комплексу на базе комбинированной с ветроэлектрогенератором гелиоустановки являются:

1) процесс преобразования, передачи и накопления энергии должен быть максимально эффективным;

2) затраты материальных ресурсов на возведение комплекса должны быть минимальны;

3) комплекс должен обеспечивать надлежащий уровень надежности энергоснабжения потребителей;

Основными требованиями к комплексу на базе комбинированной гелиоустановки являются первые два требования, которые определяют его эффективность функционирования. В отношении целевого назначения комплекса ключевым требованием является обеспечение надлежащего уровня надежности энергоснабжения потребителей. Что в контексте оптимизации параметров комплекса в соответствии с показателями его эффективности, можно рассматривать как наложение ограничений на соотношения технических параметров. Другими словами возможные оптимальные комбинации значений технических параметров комплекса должны обеспечивать надежное энергоснабжение потребителей пасечного хозяйства [8].

Исходя из вышеизложенных утверждений, можно отметить, что оценку эффективности функционирования автономного комплекса перспективно

рассматривать в двух аспектах: в отношении преобразования, передачи и накопления энергии и в отношении удельного расхода материальных ресурсов [9]. В этой связи были выбраны два критерия, характеризующие эффективность для каждого аспекта функционирования комплекса, - коэффициент полезного действия и материалоемкость. При этом в перечень оптимизируемых параметров автономного комплекса на базе комбинированной с ветроэлектродгенератором гелиоустановки входят площадь апертуры ФЭП, ометаемая площадь ВЭС, площадь апертуры СК, емкости электрического и теплового аккумуляторов. Выбор вышеприведенных параметров объясняется их непосредственной связью, как с энергетическими характеристиками комплекса, так и расходом материальных ресурсов.

Максимальная эффективность функционирования комплекса может быть достигнута путем нахождения соотношений технических параметров комплекса, при которых:

$$\eta = \frac{P_{\text{ФЭП}} + P_{\text{СК}}}{P_{\text{ВЭС}}} \rightarrow \max, \quad (11)$$

где η – к.п.д. комплекса на базе комбинированной с ветроэлектродгенератором гелиоустановки; $P_{\text{ВЭС}}$ – мощность ВЭС, Вт; $P_{\text{ФЭП}}$ – мощность ФЭП, Вт; $P_{\text{СК}}$ – мощность СК, Вт; $P_{\text{потери}}$ – мощность потерь энергии, Вт.

$$M = \frac{\sum m_i}{N} \rightarrow \min, \quad (22)$$

где M – материалоемкость комплекса на базе комбинированной с ветроэлектродгенератором гелиоустановки; m_i – масса i -го элемента комплекса, кг; N – количество пчелиных ульев, шт.

Наличие нескольких целевых функций объясняется невозможностью представления в форме единственной зависимости желаемого результата, поскольку обнаруживается противоречие. Повышение качества (к.п.д.) требует повышения установленной мощности оборудования, в то время

как уменьшение материалоемкости удается только в ущерб мощностных показателей комплекса [10].

Для нахождения зависимостей между величинами оптимизируемых параметров и массами отдельных структурных элементов комплекса на базе комбинированной с ветроэлектрогенератором гелиоустановки было проведено исследование в области номинальных рядов серийно выпускаемых ФЭП, ВЭС, СК, аккумуляторов энергии.

Методика исследования в области номинальных рядов отдельных технических изделий в составе комплекса включала следующие этапы:

– сбор информации о серийно выпускаемых на сегодняшний день компонентах комплекса;

– обработка данных о технических параметрах изделий;

– построение искомых зависимостей между массами отдельных изделий, включая вспомогательное оборудование, и их техническими параметрами;

– выявление тенденций изменения масс в зависимости от варьирования значений оптимизируемых параметров.

После обработки исходных данных было проведено построение зависимостей между массами отдельных изделий и их техническими параметрами путем создания точечных диаграмм, где каждой точке соответствовало соотношение массы и значения оптимизируемого параметра для каждого изделия. Затем было произведено выявление тенденций изменения масс в зависимости от варьирования значений оптимизируемых параметров с помощью построения линий трендов. При этом были найдены следующие зависимости, приведенные на рисунке 2.

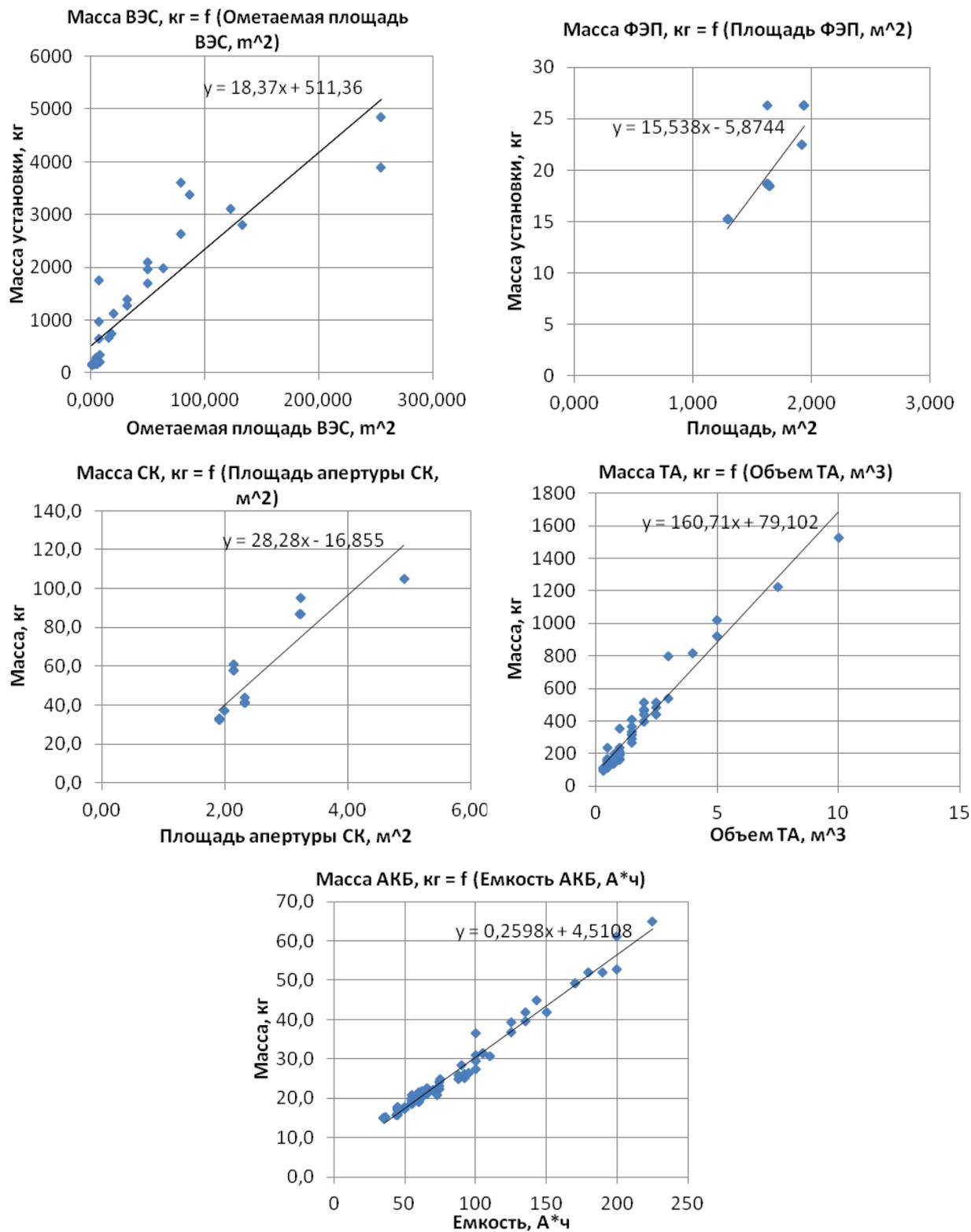


Рисунок 2 – Зависимости масс от значений оптимизируемых параметров номинальных рядов серийно выпускаемых технических средств

Описание процесса оптимизации

При проведении оптимизации были приняты следующие ограничения:

–минимальные значения оптимизируемых параметров определялись исходя из минимальных номинальных значений соответствующих показателей;

–не допускается снижение емкости АКБ ниже рекомендованного производителем значения;

–тепловой поток, поступающий в пчелиные ульи, должен обеспечивать оптимальное для зимовки пчелиных семей значение температуры внутри ульев [11, 12, 13, 14].

Количественное сравнение различных вариантов решения задачи оптимизации технических параметров комплекса осуществлялось в соответствии с целевыми функциями:

$$\eta = f(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow \max \quad (33)$$

$$M = f(x_1, x_2 \dots x_n) \rightarrow \min \quad (44)$$

Поскольку имеется несколько целевых функций, значит, вопрос оптимизации технических параметров комплекса является задачей многокритериальной оптимизации с ограничениями. Существует множество подходов к решению задач многокритериальной оптимизации, например метод уступок, минимального отклонения, аддитивной свёртки и т.д. [15]. Однако в контексте оптимизации показателей сложной системы наиболее перспективным методом является полный перебор возможных соотношений значений оптимизируемых параметров. А затем построение области допустимых альтернатив путем отображения множества решений задачи оптимизации значений параметров комплекса и выделения оптимальных по Парето решений. Последнее подразумевает нахождение множества решений, при котором каждое состояние системы, характеризующееся соответствующими значениями целевых функций, не

может быть улучшено без ухудшения значений какого-либо показателя эффективности.

В общем случае решение задачи оптимизации методом полного перебора подразумевает рассмотрение конечного числа состояний системы с целью выявления оптимальных соотношений значений параметров системы посредством независимого анализа каждого состояния. Следует отметить, что множество всех состояний системы является конечным, поскольку значения оптимизируемых параметров имеют границы изменения. При этом каждое состояние системы проверяется на соответствие ограничивающим условиям.

Методика проведения оптимизации значений технических параметров комплекса на базе комбинированной гелиоустановки подразумевает наличие следующих этапов:

- 1) Задание величин постоянных факторов, минимальных и максимальных значений оптимизируемых параметров, а также величин их элементарных приращений;
- 2) Составление таблицы всех возможных сочетаний значений оптимизируемых параметров;
- 3) Подстановка значений входных факторов в математическую модель функционирования комплекса на базе комбинированной с ветроэлектродвигателем гелиоустановки;
- 4) Моделирование работы комплекса с учетом ограничивающих условий;
- 5) Определение критериев эффективности для данного сочетания значений оптимизируемых параметров и запись их в таблицу выходных данных;
- 6) Изменение значений входных факторов математической модели в соответствии со следующим сочетанием значений оптимизируемых параметров;

7) Повторение этапов 2-6 для всех строк таблицы возможных сочетаний значений оптимизируемых параметров;

8) Построение области допустимых альтернатив путем отображения множества решений задачи оптимизации значений параметров комплекса;

9) Выделение оптимальных по Парето решений.

В качестве примера результатов оптимизации значений технических параметров комплекса на базе комбинированной гелиоустановки было проведено исследование функционирования комплекса для следующих условий:

- 1) расположение пасеки в республике Марий Эл;
- 2) количество ульев – 18 шт.;
- 3) суммарная площадь полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей варьировалась от 1,297 до 3 м²;
- 4) площадь солнечных коллекторов варьировалась от 1,91 до 6 м²;
- 5) ометаемая площадь ВЭС варьировалась от 0,785 до 10 м²;
- 6) емкость АКБ варьировалась от 35 до 40 А*ч;
- 7) объем бака теплового аккумулятора варьировался от 0,3 до 1 м³.

С помощью соответствующего программного модуля был произведен расчет значений критериев эффективности функционирования комплекса для каждого сочетания оптимизируемых параметров. Пример графического представления результатов оптимизации представлен на рисунке 3.

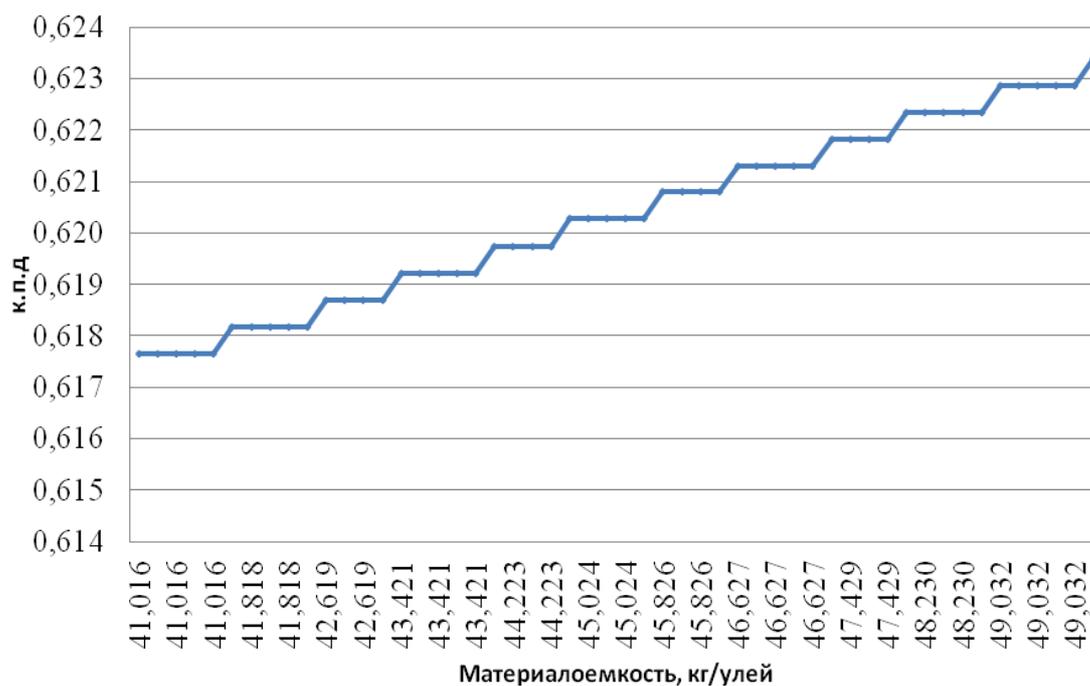


Рисунок 3 – Множество оптимальных по Парето значений целевых функций

Вывод

Оптимизация значений технических параметров комплекса для контроля микроклимата пчелиных ульев позволяет подобрать оптимальное соотношение величин технических параметров в соответствии с целевыми функциями оптимизации. Полученные оптимальные соотношения являются основой для принятия окончательного выбора решения инженером, проектирующим комплекс для обеспечения оптимального микроклимата пчелиных ульев конкретного пасечного хозяйства.

Библиографический список

1. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: методология, ресурсы, технологии / Безруких П.П., Стребков Д.С. М.: ГНУ ВИЭСХ. 2005. 264 с.
2. Саплин Л.А. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников / Л.А. Саплин, С.К. Шерьязов, О.С. Пташкина-Гирина, Ю.П. Ильин. Челябинск, 2000. 194 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: elibrary.ru/item.asp?id=17288379.

4. Онучин Е.М., Осташенков А.П. Автономный комплекс для контроля микроклимата пчелиных ульев / Научный журнал "Аспект" №24 (Т.2). 2013. С.82.
5. Медяков А.А., Онучин Е.М., Каменских А.Д., Анисимов П.Н. Математическая модель энергетической системы ТАЛБЭК // Научная библиотека Научная библиотека elibrary.ru. URL: [elibrary.ru. URL: elibrary.ru/item.asp?id=18115499](http://elibrary.ru/item.asp?id=18115499).
6. Коноплев П.В. Автономная система электроснабжения для пасечного хозяйства / диссертация к.т.н. 05.20.02. 149 с.
7. Воронин С.М. Проблемы применения возобновляемых источников энергии в сельском хозяйстве / С.М. Воронин/ Материалы науч. конф. АЧГАА. Зерноград. 1999. С. 84-86.
8. Осташенков А.П., Онучин Е.М. Теплоснабжение зимовников пасечных хозяйств на базе каталитических устройств сжигания биогенных топлив // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ. 2013. №05(089). С. 1243.
9. Критерии эффективности технико-технологических систем на базе каталитических устройств сжигания биогенных жидких и газообразных топлив для теплоснабжения различных производственных объектов лесного и агропромышленного комплексов / Е.М. Онучин, А.А. Медяков, П.Н. Анисимов и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). Краснодар: КубГАУ. 2013. №08(092). С. 463.
10. Воронин С.М. Формирование автономных систем электроснабжения сельскохозяйственных объектов на основе возобновляемых источников энергии: дис. доктора техн. наук: 05.20.02. Зерноград, 2009. С. 175.
11. Радченко В.Г., Песенко Ю.А. Биология пчел (HYMENOPTERA, APOIDEA) / под ред. Медведева Г.С. Санкт-Петербург. 2004. С. 201.
12. Фриш К. Из жизни пчел. / пер. с немецкого Т.И. Губиной. Изд-во "Мир". М. 1980. 108 с.
13. Еськов Е.К. Поведение медоносных пчел. М.: Колос. 1981. 106 с.
14. Еськов Е.К. Управление процессами жизнедеятельности медоносных пчел и их оптимизация / Всесоюзная академия сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина. М. 1990. 320 с.
15. Леоненков А.В. Решение задач оптимизации в среде MS Excel. СПб.: БХВ-Петербург. 2005. С. 46.

References

1. Bezrukih P.P. Vozobnovljaemaja jenergetika: metodologija, resursy, tehnologii. / Bezrukih P.P., Strebkov D.S. M.: GNU VIJeSH. 2005. 264 s.
2. Saplin L.A. Jenergosnabzhenie sel'skohozjajstvennyh potrebitelej s ispol'zovaniem vozobnovljaemyh istochnikov / L.A. Saplin, S.K. Sher'jazov, O.S. Ptashkina-Girina, Ju.P. P'in. Cheljabinsk, 2000. 194 s.
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: [elibrary.ru. URL: elibrary.ru/item.asp?id=17288379](http://elibrary.ru/item.asp?id=17288379).
4. Onuchin E.M., Ostashenkov A.P. Avtonomnyj kompleks dlja kontrolja mikroklimate pchelinyh ul'ev / Nauchnyj zhurnal "Aspekt" №24 (Т.2). 2013. S.82.

5. Medjakov A.A., Onuchin E.M., Kamenskih A.D., Anisimov P.N. Matematicheskaja model' jenergeticheskoy sistemy TALBJeK // Nauchnaja biblioteka Nauchnaja biblioteka elibrary.ru. URL: elibrary.ru/item.asp?id=18115499.
6. Konoplev P.V. Avtonomnaja sistema jelektrosnabzhenija dlja pasechnogo hozjajstva / dissertacija k.t.n. 05.20.02. 149 s.
7. Voronin S.M. Problemy primenenija vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии v sel'skom hozjajstve / S.M. Voronin/ Materialy nauch. konf. AChGAA. Zernograd. 1999. S. 84-86.
8. Ostashenkov A.P., Onuchin E.M. Teplosnabzhenie zimovnikov pasechnyh hozjajstv na baze kataliticheskikh ustrojstv szhiganiya biogennyh topliv // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). Krasnodar: KubGAU. 2013. №05(089). S. 1243.
9. Kriterii jeffektivnosti tehniko-tehnologicheskikh sistem na baze kataliticheskikh ustrojstv szhiganiya biogennyh zhidkih i gazoobraznyh topliv dlja teplosnabzhenija razlichnyh proizvodstvennyh ob#ektov lesnogo i agropromyshlennogo kompleksov / E.M. Onuchin, A.A. Medjakov, P.N. Anisimov i dr. // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU). Krasnodar: KubGAU. 2013. №08(092). S. 463.
10. Voronin S.M. Formirovanie avtonomnyh sistem jelektrosnabzhenija sel'skohozjajstvennyh ob#ektov na osnove vozobnovljaemyh istochnikov jenerгии: dis. doktora tehn. nauk: 05.20.02. Zernograd, 2009. S. 175.
11. Radchenko V.G., Pesenko Ju.A. Biologija pchel (HYMENOPTERA, APOIDEA) / pod red. Medvedeva G.S. Sankt-Peterburg. 2004. S. 201.
12. Frish K. Iz zhizni pchel. / per. s nemeckogo T.I. Gubinoj. Izd-vo "Mir". M. 1980. 108 s.
13. Es'kov E.K. Povedenie medonosnyh pchel. M.: Kolos. 1981. 106 s.
14. Es'kov E.K. Upravlenie processami zhiznedateljnosti medonosnyh pchel i ih optimizacija / Vsesojuznaja akademija sel'skohozjajstvennyh nauk imeni V.I. Lenina. M. 1990. 320 s.
15. Leonenkov A.V. Reshenie zadach optimizacii v srede MS Excel. SPb.: BHV-Peterburg. 2005. C. 46.