

Отзыв
официального оппонента
о диссертационной работе Бабаева Б.Д.

«Разработка и исследование энергосистем на основе возобновляемых источников с фазопереходным аккумулированием тепла», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы.

Актуальность темы диссертации.

Как известно, в последние десять лет особенно ускоренными темпами развивается ветроэнергетика, среднегодовой прирост установленной мощности которой составляет порядка 16 %, а также фотоэнергетика (порядка 50% к предыдущему году) и биоэнергетика (10 % к предыдущему году).

В связи со стохастическим характером поступления солнечной и ветровой энергии, а также энергии малых рек уже многие десятилетия актуальной является проблема аккумулирования электрической и тепловой энергии. Особую актуальность проблема аккумулирования приобретает в системе электро и теплоснабжения автономных потребителей, не связанных с сетью общего пользования. Аккумулирование энергии позволяет существенно увеличить надежность энергоснабжения, оптимизировать при этом мощность и стоимость энергоустановок.

Одним из перспективных и не до конца разработанных способов аккумулирования тепловой энергии является аккумулирование с использованием скрытой теплоты фазового перехода «твердое тело – жидкость» неорганических и органических соединений, а также эвтектических составов.

Поэтому создание новых систем аккумулирования, равно как и методов их расчета и оптимизации является актуальной научно-технической задачей.

Научная новизна данной работы состоит в следующем:

- экспериментально и теоретически исследованы трех – четырех и пяти компонентные эвтектические составы и показана перспективность их

применения в качестве фазопереходного теплоаккумулирующего материала;

- научно обоснованы и разработаны алгоритм, блок-схема и программа для выявления химического и термохимического взаимодействия в многокомпонентных составах в зависимости от температуры;
- исследованы термохимические реакции при двух температурах ($T = 298,15$ и $T = 500$ К) протекающих в многокомпонентных составах и выбраны наиболее энергоемкие из них для аккумуляирования тепловой энергии;
- предложены оригинальные схемы и конструкции энергоустановок с использованием возобновляемых источников энергии и фазопереходных тепловых аккумуляторов;
- научно обоснованы и разработаны методика, алгоритм и программно-вычислительный комплекс многокритериальной оптимизации энергоснабжения потребителей на базе возобновляемых источников энергии и фазопереходных тепловых аккумуляторов с учетом особенностей района размещения.

Практическая ценность работы

- Определены составы эвтектик с различными компонентами: фториды, хлориды, нитраты, молибдаты, сульфаты, щелочные и щелочноземельные металлы, которые могут быть использованы в качестве теплоаккумулирующих фазопереходных материалов;
- разработана программа описания термохимического взаимодействия, позволяющая при уменьшении трудоемкости исследований: выявить химические взаимодействия, получить зависимость химических реакций от температуры; определить температуру, при которой тепловой эффект приобретает максимальное значение;
- предложенные методики, алгоритм и ПВК оптимизации схем энергоснабжения по нескольким критериям могут использоваться при

- проектировании систем энергоснабжения автономных потребителей на основе местных видов топлива и возобновляемых источников энергии;
- разработан несколько конструкций энергоустановок на базе ВИЭ и фазопереходных тепловых аккумуляторов, которые внедрены в практику и предложены конструктивные элементы других установок, перспективных для практического применения.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием в работе общепринятых в науке методов исследования: математического моделирования, сходимостью расчетных и экспериментальных данных, 11 патентами РФ, 2 патентами на полезную модель, 7 свидетельствами о гос. регистрации программ для ЭВМ, а также совпадением результатов исследований, проведенных другими учеными, независимо от автора, апробацией результатов работы на многих конференциях и форумах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой главе, общих выводов и рекомендаций, списка литературы из 371 наименования и 6 приложений.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы задачи исследования, указана научная новизна и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, личный вклад соискателя и апробация работы.

В первой главе

Приведены данные о развитии возобновляемой энергетики мира и России в целом и отдельных ее направлений, оценены ресурсы ВИЭ, в том числе в Республики Дагестан, рассмотрены особенности генерации электрической энергии различными видами ВИЭ, проведена классификация теплоаккумулирующих материалов.

Заслуживает особого внимания квалифицированная оценка сравнительных характеристик различных типов аккумуляторов тепла и

перспективных направлений новых разработок для аккумулирования тепловой энергии.

Выводы по главе адекватно отражают ее содержание.

Во второй главе дано описание методологического и инструментального обеспечения исследований, свидетельствующее о глубоком профессионализме диссертанта в этом вопросе. Приведены результаты исследования тройных, четверных и пятерных составов (систем), с входящими в набор компонентами: Li, Na, Ba/F, MO_4 .

При этом для каждого состава определены доли компонентов в весовых и объемных единицах, температура плавления и скрытая удельная теплота плавления. В итоговую таблицу вошли 19 вариантов эвтектик. Для проведения экспериментов разработаны алгоритм, методики, программа выявления термохимических реакций в многокомпонентных системах в зависимости от температуры. Проведен сравнительный анализ характеристик тридцати одной исследованных систем и эффективности их использования в аккумуляторе тепла.

В результате экспериментально определено, что эвтектические составы солевых многокомпонентных расплавов обладают высокими удельными значениями энтальпий плавления (от 189 до 782 кДж/кг) и могут быть использованы в качестве фазопереходных теплоаккумулирующих материалов в системах теплоснабжения.

В третьей главе дано описание разработанных и запатентованных соискателем схем и конструктивных элементов энергоустановок на базе ВИЭ с использованием фазопереходных материалов: гелиосушилки, устройства для преобразования солнечной энергии в высокопотенциальную энергию водяного пара, стеновой панели здания, солнечного коллектора, гелиоустройства для проведения химических реакций, конструкции теплового аккумулятора с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом.

В четвертой главе предложена методика расчета и режимная характеристика нагрузки потребителя на основе нормативов расхода тепловой и электрической энергии; предложен матричный метод формирования вариантов энергоснабжения для их сравнения; выявлены критерии и принципы оптимизации систем энергоснабжения, разработаны алгоритм, блок-схема и программно - вычислительный комплекс оптимизации комбинированной системы энергоснабжения с использованием ВИЭ и тепловых и электрических аккумуляторов.

На примере среднего села в горном районе Республики Дагестан проведена апробация выбора оптимальной системы энергоснабжения.

Результаты диссертационной работы обобщены в выводах по каждой главе и в общих выводах и рекомендациях.

Выводы с достаточной полнотой раскрывают сущность диссертационной работы. По теме диссертации опубликовано **150** печатных работ, в том числе 39 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Получены: 12 патентов РФ, 2 патента на полезную модель, 7 свидетельств гос. регистрации программ для ЭВМ.

Основные замечания по диссертационной работе.

1. Стр.37. Формула 1.20. Не ясен смысл формулы: в левой и правой части один и тот же показатель $N_{уст}^{ЭВИЭ}$.
2. Стр.54. Из формулы 1.24. исчезла левая часть.
3. Стр.65. Приведены значения КПД простых термохимических преобразований (50–60 %) и простых фотохимических преобразований (20–30 %) со ссылкой на [166]. Это данные 1986 года. Какова ситуация сейчас?
4. В диссертации не рассматривается вопрос количества циклов заряд – разряд теплового аккумулятора. Что можно сказать по данному вопросу.
5. Стр. 127. п.2.4. алгоритма «теплота образования». Что имеется в виду?

6. Стр. 146. При проверке адекватности выявленных реакций приводится ссылка на [49], [204] и [291]. Первая из них – кандидатская диссертация автора, вторая кандидатская диссертация другого автора и [291] – книга Самарского университета. Возникает вопрос: ссылка на экспериментальные данные или также расчетные?
7. Стр.169. Устройство для преобразования солнечной энергии в высокопотенциальную энергию пара не содержит никаких параметров. Просто картинка. Такой материал в диссертацию помещать не следует.
8. Стр. 170. Стеновая панель с фазопереходным теплоаккумулирующим материалом. Идея очень интересная. Следовало бы дать хотя бы приблизительную экономическую оценку.
9. Стр. 183. Схема системы солнечного энергоснабжения на базе раствора аммиака в воде. Также необходимо дать хотя бы предварительную экономическую оценку с учетом того, что у турбинки КПД будет весьма низким. Необходимо также провести энергетический баланс. Источник то один – солнечные коллекторы, а потребителей электроэнергии масса.
10. Стр.188. Гелиоустановка для проведения химических реакций. Попытка «приспособить» эту установку для теплоснабжения вызывает сомнения, т.к. теплоснабжение – процесс непрерывный, а проведение химических реакций процесс прерывистый. Кроме того предложение представлено на уровне идеи и не сопровождается никакими техническими данными.
11. Стр. 192. Утверждается, что предложенная новая конструкция теплового аккумулятора «отличается от известных высокой эффективностью аккумуляирования тепла и теплообмена с теплоносителем системы». Соответствующих расчетов не представлено.

12. Стр.193. Вывод 3.2. Написано «все разработанные энергетические системы». Вряд ли стоит называть гелиосушку, гелиоколлектор ит.п. устройства «энергетическими системами».

13. Стр. 197. Для определения годового потребления энергии населенного пункта, содержащего nd объектов N_{iD} со средней потребляемой мощностью предложена формула 4.8. $E_z = 365 \cdot N_{iD} \cdot nd$ кВт · ч/год. Во-первых, очевидно 365 – это число дней в году, а число часов в году, равно 8760. Во-вторых, если взята средняя мощность объекта, то почему для определения потребляемой мощности населенного пункта она умножается на количество объектов, а не суммируется? Корректный вид формулы должен иметь вид.

$$E_z = T \cdot \sum_{i=1}^{i=nd} N_{iD}, \text{ где } T = 8760 \text{ ч.},$$

Следует также иметь в виду, что для построения энергосистемы автономного объекта нужно определять как потребляемую энергию, так и максимальную мощность. И если потребляемая энергия населенного пункта может быть определена как сумма потребляемой энергии по средней потребляемой мощности объектов, то максимальная потребляемая мощность должна определяться по максимальным мощностям объектов с учетом коэффициента спроса.

14. Стр.216. Рассмотрены известные способы энергоснабжения автономного потребителя, в том числе солнечные электростанции с термодинамическим циклом (СЭС). Для электроснабжения автономных потребителей использование таких электростанций вряд ли целесообразно. Между тем, в перечисленных способах энергоснабжения отсутствуют тепловые насосы, использование которых для теплоснабжения не вызывает сомнений. Почему они не стали объектом исследования?

15. Стр.217. Изложены общие соображения по выбору емкости теплового аккумулятора (АТ), но отсутствуют какие-либо конкретные соотношения: как определяется емкость теплового аккумулятора. А это принципиальный вопрос выбора конфигурации системы энергоснабжения. Причем в каждой конкретной системе энергоснабжения для выбора АТ возникают разные определяющие критерии.
16. Стр.223. Таблица 4.6. Озаглавлена. Месячные и годовые характеристики жидкостной системы солнечного горячего водо – и теплоснабжения в населенном пункте горной зоны в **зависимости от площади СК**. Но площадь СК ($F, \text{м}^2$) в таблице постоянна, а в таблице наблюдается зависимость от температуры окружающего воздуха по месяцам года, нуждающаяся в объяснении. Как объяснить, что отпущенная тепловая энергия одинакова по месяцам январь, февраль, март, ноябрь и декабрь и равна 1629590,4 МДж, а по месяцам апрель, май, июнь, июль, август, сентябрь, октябрь одинакова и равна 69206,4 МДж?
17. Стр.232. Написано «ПВК построен так, чтобы обеспечить выработку энергии больше, чем потребитель в ней нуждается на 5 ГДж, но никак не меньше». Чем это вызвано?
18. Стр.250. Табл. 4.8. Представлены пять вариантов систем энергоснабжения потребителя и выбран вариант II с помощью программы «Optimum». По этому варианту представлены схемы на рис.4.11 (стр.256) и рис.4.13 (стр.258). Схема рис. 4.11. выполнена на постоянном токе, реализация которой невозможна без фактического расположения генерирующих источников и потребителей. При этом рецензенту не известны гидрогенераторы малых ГЭС на постоянном токе. Схема на рис. 4.13 хотя и называется блок-схемой, но в одних и тех же блоках вода помещается вместе с электричеством. Такое представление систем неприемлемо.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, научной и практической значимости ее результатов. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации.

Представленная диссертация является завершенной квалификационной работой, по своей актуальности, научной новизне и прикладному значению, отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г.), предъявленным к докторским диссертациям и требованиям к специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы», а ее автор Бабаев Баба Джабраилович достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

Безруких Павел Павлович
16.05.2016 г.

Подпись Безруких П.П.
заверяю,
Первый заместитель
Генерального директора,
научный руководитель ОАО «ЭНИН»
д.т.н., профессор



/Д. И. Панфилов/

Сведения об оппоненте:

Безруких Павел Павлович

почтовый адрес: 119071, Москва, Ленинский проспект, 19.

тел. 8(495) 770-34-16, эл. п. bezruky@yandex.ru,

Открытое акционерное общество «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского» (ОАО «ЭНИН»).

Зав. отделением новых технологий и нетрадиционной энергетики.