

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента доктора технических наук, профессора Стенникова Валерия Алексеевича на диссертационную работу Слесаренко Ильи Вячеславовича «Совершенствование систем теплоснабжения с солнечными водонагревательными установками (на примере Дальневосточного региона)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

### **1. Структура и объём диссертационной работы**

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы. Общий объём работы составляет 201 страницу машинописного текста и включает в себя 156 страниц основного текста диссертации, в том числе 64 рисунка, 19 таблиц, список литературы из 170 наименований и 45 страниц приложений.

Автореферат в необходимом объеме отражает содержание диссертационной работы.

### **2. Актуальность темы диссертационной работы**

Ограниченность запасов традиционных топливно–энергетических ресурсов, таких как жидкое, твердое, газообразное топливо, постоянный рост их стоимости, а также негативное воздействие продуктов сгорания топлива на окружающую среду, активно способствуют более широкому использованию возобновляемых видов энергии, таких как солнечная, ветровая, тепло грунта, биогаз и другие.

Важнейшей проблемой применения солнечной энергии, требующей своего решения, является ее стохастический характер. Устранение неравномерности работы солнечных водонагревательных установок сделает возможным организацию бесперебойного функционирования систем теплоснабжения при использовании солнечной энергии для горячего водоснабжения и отопления. Обеспечение стабильности работы систем теплоснабжения с солнечными водонагревательными установками и большим

потенциалом гелиоэнергетических ресурсов, безусловно, является актуальной темой диссертационной работы Слесаренко И.В. «Совершенствование систем теплоснабжения с солнечными водонагревательными установками (на примере Дальневосточного региона)».

Основные научные положения, сформулированные в рамках диссертационной работы Слесаренко И.В. и выносимые на защиту, логичны, обоснованы содержательными исследованиями, численным моделированием, математическими выражениями и подтверждены содержанием работы. Они включают решение ряда важных научно-практических задач:

- определение основных направлений использования гелиоустановок при конструировании систем теплоснабжения для социальных и промышленных объектов с учетом климатических особенностей Дальневосточного региона;

- оценку современных тенденций развития систем солнечного теплоснабжения и обоснование технико-экономических преимуществ использования солнечной энергии, теплоты из низкотемпературных источников и систем длительного аккумулирования тепловой энергии для ГВС и отопления;

- формирование структуры солнечной системы теплоснабжения, обоснование основных принципов создания комбинированных гелиоустановок при обеспечении значительной заводской готовности узлов солнечных водонагревательных установок, сокращения сроков их монтажа и снижения капитальных затрат;

- поверочные расчеты и испытания солнечных коллекторов различного типа, определение их показателей в режимах тепловой генерации;

- экспериментальные и теоретические исследования по оптимизации технологической схемы СВНУ, определению диапазонов основных технических характеристик солнечных коллекторов, позволившие с достаточной достоверностью осуществлять перенос результатов гидравлических и тепловых расчетов гелиосистем на натурные объекты;

- апробацию автоматизированной системы управления технологическим процессом экспериментальной гелиоустановки при включении реверсивного

теплового насоса и аккумуляторов теплоты в структуру системы теплоснабжения.

Перечисленные выше задачи решены посредством разработки нового подхода к технологическому формированию структуры комбинированной солнечной водонагревательной установки с использованием комплексной энергетической характеристики солнечных коллекторов, позволяющей выполнять оценку эффективности применения солнечных коллекторов различных типов в системах теплоснабжения. Предложенный оригинальный методический подход опирается на новейшие мировые разработки в области солнечных водонагревательных установок. Научные результаты исследований Слесаренко И.В. представляются обоснованными, убедительными и вносят существенный вклад в теорию и практику совершенствования систем теплоснабжения с солнечными водонагревательными установками.

### **3. Научная новизна исследований и полученных результатов**

Наиболее значимыми результатами диссертационного исследования Слесаренко И.В., обладающими научной новизной, являются следующие разработки:

- полученные зависимости плотности теплового потока суммарной солнечной радиации от характера облачности и расчетного месторасположения объектов на примере Приморского края, угла наклона коллектора по отношению к солнцу;

- предложенный обобщающий показатель, представляющий комплексную энергетическую характеристику солнечного коллектора, позволяющий проводить оценку эффективности применения солнечных коллекторов различных типов при создании солнечных систем теплоснабжения;

- исследованы основные свойства комбинированной системы теплоснабжения, для их расчета и оптимизации предложены методические и математические реализации, с помощью которых разработаны рекомендации

по улучшению технологических характеристик и повышению эффективности управления функционированием теплоснабжающего комплекса;

- интеграция в едином комплексе солнечной водонагревательной установки, теплового насоса, тепловых аккумуляторов, автоматизированной системы управления технологическим оборудованием, представляющая оригинальное технологическое решение, способствует расширению области применения гелиоустановок и повышению их эффективности не только для систем теплоснабжения Дальневосточного региона, но и применительно к другим территориям страны.

#### **4. Практическая ценность диссертационной работы**

Практическая ценность диссертационной работы заключается в применении предложенных методических положений, аналитических зависимостей, математических моделей для обоснования и конструирования технологических и технических решений, обеспечивающих внедрение комбинированных систем теплоснабжения, формируемых на базе солнечных водонагревательных установок, тепловых насосов, аккумулирующих емкостей и систем управления, для целей отопления и горячего водоснабжения социальных и промышленных объектов Дальневосточного региона.

#### **5. Достоверность и обоснованность научных положений, результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе**

Достоверность исследований, выполненных в работе, не вызывает сомнений. Степень достоверности и обоснованности научных положений, результатов, выводов, и рекомендаций подтверждается: корректным использованием методов исследования солнечных систем теплоснабжения; квалифицированным применением информационно-измерительных комплексов при проведении экспериментов и выполнении натурных наблюдений за климатическими параметрами и их математической обработкой; разработкой адекватной математической модели объекта исследования; обоснованным применением методов планирования

эксперимента и математической статистики; данными, полученными в ходе применения разработанных методов для комплексной оценки взаимосвязи параметров солнечного излучения; корректным сравнением полученных данных с экспериментальными оценками современных российских и зарубежных ученых; проведенными сопоставлениями расчетных характеристик с экспериментальными и эксплуатационными данными, полученными на действующих опытно-промышленных гелиоустановках.

## **6. Апробация диссертационной работы**

Полученные результаты диссертационной работы неоднократно успешно докладывались на российских и международных научно-практических конференциях. Разработанные технические решения апробированы на практике совместно с сотрудниками Центра «Энергоэффективности и мониторинга энергоресурсов» ДВФУ, Лаборатории Нетрадиционной энергетики ДВО РАН, компании ООО «Энерджи-Сан», научно-практические материалы исследования использованы при создании в Приморском крае систем теплоснабжения с площадью коллекторов солнечных водонагревательных установок более 400 м<sup>2</sup>.

## **7. Подтверждение опубликованных основных положений, результатов, выводов и заключений диссертационной работы**

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы, опубликованы в 17 печатных работах, из них 8 в изданиях рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации и 9 в других изданиях и материалах научно-технических конференций.

## **8. Замечания по диссертационной работе**

Представленная на отзыв диссертационная работа характеризуется полнотой изложения, название работы полностью соответствует содержанию.

Содержание диссертационной работы позволяет сделать вывод о высоком качестве проведенных исследований и полученных новых научных результатов. Вместе с тем, к работе имеются замечания, которые излагаются ниже:

8.1. Области применения гелиоустановок, приведенные в работе (стр. 17-18), следовало бы подкрепить ссылками на источники.

8.2. На стр. 24 автор излагает «как видно из (1.6), для расчетов  $Q_{\text{ср}}$  необходимо знать среднюю за месяц суммарную радиацию на горизонтальную поверхность в ясный день  $Q_{\text{я}}$ , что связано с определенными трудностями», однако какие именно «трудности», он не уточнил.

8.3. В формуле 1.7 на стр. 26 не приведены данные для нахождения значения величин  $N$  и  $N_{\text{в}}$ .

8.4. Выражение «...для комплексной энергетической характеристики солнечного коллектора вида  $\Xi = f(\Delta T/QC)$ », приведенное на стр. 42, недостаточно точно отражает сущность данного параметра, который, скорее всего, эквивалентен КПД коллектора.

8.5. На рис. 2.5 не указано, какой метод аппроксимации данных дает наибольшую точность.

8.6. Автор не приводит причины увеличения коэффициента тепловых потерь солнечного коллектора  $U_{\text{к}} = 2,767 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , которые получены в результате стендовых испытаний (таблица 2.1). По величине они отличаются от данных, приведенных на рис. 2.1, где  $U_{\text{к}} = 1,5 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ .

8.7. В работе имеется ряд сокращений, отличающихся от традиционно принятых в рассматриваемой области исследований (например, СВНУ вместо СВУ), и др.

8.8. На стр. 32 в определении – «позволили разработать рекомендации по созданию комбинированных систем энергоснабжения с аккумулярованием теплоты, а в дальнейшем перейти к разработке комбинированных систем» автор не привел пример привязки к конкретным объектам теплоснабжения.

8.9. В таблице 1.1 обозначение «город» корректнее было бы заменить на более общее – «населенный пункт».

8.10. Утверждение «среднегодовая эффективность солнечных коллекторов гибридной СВНУ достигает 40–50% от потребной тепловой нагрузки» требует пояснения и уточнения формулировки.

8.11. Полноценная работа предлагаемой комбинированной системы теплоснабжения связана с необходимостью иметь дополнительный источник низкопотенциального тепла, что значительно сужает область возможного ее применения, в т.ч. и для тиражирования таких систем в масштабе Дальневосточного региона РФ. Это необходимо иметь в виду при обосновании области применения данных систем.

8.12. Варьирование коэффициента трансформации теплового насоса при изменении температуры в конденсаторе и испарителе, как и регулирование мощности теплового насоса возможно лишь в определенных пределах (границах). Это следовало бы отметить и учесть в работе.

8.13. Среднегодовые коэффициенты преобразования ТН для регионов РФ изменяются в зависимости от температуры источника теплоты, что правильно отмечается в работе. Однако коэффициент преобразования энергии теплового насоса зависит и от температуры нагреваемого теплоносителя, что в работе не показано.

8.14. Следовало бы уточнить, по какой методике проводилась «сравнительная оценка технико-экономических показателей теплоисточников».

## **9. Выводы и рекомендации**

Указанные выше замечания не снижают ценности, достоинства работы и не влияют на общее благоприятное впечатление от выполненных автором исследований.

В целом диссертация Слесаренко И.В. на тему «Совершенствование систем теплоснабжения с солнечными водонагревательными установками (на примере Дальневосточного региона)» является законченным научным исследованием. Автор продемонстрировал умение анализировать и обобщать экспериментальные данные, выполнять сложные теоретические расчеты и делать собственные выводы. Достоверность результатов подтверждается

надежностью используемых экспериментальных данных, полученных на экспериментальных стендах и действующих опытных гелиоустановках, применением современных методов планирования эксперимента и информационно-измерительных комплексов, методов математической статистики. При моделировании и расчетах гелиоустановок автором умело и грамотно использовался программный пакет MathCAD. Представленные в работе выводы и заключение обоснованы ее основными положениями.

Результаты исследований, представленные в диссертации Слесаренко И.В., получили практическое внедрение. Работа прошла апробацию на международных и российских конференциях. Основные положения диссертации и ее результаты полно отражены в 17 печатных научных публикациях, в том числе 8 из которых входят в Перечень журналов, утвержденных ВАК РФ для публикации основных результатов работы. Опубликованные статьи и автореферат полностью отражают содержание диссертационной работы. Диссертационная работа написана единолично, содержит в достаточном объеме выносимые на защиту новые научные результаты и положения, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Случаев использования заимствованного материала не обнаружено.

### **Заключение**

Диссертационная работа Слесаренко И.В. «Совершенствование систем теплоснабжения с солнечными водонагревательными установками (на примере Дальневосточного региона)», выполнена на высоком техническом уровне и представляет собой завершенное научное исследование. Использование полученных результатов обеспечит решение актуальных прикладных задач в области теплоснабжения.

Диссертационная работа выполнена единолично, на актуальную тему, имеет научную новизну и практическую значимость, полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (с

изменениями на 2 августа 2016 года), предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, а ее автор Слесаренко Илья Вячеславович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент  
доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ,  
заместитель директора по науке,  
ФГБУН «Институт систем  
энергетики им. Л.А. Мелентьева»  
Сибирского отделения Российской  
академии наук, г. Иркутск

Стенников Валерий Алексеевич

Телефон: +7 (3952) 42-97-  
E-mail: [sva@isem.irk.ru](mailto:sva@isem.irk.ru)  
Адрес: 664033, Россия, Ир  
ул. Лермонтова, 130

