

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию Шароваровой Екатерины Петровны «Солнечно-геотермальное энергоснабжение зданий с энергоэффективными фасадными конструкциями», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.08 – Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии.

На отзыв представлена диссертационная работа объемом 135 страниц машинописного текста, которая содержит введение, 5 глав, заключение, 17 таблиц, 86 рисунков и 7 приложений. Библиографический список включает 81 наименование. Материалы диссертации изложены в 13 печатных работах, опубликованных в изданиях из перечня ВАК, в том числе в 6 статьях, проиндексированных в Scopus и Web of Science, получен один патент РФ на полезную модель.

### **Актуальность темы исследования**

За последние годы во всем мире наблюдается интенсивный рост мощности возобновляемой энергетики. Переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) крайне важен для того, чтобы сократить долю ископаемого топлива, использование которого приводит к увеличению выбросов парниковых газов.

Использование ВИЭ практически не оказывает негативного воздействия на экологию. К недостаткам ВИЭ относятся невысокая плотность энергетических потоков и их непостоянство во времени.

Развитие возобновляемой энергетики в Российской Федерации является приоритетным направлением реализации государственной политики в сфере повышения энергоэффективности производства, диверсификации энергоснабжения децентрализованных районов, развития промышленности, создания новых рабочих мест, реализации научно-технического потенциала России, улучшения экологической обстановки и соблюдения международных обязательств по ограничению выбросов парниковых газов.

Развитие ВИЭ особо актуально для населенных пунктов Российской Федерации, расположенных в районах с децентрализованным энергоснабжением. Проблема энергообеспечения существенно влияет на условия жизни населения, демографическую ситуацию и развитие сельскохозяйственного производства на этих территориях. Значительная часть населенных пунктов, не имеющая доступа к электросетям, питается от топливных генераторов. Ежегодно до 8 млн. тонн топлива и до 30 млн. тонн

угля импортируется в районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири, при этом для труднодоступных районов стоимость топлива превосходит цену на мировом рынке. Территориями для запуска масштабного внедрения ВИЭ в России могут стать изолированные населенные пункты Арктики. Арктические регионы России имеют значительный потенциал для развития ВИЭ. В районах со средними скоростями ветра 6–7 м/с и более, может развиваться ветроэнергетика. Имеются благоприятные условия для развития солнечной энергетики. На Камчатке и Чукотке есть условия для развития геотермальной энергетики, в южной части западных регионов – для развития биоэнергетики на основе использования древесных отходов и низкосортной древесины. Большая территория регионов страны с отсутствием эффективного централизованного энергоснабжения обеспечивает максимальную эффективность внедрения энергосистем на основе ВИЭ.

В диссертации Шароваровой Е.П. предложена и разработана система солнечно-геотермального энергоснабжения зданий с многослойными фасадными панелями с вентилируемым воздушным зазором. Исследования показали значительное снижение потребляемой электроэнергии на примере жилого дома в г. Екатеринбурге. В диссертации представлены результаты анализа энергетического потенциала сетевой солнечной фасадной электростанции, численные исследования прочностных и теплотехнических характеристик многослойной фасадной панели для зданий с комплексом ВИЭ, результаты анализа эффективности применения панелей в зданиях с солнечно-геотермальным энергоснабжением. Диссертация Шароваровой Е.П. затрагивает одну из важнейших проблем комплексного использования ВИЭ для энергоснабжения в зданиях. Таким образом, диссертация Шароваровой Е.П. является актуальной.

### **Общая методика исследования**

При выполнении диссертации применены современные методы исследования. В теоретической части работы использовалось комплексное математическое моделирование тепловых и динамических процессов в фасаде, выполненном из многослойных панелей с вентилируемым зазором. Математическое моделирование проведено для фрагмента фасада трехэтажного жилого дома. В работе выполнен прочностной анализ конструкции панели, аэродинамический анализ движения воздуха в вентилируемом зазоре и теплотехнический анализ фрагмента фасада. Для

математического моделирования использовался программный пакет ANSYS, применяемый, как в научных исследованиях, так и в инженерных расчетах.

В работе представлены результаты экспериментальных исследований характеристик фотоэлектрических преобразователей на основе аморфного и монокристаллического кремния в условиях Уральского региона.

#### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Диссертант Шароварова Е.П. в своей работе выполнила обзор зарубежной и отечественной литературы и определила перспективные направления развития технологий использования возобновляемых источников энергии для энергоснабжения зданий. Выполненное исследование опирается на опыт и данные, опубликованные в ряде научных работ, и является дальнейшим развитием данного направления.

Диссертант корректно применяет положения механики деформированного твердого тела, законы механики жидкости и теплообмена для обоснования полученных результатов и выводов.

#### **Научная новизна полученных результатов**

Новые научные результаты, полученные соискателем:

1. Предложена и разработана система использования геотермальной энергии для подогрева воздушного потока, поступающего в вентилируемый воздушный зазор стеновых панелей.
2. Разработана конструкция многослойной фасадной панели с вентилируемым воздушным зазором для зданий с комплексом возобновляемых источников энергии.
3. Разработана методика подбора оптимальных параметров многослойной фасадной панели для зданий с комплексом возобновляемых источников энергии.
4. Проведены расчетные исследования эффективности сетевой солнечной электростанции.
5. Выполнен экологический, энергетический и экономический анализ системы солнечно-геотермального энергоснабжения зданий с многослойными фасадными панелями.

#### **Теоретическая и практическая значимость полученных результатов**

Теоретическая и практическая значимость полученных диссертантом результатов состоит в разработке принципиальной схемы применения комплексной энергоустановки на основе солнечной и геотермальной энергии для зданий с вентилируемыми панелями, методики определения параметров грунтового коллектора для подогрева приточного воздуха, а также расчетной модели фрагмента фасада здания с вентилируемыми панелями для разных климатических условий.

Результаты проведенных исследований опубликованы в печатных изданиях, в том числе рекомендованных ВАК РФ, доложены и обсуждены на конференциях всероссийского и международного уровня. Среди научных публикаций следует отметить шесть статей в международных журналах из списка Scopus и Web of Science. Содержание диссертации полностью отражает содержание опубликованных научных работ.

Разработанные в диссертации методы и полученные данные внедрены и используются в проектной деятельности ООО «ТЕХКОН», ООО «Третья Проектная», а также в учебном процессе кафедры Системы автоматизированного проектирования объектов строительства Института строительства и архитектуры УрФУ при подготовке инженеров-строителей.

#### **По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы**

1. В диссертации приведенное сопротивление теплопередаче панели определяется по соотношению (4.20) в виде отношения перепада температур поверхностей панели к плотности теплового потока. Обычно эту величину называют приведенным термическим сопротивлением и используют для характеристики теплозащитных свойств ограждающей конструкции при одинаковой плотности теплового потока через нее. В диссертации рассматривается панель, в которой между двумя слоями утеплителя проходит поток теплого воздуха. За счет теплоты воздушного потока уменьшается плотность теплового потока из помещения, но увеличивается плотность теплового потока из помещения на улицу по сравнению со случаем сплошной теплоизоляции панели. Таким образом, через наружную и внутреннюю поверхности панели проходят разные плотности тепловых потоков. Поэтому использование понятия обычного термического сопротивления в данном случае проблематично. В диссертации эффект от утилизации части тепла воздушного потока диссертант предлагает учитывать через рост термического сопротивления панели. Однако при таком

определении термическое сопротивление панели начинает зависеть, как от температуры воздуха на улице и в помещении, так и от температуры и расхода воздуха, подаваемого в панель. Для ясности следовало отделить вопрос утилизации тепла воздуха, подаваемого в панель от ее термического сопротивления. При этом возникают вопросы. Насколько эффективна утилизация тепла воздушного потока при прохождении через панель? Не более эффективно для этих целей использовать обычные воздушные рекуператоры?

2. Внутренний воздух с температурой  $21^{\circ}\text{C}$  при подаче в панель дополнительно подогревался до  $25^{\circ}\text{C}$ . Учитывалось ли в выполненных сравнительных расчетах эти энергетические затраты на дополнительный нагрев воздуха?

3. При подаче воздуха из помещения внутрь панели возможна конденсация влаги, поэтому предварительно воздух необходимо осушать. Осушение воздуха в больших объемах достаточно сложная задача, которая потребует дополнительных энергетических затрат.

4. В главе 2.1 на рис.2.2 приведена карта потенциала накопления солнечной энергии в верхнем слое грунта толщиной 1.6 метра. При определении потенциала накопления бралась разница среднегодовой температуры грунта и температуры наружного воздуха самой холодной пятидневки. Более корректно взять средние температуры воздуха и грунта за одинаковый период времени, например, за отопительный период.

5. Решение задач теплообмена проводилось с использованием пакета программ Ansys Fluent численными методами. В этом случае следовало записать уравнения, которые решались, обосновать размер выбранных сеток, провести валидацию работы программ на тестовых задачах. В диссертации эти моменты отсутствуют.

6. Выводы по главам в диссертации носят формальный характер. Следовало их сформулировать более предметно с указанием конкретных цифр, тем более что они в главах имеются, а наиболее важные из них повторить в общих выводах по диссертации.

### **Общая оценка диссертационной работы**

Высказанные замечания не снижают высокой оценки диссертационной работы. Тема диссертационной работы Шароваровой Е.П. соответствует научной специальности 05.14.08 - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии. Автореферат диссертации и публикации

соискателя в достаточной мере отражают содержание работы. В автореферате отмечен личный вклад автора в научное исследование, представлена новизна и практическая значимость результатов. Приведен список научных публикаций. В целом диссертационная работа позволяет судить о высокой квалификации соискателя Шароваровой Е.П.

Диссертационная работа Шароваровой Е.П. «Солнечно-геотермальное энергоснабжение зданий с энергоэффективными фасадными конструкциями» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на хорошем научном уровне. Работа соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней в УрФУ. Научные результаты характеризуются как научно-обоснованные технические разработки в области технологий использования возобновляемых источников энергии для энергоснабжения зданий, имеющие существенное значение для науки и техники. Считаю, что работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Шароварова Екатерина Петровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.08 - Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии.

Официальный оппонент,  
доктор технических наук,  
заведующий лабораторией  
проблем энергосбережения,  
ФГБУН Институт теплофизики им.  
С. С. Кутателадзе СО РАН,  
сайт: [www.itp.nsc.ru](http://www.itp.nsc.ru),  
630090, г. Новосибирск,  
проспект Академика Лаврентьева, д.1  
+7(383)316-53-36(365)

Низовцев Михаил Иванович  
[nizovtsevmi@mail.ru](mailto:nizovtsevmi@mail.ru)

Подпись Низовцева М.И. удостоверяю  
Ученый секретарь ИТ СО РАН к.ф.-м.н. М. С. Макаров



« 25 » ноября 2021 г.