

ОТЗЫВ

официального оппонента
на диссертацию Харитонов А.Ю.

на тему: «Использование оперативного анализа для повышения энергоэффективности отопления общественных зданий»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Актуальность избранной темы. Несмотря на многочисленные, а иногда спекулятивные, свидетельства глобального потепления, вопросы отопления зданий будут оставаться актуальными еще долгое время. Возникает необходимость не только в отоплении, а и в обосновании наиболее рациональных параметров отопленных систем в контексте современной экономики. Понятие энергоэффективности достаточно широко используется в технической литературе, однако в вопросах определения критериев энергоэффективности остается немало нерешенных вопросов. Существенным моментом в решении проблем повышения энергоэффективности теплотехнологий (в частности отопления) в настоящее время является использование автоматизированных средств контроля потребления теплоты. Эти средства контроля позволяют автоматизировать сбор данных, и на основании этого проводить оперативный анализ с помощью критериев энергоэффективности, для определения того, насколько оптимально расходуется теплота в тех или иных общественных зданиях. Поэтому использование оперативного анализа для повышения энергоэффективности отопления общественных зданий, отраженное в диссертационной работе, является актуальной задачей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций. Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием методов математического моделирования, результатами

натурных экспериментов, а также апробацией основных результатов диссертации на конференциях, семинарах и в опубликованных работах. Результаты диссертации, представленные на защиту, являются обоснованными и проверенными, поэтому сомнений в их адекватности не возникает.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность научных положений диссертации подтверждается применением современных средств сбора данных, анализа результатов сбора данных, применением методов моделирования, достаточной сходимостью полученных в ходе математического моделирования результатов с фактическими данными, а также с результатами внедрения в отделе образования Администрации г. Донецка и в научной деятельности Донецкого национального технического университета.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что обоснованы целесообразность и эффективность оперативной идентификации критериев энергоэффективности отопления общественных зданий на основании моментального сбора и расчетной обработки текущих значений температур наружного и внутреннего воздуха и показаний теплосчетчика. Автором впервые предложена методика оперативного анализа для повышения энергоэффективности отопления общественных зданий и сравнения показателей энергоэффективности как различных зданий, так и одних и тех же в течение разных отопительных сезонов с помощью соответствующих критериев энергоэффективности отопления общественных зданий. Также разработана математическая модель нестационарных тепловых процессов при отоплении зданий, описывающая изменение температуры воздуха внутри помещений, и процесс теплопередачи через ограждающие конструкции. Введено понятие полной теплоемкости внутреннего объема здания для адаптации математической модели к конкретным общественным зданиям, а так же установлено, что значение полной теплоемкости внутреннего объема здания может быть описано в виде определенной зависимости: $mc=kV$, где k – коэффициент пропорциональности, равный $(4,5...4,8) \cdot 10^5$, Дж/(м³·К), что

позволяет наиболее быстро осуществлять адаптацию математической модели нестационарного теплообмена к условиям конкретных общественных зданий.

Основное содержание работы. Во введении приводится информация, раскрывающая объект и предмет научных исследований, научную новизну, теоретическую и практическую значимость полученных результатов, а также степень апробации работы.

В *первом разделе* рассмотрены наиболее актуальные схемы теплоснабжения общественных зданий и подходы к повышению класса энергоэффективности отопления общественных зданий, а также описаны известные критерии анализа энергоэффективности отопления общественных зданий. В первом разделе так же были выбраны следующие критерии, учитывающие фиксацию теплового режима здания и температуру наружного воздуха:

- валовый отпуск теплоты Q_o , кВт, в зависимости от температуры наружного воздуха;
- удельная отопительная характеристика q_o , Вт/(м³·К);
- параметр теплообменной системы Φ_o , Вт/К.

Во *втором разделе* рассмотрены методики оперативного анализа потребления теплоты общественными зданиями в стационарном и нестационарном режимах с определением рациональных параметров изоляционных материалов для утепления здания.

Для построения моделей анализа потребления теплоты зданием необходимы статические и динамические параметры здания. Статистические данные берутся из паспортов здания, а динамические данные собираются с помощью датчиков температуры и теплосчетчиков. Представлены схемы фиксации динамических параметров техническими средствами мониторинга в ручном и автоматическом режимах. На основании собранных в результате измерений данных с датчиков и счетчиков были определены и исследованы критерии энергоэффективности: валовый отпуск теплоты, Q_o , удельная отопительная характеристика, q_o , действительный параметр отопительной

системы, Φ_0 . Данные критерии позволяют дать энергетическую оценку зданий и назначить для них соответствующие энергосберегающие мероприятия. Были рассмотрены два вида энергосберегающих мероприятий – утепление стен здания и реализация циклического режима отопления здания, для которого была построена математическая модель нестационарных процессов потребления теплоты зданием.

В *третьем разделе* на примере школ г. Донецка рассмотрен анализ энергоэффективности отопления общественных зданий на основе критериев энергосбережения и математических моделей.

При реализации способа оперативного анализа валового потребления теплоты были построены графики распределения тепловой нагрузки отопления здания в зависимости от температуры наружного воздуха в течение отопительного периода по всем рассматриваемым школам г. Донецка. При анализе способа идентификации тепловых характеристик здания были получены уровни энергопотребления. Способ определения параметра Φ_0 системы отопления и сравнения действительного параметра с расчетным параметром системы отопления позволил анализировать поведение системы отопления из года в год и делать выводы о ее состоянии. Полученный результат позволил реализовать энергосберегающие мероприятия в определенных школах г. Донецка.

В *четвертом разделе* описывается создание автоматизированной системы учета и анализа потребления энергоресурсов бюджетной сферы г. Донецка, ее внедрение и полученный экономический эффект. Сообщается, что:

- в Ворошиловском районе г. Донецка были проведены мероприятия по утеплению зданий в пяти школах, была проведена модернизация отопления в шести школах. Ожидаемая экономия тепла составила 1046,7 МВт (14%), экономический эффект – 2 160 000 руб;

- в Киевском районе г. Донецка были проведены мероприятия по утеплению зданий в семи школах, была проведена модернизация отопления в

семи школах. Ожидаемая экономия тепла составила 814,7 МВт (10%), экономический эффект – 1 680 000 руб.

Общие замечания. К работе есть ряд замечаний, которые не снижают общей положительной оценки проведенных исследований:

1) на рисунке 3.14 и в таблице 3.4 при анализе результатов моделирования процесса снижения отопительной нагрузки в выходные дни наблюдается несоответствие временных интервалов;

2) на стр. 8 неясно какие «рациональные параметры теплоизоляционных материалов» имеются в виду;

3) в приложениях приведен перечень программ, осуществляющих диспетчеризацию, однако неясно, каким программным продуктом автор работы предлагает пользоваться впоследствии;

4) в предмете исследования указано: способы оперативного анализа для оценки критериев энергоэффективности отопления общественных зданий. Считаю более правильным употреблять выражение «система отопления», а не «отопление»;

5) линия удельной отопительной характеристики направлена вверх исходя из того, что чем выше температура наружного воздуха, тем чрезмерна подача теплоносителя. Однако согласно определению «линии энергопотребления», это функция, зависящая от температуры окружающей среды. В таком случае линия удельной отопительной характеристики строго горизонтальна и графики на Рис.3.7 неверны;

6) в приложениях приведен перечень программ, осуществляющих диспетчеризацию, однако в выводах не указано, какой программный продукт предлагается к использованию.

Заключение. Диссертационная работа Харитонova А.Ю. «Использование оперативного анализа для повышения энергоэффективности отопления общественных зданий» является завершенной научно-исследовательской работой, поскольку представляет собой полноценный результат всестороннего исследования и включает анализ состояния вопроса,

Принимая во внимание актуальность и важность проведенных исследований, можно сделать вывод, что приведенные выше замечания не снижают ценности работы, которая полностью удовлетворяет Положению о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 - теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Подпись *Топоренко* Подтверждаю
Ученый секретарь
Крымского федерального университета
им. В.И.Вернадского
А.В.В.Топоренко
15.12.2014 г.

295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181
тел. +7(3652) 63-75-65,
cf_university@mail.ru
<http://cfuv.ru/>