

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента члена-корреспондента РАН, доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Стенникова Валерия Алексеевича на диссертационную работу Звонаревой Юлии Николаевны «Влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость и эффективность систем теплоснабжения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы.

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

Диссертационная работа содержит введение, четыре главы, заключение, список литературы и приложения. Общий объём работы составляет 178 страниц машинописного текста и включает 43 рисунка, 18 таблиц, список литературы из 155 наименований и 4 приложения на 16 страницах.

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 обуславливают актуальность и необходимость повышения эффективного использования энергии. Наибольшим потенциалом энергосбережения обладает сфера теплоснабжения, имеющая важное социальное и экономическое значение для страны. В числе перспективных мероприятий, планируемых к реализации в системах теплоснабжения, рассматривается переход к подключению систем теплоснабжения через автоматизированные

индивидуальные тепловые пункты (АИТП). По целому ряду обстоятельств этот переход не может быть выполнен одновременно, поэтому требуется определить последовательность и объемы производства данных работ таким образом, чтобы, с одной стороны, сохранить работоспособность системы и качество теплоснабжения, а с другой стороны, максимально использовать потенциал энергосбережения. Решению этих вопросов посвящена настоящая диссертация, что обеспечивает ей актуальность и востребованность.

Основные научные положения, сформулированные в рамках диссертационной работы Звонаревой Ю.Н. 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 принципиальных особенностей перехода на схему подключения систем теплоснабжения через АИТП;
- моделирование и анализ свойств систем теплоснабжения с различным уровнем их оснащения АИТП;
- оценка относительного изменения потокораспределения и гидравлической устойчивости системы в зависимости от последовательности и масштабов установки АИТП с их влиянием на реализацию потенциала энергосбережения;
- верификация полученных результатов по изменению свойства энергоэффективности систем теплоснабжения, оснащённых АИТП на лабораторных и натурных исследованиях;
- разработка методических положений, алгоритмического и программного инструментария для оценки влияния организации гидравлической независимости тепловых сетей и систем теплоснабжения в сочетании с автоматизированным управлением спроса на тепловую

энергию на энергетические и технико-экономические показатели теплоснабжающей системы.

Перечисленные выше задачи решаются посредством разработки методического подхода к оценке технологического формирования структуры системы теплоснабжения с использованием автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов, позволяющего выполнять оценку эффективности их применения на основе анализа гидравлических режимов, устойчивости работы системы и ее технико-экономических показателей. Предложенный оригинальный методический подход опирается на новейшие теоретические разработки в области теплоснабжения. Научные результаты исследований Звонаревой Ю.Н. представляются обоснованными, убедительными и вносят существенный вклад в теорию и практику совершенствования систем теплоснабжения, на основе современной технологии активного потребителя с АИТП.

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

Наиболее значимыми результатами диссертационного исследования Звонаревой Ю.Н., обладающими научной новизной, являются следующие разработки:

- постановка задачи и методика оценки эффективности масштабов и последовательности перехода потребителей на схему подключения с АИТП, учитывающие технические, экономические, топологические и другие особенности систем;

- с помощью предложенного методического обеспечения определена эффективность перехода на АИТП с учетом очередности их установки, что является принципиально важным при формировании, а затем реализации программы технологической трансформации систем теплоснабжения;

- на основе реально действующей типичной системы теплоснабжения предложена адекватная цифровая модель, с помощью которой, а также с привлечением гидравлических расчетов, определяется гидравлическая устойчивость системы, взаимовлияние гидравлических и тепловых режимов работы, что позволяет управлять режимами функционирования тепловых сетей.

Предложенные методические положения и вычислительный инструментарий прошли лабораторную и практическую апробацию.

#### **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 повышение эффективности систем теплоснабжения в результате внедрения АИТП, организации последовательности их сооружения и реализации оптимальных теплогидравлических режимов.

#### **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 систем теплоснабжения с АИТП; квалифицированным применением информационно-измерительных комплексов при проведении лабораторных экспериментов и выполнении натурных наблюдений за изменением параметров по мере оснащения АИТП; разработкой адекватной математической модели объекта

исследования; обоснованным применением методов планирования лабораторного эксперимента; данными, полученными в ходе применения разработанных методов для комплексной оценки взаимосвязи параметров тепловых и гидравлических режимов их устойчивости; корректным сравнением полученных данных эксперимента с измеренными аналогами на реальном объекте; проведенными сопоставлениями расчетных характеристик с экспериментальными и эксплуатационными данными, полученными на действующих системах теплоснабжения.

## **6. Апробация диссертационной работы**

Полученные результаты диссертационной работы неоднократно успешно докладывались на российских и международных научно-практических конференциях. Разработанные технические решения апробированы на практике в системах теплоснабжения г. Казани, г. Нижнекамска в «Схеме и программе развития электроэнергетики Республики Башкортостан в части развития теплоэнергетики на 2019-2023 годы».

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

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы, опубликованы в 6 печатных работах, из них 3 в изданиях рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве образования и науки Российской Федерации, 3 в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. По результатам работы получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

## 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. В диссертации отмечается, что отпуск тепловой энергии составляет 600 млн. Гкал/год. Вместе с тем, согласно статотчетности это отпуск только от тепловых электростанций, в работе это стоило бы уточнить.

8.2. На стр. 34 диссертации автор при обосновании перевода систем теплоснабжения на количественное и качественно-количественное регулирование тепловой нагрузки обращается к зарубежному опыту, а ссылку делает на работу Дюскина В.К. 1959 года.

8.3. На стр. 42 диссертации  $A$  – это множество отражающее топологию сети, т.е. матрицу инцидентности узлов и участков тепловой сети, а на стр. 50 (129)  $A$  – это удельное динамическое давление на участке. Встречается одинаковое обозначение и других величин. Это очень затрудняет чтение диссертации.

8.4. На стр. 58 диссертации в формуле 2.15 величина  $\Delta P_{аб}$  – представляет не давление, как абсолютную величину, а перепад давлений на абонентском вводе.

8.5. Величина  $X$  в формуле 3.2, 3.3 на стр. 86 и в табл. 3.2 определяется как степень разрегулированности системы, а в формуле 3.4. на стр. 88 она представлена как степень регулированности системы. Тоже изложено в автореферате (стр. 12 формула 7). Как это понимать?

8.6. Математическая модель потокораспределения в автореферате на стр. 7 уравнения 4,5 и в диссертации стр. 42 уравнения 1.6, 1.8 записана

некорректно. Кроме балансовых уравнений по расходу теплоносителя в узлах и потерь давления (напора) в контурах она должна включать замыкающее соотношение, отражающее режим течения теплоносителя или тип системы, в данном случае системы теплоснабжения.

8.7. Автор в работе не отмечает, что повышение эффективности и устойчивости работы системы по мере сооружения АИТП возможно достичь путем выполнения гидравлической регулировки изменив диаметр сопла элеватора для тех потребителей, где они временно сохраняются. Возможно это позволило бы уменьшить зону (с установкой АИТП у потребителей с 30-75% тепловой нагрузки) гидравлически неустойчивой работы системы и увеличить зону оптимальной оснащённости абонентских вводов АИТП.

8.8. В качестве эффекта от установки АИТП автор показывает сокращение потребления тепла, расхода теплоносителя, топлива, но не отмечает снижение тепловой нагрузки. Это величина, как показывает опыт, может достигать до 20% от установленной мощности, что позволит подключить новых потребителей без строительства новых теплоисточников. Учет этого фактора позволит дополнительно повысить эффективность сооружения АИТП.

8.9. Важным условием повышения эффективности сооружения АИТП для системы теплоснабжения представляется последовательность их установки, например от конечных потребителей в сети, от начала сети, для наиболее неблагоприятных потребителей и т.п. Возможно, это скорректировало бы выводы, приведенные в диссертационной работе.

8.10. Предлагаемые в диссертации разработки имеют более широкое применение, а не только для случая замены ЦТП на АИТП. Это тоже следовало бы отметить.

## 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 Звонаревой Ю.Н. на тему «Влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость и эффективность систем теплоснабжения» является законченным научным исследованием. Автор продемонстрировал умение ставить и решать научные задачи, анализировать и обобщать экспериментальные данные, выполнять сложные теоретические расчеты и делать собственные выводы. Достоверность результатов подтверждается надежностью используемых натуральных и экспериментальных данных, полученных по результатам измерений и на действующей лабораторной установке, применением современных методов планирования эксперимента и информационно-вычислительных комплексов, методов инженерных расчетов. Представленные в работе выводы и заключение обоснованы ее основными положениями.

Результаты исследований, представленные в диссертации Звонаревой Ю.Н., получили практическое внедрение. Работа прошла апробацию на международных и российских конференциях. Основные положения диссертации и ее результаты полно отражены в 6 печатных научных публикациях, в том числе 3 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 Звонаревой Ю.Н. «Влияние поэтапного внедрения АИТП на гидравлическую устойчивость и эффективность систем теплоснабжения», 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 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы, а ее автор Звонарева Юлия Николаевна, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

### Официальный оппонент

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук», доктор технических наук (специальность 05.14.01), профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ

Валерий Алексеевич Стенников

« 30 » апреля 2019 г.

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 130  
тел. (3952) 424700, эл. адрес: sva@isem.irk.ru

