

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию *Долгова Николая Викторовича* на тему «*Многоконтурный теплообменный аппарат для независимой схемы индивидуального теплового пункта*», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – *теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение*

Актуальность избранной темы

С начала 50-х годов прошлого века широкое распространение получила прогрессивная для своего времени система централизованного теплоснабжения. В том виде, в котором она создавалась, система была изначально нерегулируемой (по температурным параметрам) для конечного потребителя, что объяснялось значительными затратами на регулирование. Эта тенденция имеет место и сегодня.

Основные задачи системы управления теплоснабжением сводятся к надежному снабжению потребителя необходимым количеством тепловой энергии с определенными качественными показателями и минимальным и затратами на выработку и передачу этой энергии. Сегодня практически во всех странах эта задача наиболее часто решается за счет применения в централизованных системах теплоснабжения независимой схемы подключения потребителя к тепловой сети. Даже там, где ранее использовались зависимые системы теплоснабжения, как, например, в России, в связи с программами реконструкции и перевооружения сейчас происходит переход к независимым системам теплоснабжения.

При независимой схеме подключения в качестве устройства автоматического регулирования изменяющихся в процессе работы теплогидравлических характеристик системы отопления, а также параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха и тепловой сети используется теплораспределительная подстанция – индивидуальный тепловой пункт (ИТП). Учитывая состояние большинства систем теплоснабжения в регионе, которое характеризуется довольно низкой эффективностью производства теплоты и большим количеством морально и физически устаревшего оборудова-

ния с ухудшенными экологическими показателями, внедрение ИТП является во многих случаях неотложным из-за невозможности дальнейшей нормальной эксплуатации тепловых сетей и экономически целесообразным как для потребителей, так и для источника тепловой энергии.

Это позволяет повысить эффективность работы системы теплоснабжения в целом за счет решения задачи прогнозируемого рационального потокораспределения теплоносителя при регулировании отпуска теплоты при установке в непосредственной близости к потребителю ИТП с независимым подключением абонентов к тепловой сети на базе многоконтурных теплообменных аппаратов (МТА). С этой позиции положительная оценка актуальности темы диссертации не вызывает сомнений.

Актуальность выполненных автором исследований подтверждена тем, что диссертация имеет непосредственное отношение к научному направлению кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» и выполнялась в рамках кафедральной научно-исследовательской работы Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, соответствующей программе научно-технического развития «Донбасс-2020» и Программе энергосбережения в жилищно-коммунальном строительстве.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Сформулированные автором задачи исследования с точки зрения научной и практической ценности полностью соответствуют уровню диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата наук.

Экспериментальные исследования проведены корректно, с использованием стандартной сертифицированной измерительной аппаратуры, которая прошла необходимую поверку. В работе достаточно корректно использованы методы математического моделирования и регрессионного анализа, а также известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Обоснованность построенных диссертантом математических моделей потокораспределения теплоносителя в системах теплоснабжения подтверждена использованием классических уравнений теории потокораспределения и теории электрических цепей на основе обобщенного ряда исходных физико-математических положений в пределах допустимых значений по-

грешности. При получении функциональных зависимостей и выводов автор руководствовался общепринятыми методами анализа основных законов классической теории теплообмена и математической статистики.

Результаты работы и технические решения рекомендованы к внедрению на теплоснабжающих предприятиях Донбасса, закреплены в трех патентах на полезные модели, опубликованы и обсуждены на научных конференциях и семинарах различного уровня. Из вышесказанного следует, что научные положения, выводы и рекомендации, полученные в диссертационной работе, в достаточной степени обоснованы.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность полученных научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается обоснованностью принятого построения математических моделей потокораспределения в узлах ИТП и в тепловой сети, работающей совместно с ИТП на базе МТА, основанных на фундаментальных законах теплообмена и гидравлики; корректным применением современных апробированных методов расчетов и способов регистрации исследуемых параметров; объемом и адекватностью результатов экспериментальных исследований на экспериментально-лабораторном стенде ИТП с МТА с учетом основных положений теории инженерного эксперимента и математической статистики; удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований с известными результатами исследований других авторов; положительными результатами внедрения в ГП «Донбасстеплоэнерго» СПП «Донецкгортеплосеть» методики расчета МТА и рациональной схемы ИТП на базе МТА при реконструкции внутриквартальной тепловой сети в микрорайоне Кировского района г.Донецка.

На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований получили дальнейшее развитие методы расчета потокораспределения теплоносителя в трубопроводах и узлах ИТП на основе метода контурного расхода в сочетании с методом Ньютона для решения систем нелинейных алгебраических уравнений.

Усовершенствована математическая модель потокораспределения в двухтрубной внутриквартальной тепловой сети, позволяющая прогнозировать

перепады давления в контурах тепловой сети и отопления и их компенсацию за счет автоматического регулирования в ИТП с МТА.

Впервые получена математическая модель потокораспределения для ИТП с МТА для определения распределения расходов теплоносителя и давления в контурах ИТП и оценки влияния неравномерности потребления тепловой энергии.

Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертации есть ряд замечаний и вопросов, из которых наиболее важны следующие:

1. При обосновании актуальности темы исследования автор указал, что выбор темы «вызван необходимостью прогнозируемого функционирования системы внутриквартальной тепловой сети с ИТП» (стр.1 автореферата и стр.6 диссертации) и «малой изученностью использования ИТП с МТА» (стр.2 и стр.7, соответственно). Этого явно недостаточно для однозначного осмысления актуальности выбора темы и предмета исследования.

2. На стр.7 (и далее на стр.33) задача исследования сформулирована, на наш взгляд, некорректно: «провести аналитические исследования... математических моделей потокораспределения», поскольку автор в первом разделе (п.1.2) проводит не аналитические исследования, а анализ достоинств и недостатков уже существующих математических моделей потокораспределения, о чем прямо упоминается на стр.5 автореферата. Далее автор ставит задачу с помощью разработанных им математических моделей «проанализировать распределение расхода теплоносителей и давлений в сети». Но судя по цели работы и предмету исследования (стр.7), необходимо не просто исследовать распределение потоков теплоносителя, требуется выявить закономерности распределения этих потоков в схеме ИТП на базе МТА для последующего прогноза рационального потокораспределения при регулировании отпуска теплоты. Данное замечание относительно обнаружения и исследования закономерностей потокораспределения справедливо и для положений, составляющих научную новизну (стр.8 работы), теоретическую и практическую значимость полученных результатов (стр.8-9), выводы по первому разделу (стр.33) и заключение в целом.

3. При анализе схемы ИТП для независимого подключения абонентов указано, что потребляемый напор насоса должен быть равен $H=1,15h$ (h - гидравлическое сопротивление системы отопления, стр.16). Неясно, чем автор обосновывает свое требование при подборе насоса «стремиться к минимальному запасу напора» в 15%, тем более что в большинстве случаев рекомендуется запас в 10%.

4. На стр.16 работы утверждается, что «Независимые схемы, как правило, оборудуются расширительными баками». Судя по дальнейшему описанию, неясно, имеет ли автор в виду старые отопительные установки, где в самой верхней точке отопительной системы устанавливались открытые расширительные баки (рис.1.5, 1.6), либо это мембранные расширительные баки с предохранительным клапаном (рис.4.3), получившие более широкое распространение в современных отопительных установках.

5. На стр.39 автор утверждает, что «Процесс передачи теплоты в теплообменном аппарате характеризуется уравнением Ньютона-Рихмана, которое описывает передачу теплоты через твердую стенку с учетом коэффициентов теплоотдачи и тепловосприятости». Но уравнение Ньютона-Рихмана не описывает передачу теплоты через твердую стенку, оно описывает процесс конвективной теплоотдачи (теповосприятости) между потоком теплоносителя и твердой поверхностью теплообмена, а это лишь один из этапов процесса теплопередачи. Форма записи уравнения 2.12 внешне действительно совпадает с уравнением Ньютона-Рихмана, но в уравнении 2.12 интенсивность теплопередачи характеризует коэффициент теплопередачи, учитывающий, помимо коэффициентов теплоотдачи и тепловосприятости, коэффициент теплопроводности твердой стенки и ее толщину. Уравнение 2.12 представляет собой уравнение теплопередачи и требует совместного решения с уравнением теплового баланса 2.13 при тепловых расчетах теплообменных аппаратов различных типов. При этом остается неясным, полагается ли постоянным температурный напор Δt (как разница температур между горячим и холодным теплоносителями) в уравнении 2.12. В общем случае он, как и коэффициент теплоотдачи, изменяется по поверхности теплообмена, и эти величины можно принять постоянными только в пределах элементарной площадки поверхности теплооб-

мена dF . Поэтому уравнение 2.12 справедливо лишь в дифференциальной форме записи $dQ = \alpha \Delta t dF \tau$, где Δt - усредненный температурный напор по всей поверхности теплообмена.

6. На стр.60 выражение «Под автоматизированным тепловым пунктом подразумевается, что математическая модель базируется на элементах, основными параметрами которых являются гидравлические сопротивления, напор и узловые расходы» звучит довольно бессмысленно, поскольку такое определение противоречит общепринятому: это тепловой пункт, в котором предусмотрены автоматическое регулирование и учет подачи тепловой энергии на теплопотребляющие системы, а также поддержание оптимального гидравлического режима и работу без постоянного обслуживающего персонала. Поэтому более уместно выражение «Математическая модель автоматизированного теплового пункта базируется на элементах...» и далее по тексту.

7. На стр.101 первая часть формулы (4.7) представляет собой формулу Дарси-Вейсбаха для расчета удельных линейных потерь напора h_l через среднюю скорость ω , а не удельных линейных потерь давления ΔP , поскольку в формуле для расчета ΔP должна присутствовать величина плотности теплоносителя ρ при отсутствии величины ускорения свободного падения g . Вторая часть уравнения (4.7) представляет собой расчет удельных линейных потерь напора h_l через объемный расход V с учетом того, что $\omega = 4V / (3600\pi d^2)$, где расход дан в м³/час. Тогда первая часть формулы (4.7) преобразуется к виду, представленному второй частью формулы (4.7), но при математических преобразованиях автор ошибочно записал величину внутреннего диаметра во второй степени, тогда как его необходимо возвести в пятую степень. Подтверждением этого является формула (4.10), полученная в результате преобразований формулы (4.7), где внутренний диаметр d дан в степени 5,25, иначе с учетом ошибки в расчетах автора показатель степени был бы равен 2,25. При этом не указано, при каких «больших» значениях критерия Рейнольдса ($Re > 2000, 4000, 100000$ или др.) формула А.Д. Альтшуля закона сопротивления для турбулентных режимов (4.8) совпадает с формулой Б.Л. Шифринсона закона сопротивления для квадратичного режима (4.9), когда потери напора (давления) по длине трубы становятся пропорциональны квадрату скорости

потока.

8. Среди шести пунктов основных выводов как в диссертации, так и в автореферате отсутствует информация о результатах исследований, представленных в третьем разделе. При этом в выводах по третьему разделу перечислены результаты исследований, представляющие решение поставленных задач (стр.7, 4-й пункт), предмет исследования (стр.7), а также научную новизну (стр.8, 3-й пункт), теоретическое и практическое значение полученных результатов всей работы (стр.8, 3-й пункт): это и уравнения регрессии, отображающие зависимость расхода теплоносителей и изменения давлений на различных участках схемы ИТП на базе МТА в зависимости от изменения наружной температуры, и построенные номограммы для определения оптимальных режимов работы ИТП на базе МТА, которые могут быть использованы при разработке методики проектирования ИТП на базе МТА. Такое представление выводов логически не обосновано, поскольку оно не отражает всех этапов проведенных исследований и не позволяет полностью оценить важность полученных в работе результатов.

9. В тексте диссертации содержатся отдельные незначительные стилистические и грамматические ошибки, а также отступления от общепринятой терминологии.

Подмеченные выше недостатки и замечания не могут кардинально повлиять как на главные теоретические и практические результаты исследований, так и на общую позитивную оценку работы. В целом, замечания носят уточняющий либо рекомендательный характер и могут быть учтены в дальнейшей научной деятельности автора по усовершенствованию, углублению и развитию разработанных моделей и методов.

Заключение

Автореферат диссертации соответствует ее тексту. Публикации по теме диссертации полностью отражают ее основные положения.

Диссертационная работа представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу и содержит все составные части законченной диссертации: анализ проблемы, на основании которого поставлены задачи исследований, теоретическую часть, математическое моделирование и эксперимен-

тальные исследования. Полученные в работе новые научные результаты, выводы и практические рекомендации в достаточной степени обоснованы и могут быть предметом публичной защиты.

Считаю, что диссертационная работа «Многоконтурный теплообменный аппарат для независимой схемы индивидуального теплового пункта» по содержанию полностью соответствует паспорту заявленной специальности, соответствует требованиям пункта 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и может быть представлена в специализированный ученый совет Д01.005.01 к публичной защите, а её автор, Долгов Николай Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедры промышленной
теплоэнергетики ДонНТУ


(подпись)

Гридин Сергей Васильевич

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (ДонНТУ),
83000, г. Донецк, ул. Артема, 58,
тел. +38 (062) 301-07-09
e-meil: info@donntu.org Web: <http://donntu.org>

Подпись канд.техн.наук, доцента Гридина С.В. удостоверяю.

