

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУН Институт систем
энергетики им. Л.А. Мелентьева
Сибирского отделения
Российской академии наук,
чл.-корр. РАН, заслуженный
деятель науки РФ
Стенников Валерий Алексеевич

02 декабря 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН) на диссертацию Синельникова Дениса Сергеевича "Оптимизация параметров энергоблоков ТЭЦ в условиях зонирования температурного графика", представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Актуальность темы диссертации.

Значительные объемы тепловой и электрической энергии, вырабатываемой в РФ производятся на ТЭЦ, работающих по комбинированному теплофикационному циклу. В последние десятилетия режимы отпуска тепла от ТЭЦ для покрытия нагрузок отопления и горячего водоснабжения существенно изменились. Это связано с тем, что одна часть потребителей имеют собственные регуляторы тепловой нагрузки, а другая часть регулируется «централизованно», за счет изменения параметров сетевой воды на ТЭЦ. Кроме того, появились распределенные источники энергии малой мощности, приближенные к потребителям и включенные в систему централизованного теплоснабжения. В этих условиях рассмотрение работы энергоисточников системы централизованного теплоснабжения всего в двух режимах (среднезимнем и среднелетнем) для корректного определения годового отпуска тепла, электроэнергии и годового расхода топлива оказывается недостаточным. Один из путей решения данной проблемы состоит в разделении температурного графика сетевой воды на зоны, в

каждой из которых режимы работы ТЭЦ легко могут быть осреднены с требуемой точностью. Для каждой зоны назначается один представительный режим, для которого проводится оптимизационный расчет. По результатам этого расчета определяются отпуска электроэнергии, тепла и расходы топлива по зоне. Суммируя указанные показатели по всем зонам определяются годовые показатели, которые и используются при нахождении показателей энергетической и экономической эффективности вариантов теплофикационных энергоблоков и ТЭЦ в целом. С учетом сказанного, тема диссертации Д.С. Синельникова, посвященная разработке методики зонирования температурных графиков, проведению оптимизационных расчетов для представительных режимов зон и выполнению конкретных оптимизационных исследований является актуальной.

Диссертационная работа Д.С. Синельникова включает введение, пять глав, заключение, список литературы (134 наименования) и два приложения. Общий объем диссертации 127 страниц.

Во введении дана краткая формулировка актуальности решаемой проблемы, сформулирована цель работы и задачи исследования, указаны научная новизна работы и положения, выносимые на защиту.

В первой главе показано современное состояние исследований по тематике диссертационной работы, дан анализ основных публикаций, как российских, так и зарубежных авторов. На основе этого анализа, с учетом нерешенных проблем, сформулированы цель и задачи диссертации.

Во второй главе изложена разработанная диссертантом методика зонирования температурного графика сетевой воды. Даны принципы зонирования температурного графика и подход к определению эквивалентной расчетной температуры наружного воздуха и тепловых нагрузок в представительном режиме. Показано, что переход к предлагаемой методике позволяет повысить точность определения годовых показателей в диапазоне от 5 до 25%.

В третьей главе изложена методика оптимизации теплофикационных энергоблоков в условиях зонирования температурного графика сетевой воды ТЭЦ. Дан обзор применения эксергетического метода в исследованиях кафедры ТЭС НГТУ, изложены основные положения эксергетической методики исследования теплоэнергетических установок и применение этой методики для теплофикационных энергоблоков. Методика позволяет определить (при заданных материальных и энергетических потоках между блоками установки) цены эксергии в единицах заданного критерия эффективности (КПД, цена единицы продукции и др.). Кроме того, сформулирована задача оптимизации теплофикационного энергоблока по критериям энергетической и экономической эффективности. При этом в качестве оптимизируемых параметров рассматриваются давление и энтальпия острого пара, давление и энтальпия пара промежуточного перегрева и др. Дано описание, разработанного при участии диссертанта программно-вычислительного комплекса оптимизации.

Четвертая глава посвящена оптимизации теплофикационных энергоблоков. Найдены оптимальные параметры энергоблоков различной мощности, с учетом зонирования температурного графика. Показано, что зонирование температурного графика (при рассмотрении в пределах отопительного периода нескольких представительных режимов) достаточно существенно влияет на результаты оптимизации. Исследована устойчивость оптимальных решений к изменению электрической нагрузки теплофикационных энергоблоков.

Пятая глава посвящена исследованию работы ТЭЦ, с учетом зонирования температурного графика. Для ТЭЦ проводится оптимизация распределения тепловых и электрических нагрузок между агрегатами. Расчеты выполняются на примере Новосибирской ТЭЦ-2. Показано, что учет зонирования температурного графика сетевой воды позволяет уточнить годовой расход топлива на ТЭЦ примерно на 35 тыс. т у.т./год. Дана оценка экономии топлива на ТЭЦ в случае оптимального распределения нагрузок. Она составляет 15,5 тыс. т у.т./год.

В заключении представлены выводы по работе.

Научная новизна диссертации Д.С. Синельникова состоит в следующем.

1. Разработана оригинальная методика определения эквивалентных расчетных температур наружного воздуха и тепловых нагрузок для характерных зон температурного графика сетевой воды.
2. Сформулированы задачи оптимизации параметров теплофикационных энергоблоков с учетом их работы в режимах, характеризующих выделенные зоны температурного графика.
3. Проведены оптимизационные исследования теплофикационных энергоблоков в широком диапазоне электрических и тепловых мощностей и сформулированы рекомендации по их параметрам.

Практическое значение диссертационной работы заключается в том, что при участии автора разработан программно-вычислительный комплекс, позволяющий находить оптимальные схемно-параметрические решения по теплофикационным паротурбинным энергоблокам в широком диапазоне электрических и тепловых мощностей, а так же внешних условий функционирования.

Обоснование научных положений и достоверность вынесенных на защиту полученных результатов исследований подтверждается корректным применением фундаментальных законов термодинамики и методики технико-экономических системных исследований энергетических установок.

Замечания по диссертационной работе Д.С. Синельникова.

1. Не обосновано, почему в каждой характерной зоне температурного графика сетевой воды рекомендуется рассматривать только один представительный режим. Если бы таких режимов было больше, то точность определения годовых показателей могла бы повыситься. Следовало бы оценить, насколько оправдано увеличение числа представительных режимов.

2. В диссертации не достаточно внимания уделено технологическим схемам исследуемых энергоблоков.

3. Практически ничего не сказано об используемых математических моделях отдельных элементов технологических схем энергоблоков: регенеративных подогревателей высокого и низкого давления, конденсаторов турбоустановок, тепловоспринимающих поверхностей парового котла и др.

4. В третьей главе не достаточно четко прослеживается связь между ценами входных и выходных потоков эксергии отдельных блоков энергоустановки, описанных в разделах 3.2. и 3.3, и задачей оптимизации параметров, описанной в разделе 3.4. В этой связи следует отметить, что у диссертанта нет ссылок на основополагающие работы по термоэкономической оптимизации: 1). Valero A, Lozano MA., Serra L., Tsatsaronis G., Pisa J., Frangopoulos CA et al. CGAM problem: definition and conventional solution. Energy 1994; 19 (3): 279-286. 2). Christos A. Frangopoulos. Application of the thermo-economic functional approach to the CGAM problem. Energy 1994; 19 (3): 323-342. 3). Michael R. von Spakovsky. Application of engineering functional analysis to the analysis and optimization of the CGAM problem. Energy 1994; 19 (3): 343-364. 4) A.Valero, M.A.Lozano, L.Serra, and C.Torres. Application of the exergetic cost theory to the CGAM problem. Energy 1994; 19 (3): 365-381. В этих работах показано, как цены эксергетических потоков могут быть использованы при декомпозиции задачи оптимизации параметров энергоустановки.

5. При оптимизации энергоблоков по критериям экономической эффективности не рассматривается режим с минимальной температурой наружного воздуха (и максимальными тепловыми нагрузками). Не понятно, как без рассмотрения этого режима можно обосновать оптимальные параметры энергоблока.

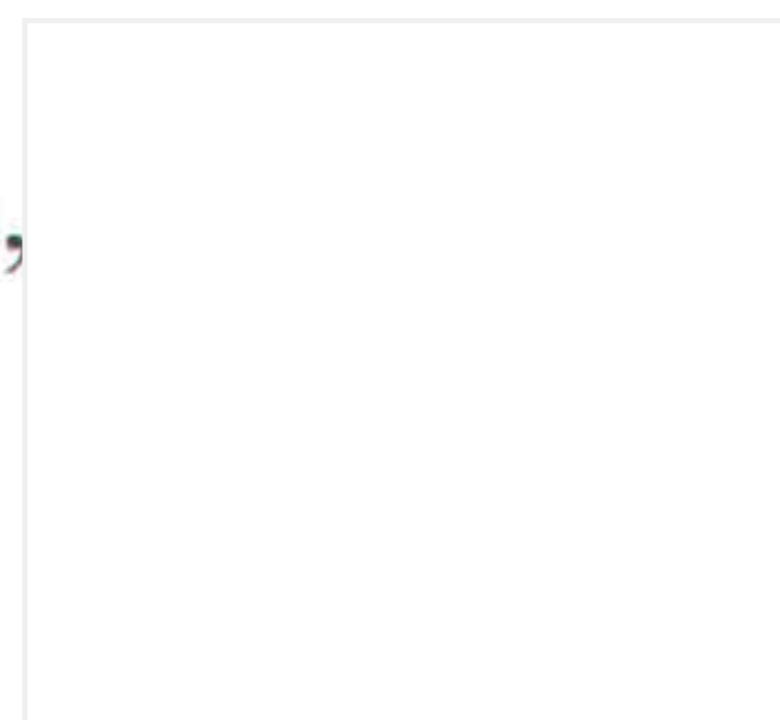
Заключение

Приведенные замечания к работе Д.С. Синельникова не снижают её научной ценности и практической значимости. Диссертация соответствует пунктам 1-3 паспорта специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты. Автореферат диссертации дает хорошее представление о работе, а публикации автора в должной мере отражают ее содержание. Всего по теме диссертации опубликовано 17 работ, среди публикаций две в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и одна в издании, индексируемом в системе Scopus/WoS. Диссертационная работа Д.С. Синельникова представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, соответствующую пункту 9 Положения «О порядке присуждения ученых степеней». Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная проблема повышения эффективности теплофикационных энергоблоков, имеющая существенное значение для теплоэнергетики. Диссертационная работа «Оптимизация параметров энергоблоков ТЭЦ в условиях зонирования температурного графика»

отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Д.С. Синельникова, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты.

Отзыв обсуждён и одобрен на семинаре отдела теплосиловых систем 29 ноября 2019 г.

Заведующий отделом теплосиловых систем
Института систем энергетики
им. Л.А. Мелентьева СО РАН,
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ



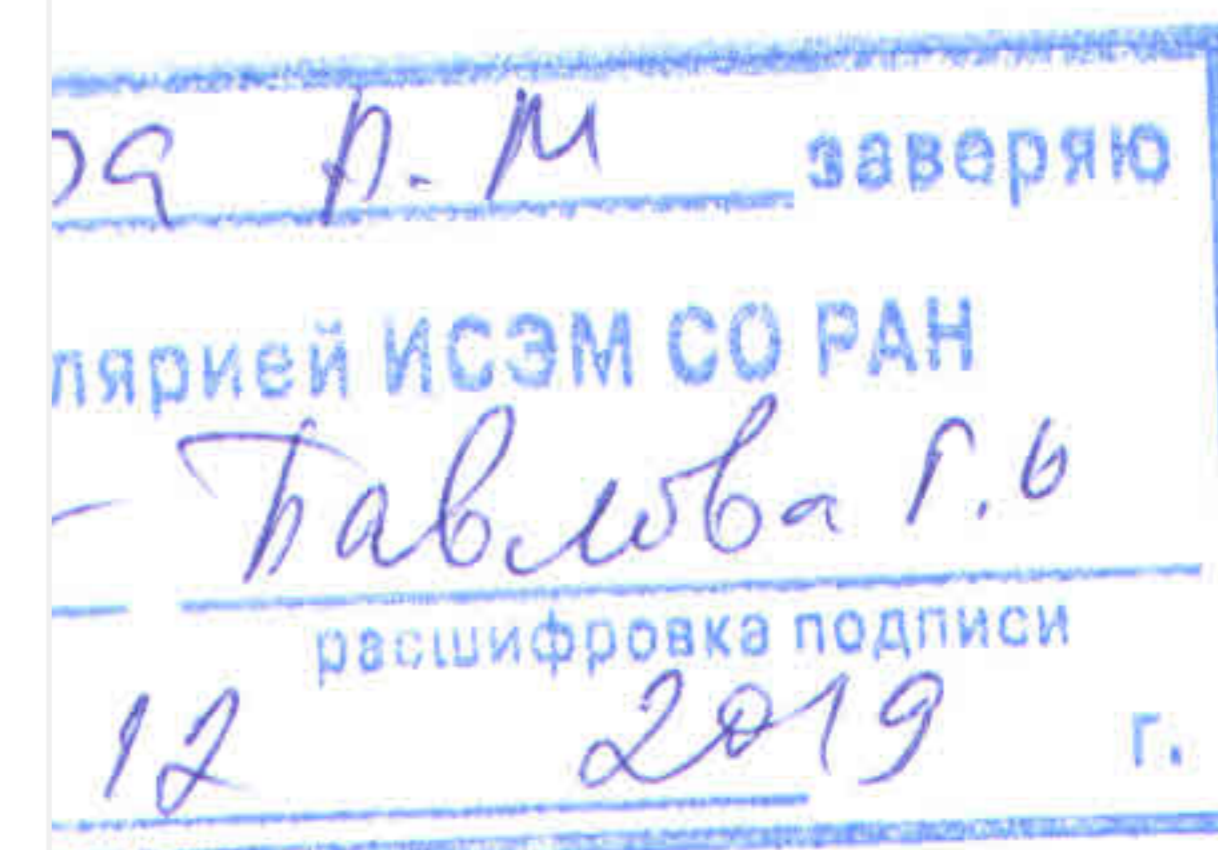
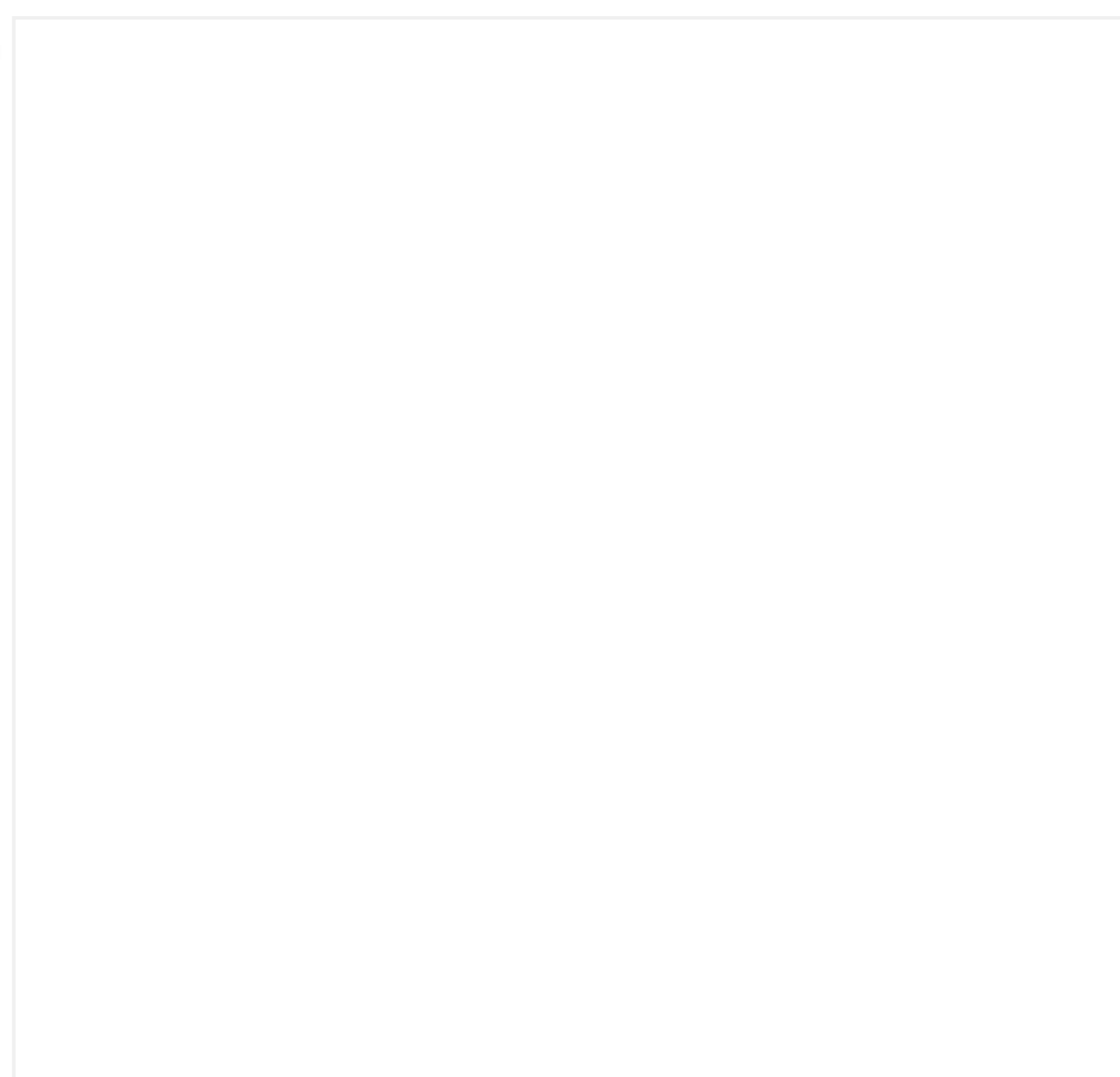
Клер Александр Матвеевич

Адрес: 664033, Иркутск, ул. Лермонтова 130.

Служебный телефон: +7 (3952) 42-47-00

Электронная почта: info@isem.irk.ru

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения
Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН).



*Поступил в совет 5.12.19
Уч. секр. [Signature] / [Signature] АД*

*С отзывом ознакомлен 09.12.2019
[Signature] / [Signature] Р.С.*