

ГЛАВА 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗЛАГАЕМЫХ РАЗРАБОТОК

1.1. Актуальность проблемы.

Система производства, транспорта и потребления тепло- и электро-энергии – это сложившаяся десятилетиями область энергетической отрасли, начало которой было положено в России почти столетие назад. В настоящее время – это сложный энергетический комплекс: энергоисточник (ТЭС, котельные и пр.) с отдельным и комбинированным производством тепло- и электроэнергии, тепло- и электросети, центральные тепловые пункты (ЦТП, подстанции) и потребители. При рассмотрении первоначального звена в системе упомянутого комплекса здесь следует обратить внимание также на мини-ТЭЦ когенерационного типа, работающих на базе поршневых двигателей, парогазовых установок и с котлами-утилизаторами. Это сравнительно новое направление в энергетической отрасли Республики Беларусь. Поэтому вопросы технико-экономических показателей (ТЭП) таких энергоустановок в сравнении с традиционными ТЭЦ и котельными представляют практический интерес.

Работа энергосистемы в целом и отдельных комплексов теплоснабжения требует организации систематического анализа дискретной информации о режимах и технико-экономических показателях оборудования. В настоящее время установлен определённый порядок отчётности, на основании которой спустя некоторое время (сутки, месяц, квартал, год) даётся оценка уровня эксплуатации энергосистемы и её составляющих. При этом возникает ряд проблем, обусловленных состоянием «де-факто» относительно прошедшего времени отчётной информации.

При планировании режимов работы оборудования имеется настоятельная необходимость в разработке надёжных методов прогнозирования по целому ряду показателей. Несмотря на это, к сожалению, по сей день процветает пресловутый метод планирования «от достигнутого».

Уже более десяти лет на страницах нашей и зарубежной печати продолжается дискуссия на тему, какими критериями оценивать эффективность энергосистемы и как наиболее оперативно выполнять анализ ТЭП в условиях рыночных отношений между энергоисточниками и потребителями. Разработка таких критериев основана на автотомельных свойствах ряда процессов, наблюдаемых в области работы Энергосистемы и Потребителя. Они позволят в значительной мере унифицировать и внести корректировки в действующие методы расчётов и анализа ТЭП комплекса в целом: Энергоисточник – Потребитель. Согласно такой модели каждый рядовой потребитель, будучи подобным Энергоисточнику, является своего рода его антиподом, т. е. имеет отрицательные и разные значения объёмов производства. Путём дальнейших исследований изотропных связей каждого из них с Энергоисточником в этом комплексе приходим к понятию адекватных удельных расходов топлива и соответствующих им тарифов.

Перспектива атомной станции, безусловно, внесёт свои коррективы в решение этой проблемы. Но наличие большого числа районных водогрейных

котельных в комплексе с источниками электроэнергии (пусть даже покупной) сохранит влияние феномена теплофикации. Поэтому актуальность решения задачи по дифференциации тарифов на базе этого феномена при одновременном исключении перекрёстного субсидирования остаётся всегда.

Организация так называемого «оперативного контроля» за работой оборудования представляет собой значительный шаг вперёд по сравнению с оценкой его работы на основании отчётной информации в условиях «де-факто». Она требует разработки программных средств, используемых систематически и одновременно в режиме мониторинга (назовём его своего рода «плановым экспериментом»). Организация последнего позволит в значительной мере расширить обработку отчётных (опытных) данных в целях выявления скрытых недостатков в работе исследуемого оборудования и резервов экономии топлива. Важную роль при этом играют результаты факторного анализа [1 – 5] показателей энергоэффективности в системе теплоснабжения. Актуальность таких разработок и необходимость широкого внедрения программных расчётов при эксплуатации оборудования систем теплоснабжения очевидна.

Возрастающие потребности культуры производства являются естественным и закономерным проявлением научно-технического прогресса в области теплоэнергетики. В частности, идея замены двухтрубной прокладки трубопроводом с одним или с двумя кольцевыми каналами открывает новые аспекты в системе теплоснабжения. Появляются возможности выноса «экономайзерной зоны» по подогреву обратной сетевой воды за пределы котла. В перспективе это открывает возможности перестройки и модернизации традиционного теплового баланса системы теплоснабжения и создания новых горизонтов для творческих разработок. Одновременно расширяются возможности стабилизации теплового и гидравлического режимов работы теплосети. Открываются новые варианты повышения её технико-экономических показателей в целом. Поэтому вопросы исследования конструкций и ТЭП теплопроводов с кольцевыми каналами также весьма перспективны.

Выбор и определение критериев энергоэффективности в системе теплоснабжения требует предварительного реформирования старых традиционных представлений об этом комплексе. Эквивалентная замена (в сугубо умозрительном смысле этого слова) традиционного понятия реально существующей сети (состоящей из множества разветвлённых труб) двумя «виртуальными» трубами сетевой воды («прямой» и «обратной») открывает широкие возможности применения автотомельных решений ряда вопросов, касающихся исследуемого комплекса. Последующая разработка на этой основе критериев энергоэффективности отдельных составляющих и системы теплоснабжения в целом является итогом такого реформирования и весьма актуальна. Организация факторного анализа в данном случае рассматривается как естественное приложение к результатам исследования, способствующее удовлетворять возрастающие требования к выявлению перечней и оценкам конкретных причин, влияющих на основные показатели ТЭП в условиях производства.

Значительный резерв теплоты имеется также в уходящих газах за котлами при условии, что температура этих газов намного выше предельно-допустимого уровня. Задача создания котлов с постоянной температурой уходящих газов независимо от нагрузки – это перспективное направление в области рационального использования топлива при его сжигании. В связи с этим в данной работе особое внимание уделяется вопросу каскадной схемы питания котла (КСП) как к способу, позволяющему и снизить, и стабилизировать температуру уходящих газов. Практический интерес вызывают также результаты исследования при работе когенерационной установки (КГУ) с дополнительным использованием теплоты конденсации водяных паров в отработанных газах.

Социально-экономические условия в Республике Беларусь, сложившиеся за последние годы, требуют новых решений и пересмотра устоявшихся концепций в области теплоэнергетики. Поэтому нетрадиционные подходы к решению ряда насущных задач в этой области знаний следует рассматривать, как проявление нормальных тенденций в плане научно-технического прогресса.

1.2. Цель и методы исследования.

Реформирование и усовершенствование традиционных методов оценки технико-экономических показателей (ТЭП) ТЭС, энергосистем, теплосетей и системы теплоснабжения в целом направлено на повышение энергоэффективности оборудования за счёт его модернизации и обеспечения постоянного контроля в условиях эксплуатации. Решение таких производственно-технических задач требует выполнения целенаправленного и систематического анализа отчётных показателей по заранее разработанным программам. Возникает потребность в наличии таких программных средств и методах анализа. Результаты выполненных исследований, изложенных в монографии, рекомендуются к использованию в качестве консультационно-справочных источников при решении ряда научно-прикладных задач в условиях производства, позволяющих выполнять:

- анализ ТЭП энергоисточников на базе нетрадиционного метода;
- определение эффективности производства, транспорта и потребления тепло- и электроэнергии. Оптимизация режимов работы оборудования комплекса: Энергоисточник – Тепло- Электросети – Потребитель»;
- расчёты и определение теплотехнических характеристик модернизированных конструкций паровых и водогрейных котлов с последующей утилизацией уходящих газов: без учёта и с учётом теплоты парообразования входящих в их состав водяных паров;
- расчёт и анализ фактических, а также прогнозирование планируемых показателей теплосетей и системы теплоснабжения в целом на базе нетрадиционного метода оценки их размеров и энергоэффективности;
- расчёт и исследование оптимальных показателей новых теплопроводов типа «труба в трубе», т. е. теплопроводов с кольцевыми каналами;

- определение теплотехнических характеристик (включая нормативные показатели) традиционных теплопроводов в одно- и двухтрубном исполнении в канальной и бесканальной прокладках, включая ПИ-трубы;

- определение теплотехнических характеристик теплосети в целом с учётом показателя комплексной оценки её эффективности и потребителей теплоты;

- определение теплотехнических характеристик ЦТП, и системы теплоснабжения в целом по зависимой и независимой схемам;

- исследование и определение оптимальных режимов работы энергоисточников, тепло- и электроснабжения коммуникационных объектов, включая режимы работы ЦТП и жилых домов и пр. при заданных параметрах теплоносителей.

Расчёт теплообмена в теплопроводах основан на полуэмпирических критериальных уравнениях. Исследования режимов работы ЦТП и системы теплоснабжения домов в целом также основаны на известной методологии из теории подобия теплофизических процессов. В результате разработанные математические модели отдельных составляющих коммуникационных объектов и системы теплоснабжения позволяют выполнять ряд исследований методом математического моделирования.

Ряд положений, рассматриваемых в данной работе, носят проблемный характер. Поэтому акцентирование внимания на решения некоторых задач (таких, как организация систематического мониторинга ТЭП, КСП котлов, повышение эффективности конструкций и режимов работы теплосетей, включая объекты теплоснабжения, и т. д.) имеет целью усилить положительные тенденции в области энергосбережения со стороны компетентного контингента инженерно-руководящего персонала.

1.3. Научная новизна и значимость излагаемых разработок.

Процесс исследования отдельных вопросов в данной монографии сопровождается критическим анализом некоторых существующих положений и обоснованием необходимости их усовершенствования. В порядке альтернативы предлагается ряд дополнительных разработок, отвечающих современным тенденциям научно-технического прогресса. Основные из них:

1. Разработан нетрадиционный метод расчёта и анализа ТЭП (с введением и определением соответствующих критериев) энергоисточников с комбинированным производством тепло- и электроэнергии. Определены конкретные приложения этого метода на примерных программных средствах при оптимизации режимов работы энергоисточников (энергосистем), а также при решении проблем формирования тарифов на тепло- и электроэнергию.

2. В настоящее время КПД традиционных энергоисточников определяется из учёта низшей теплоты сгорания топлива, исходя из того, что конденсация водяных паров в уходящих газах не предусматривается.

В данной монографии, не нарушая того же традиционного метода, основанного на учёте низшей теплоты сгорания топлива, разработан и вводится

дополнительный показатель эффективности энергоисточника, определяющий потребление теплоты конденсации водяных паров.

3. Определены и систематизированы три категории соотношений между массовыми потоками воды через ТЭЦ, пиковые котлы и теплосети, определяющие уровень эффективности системы теплоснабжения в целом. На основании этого разработаны рекомендации по определению оптимального режима работы теплосетей по условиям нагрузок потребителей.

4. Определены основные коррозионноопасные зоны на поверхностях нагрева водогрейных котлов традиционной конструкции, подлежащие обязательному контролю. Рассмотрены и обоснованы варианты модернизации котлов с каскадной схемой питания, как наиболее перспективные мероприятия в области энергосбережения.

5. В настоящее время суммарную объективно существующую поверхность $S_{\text{тс}}$ сети принято называть термином «материальная характеристика теплосети». К сожалению, этот показатель не является критерием, позволяющим определять и сопоставлять между собой геометрические размеры и эффективность теплосетей разных регионов. В данной работе характеристика теплосети, положим, в двухтрубном исполнении сводится к аналогичной характеристике двух виртуальных труб по прямой и обратной сетевой воде. Виртуальные размеры теплосети, т. е. её длина $L_{\text{тс}}$, диаметр $D_{\text{тс}}$ и сечение для потока теплоносителя $F_{\text{тс}}$, адекватны размерам составляющих её труб. Они представляют собой функции от реально существующих значений суммарной поверхности сети $S_{\text{тс}}$ и её объёма $V_{\text{тс}}$. В результате определяется критерий геометрической характеристики теплосети $\Pi_{\text{тс}} = f(S_{\text{тс}}, V_{\text{тс}})$, зависящий от её реальных размеров $S_{\text{тс}}$ и $V_{\text{тс}}$. Такой метод оценки размеров теплосетей позволяет установить ряд автомодельных показателей, связанных с режимами их работы.

Исходя из такого принципа оценки размеров теплосетей следует, что величина относительных теплопотерь $q_{\text{т}}$ в них, выраженная в долях (или процентах) по отношению к отпуску теплоты, не пригодна к применению в качестве сравнительного показателя для сетей разных размеров. В порядке альтернативы в качестве сопоставимого показателя эффективности теплосети предлагается комплекс, выраженный в виде функции $\chi_{\text{тс}} = f(q_{\text{т}}, S_{\text{тс}}, V_{\text{тс}})$.

6. Разработаны методы расчётов нормативных и фактических теплопотерь на основании соответствующего анализа отчётных показателей и значений температур теплоносителей в прямой и обратной сети.

7. Известен классический метод расчёта среднелогарифмического температурного напора и конечных температур при прямоточном (П) и противоточном (Z) движении двух теплоносителей без учёта теплопотерь в окружающую среду. В данной работе разработан аналогичный метод расчёта, но с учётом теплопотерь в окружающую среду.

Аналогичная задача решена применительно к теплопроводу типа «труба в трубе» с центральным потоком по трубе и при наличии одного-двух пе-

риферийных, движущихся в кольцевых каналах. Одновременно учитывается местоположение «горячего» теплоносителя и направление вектора теплопотерь в окружающую среду. Полученные результаты использованы при создании программных средств по исследованию режимов работы теплопроводов и теплообменников применительно к системе теплоснабжения.

8. Традиционный метод расчёта режимов работы отопительных приборов в домах и системы теплоснабжения в целом основан на полуэмпирических зависимостях изменения коэффициентов теплопередачи в этих приборах от температурного напора. В результате вычисляются температурные графики прямой и обратной сетевой воды, положенные в основу регулирования тепловых нагрузок.

В данной монографии расчёт режимов работы отопительных приборов основан на результатах планового эксперимента (мониторинга) в системе теплоснабжения, в итоге которого устанавливается комплекс $\Pi_{об} = K_{об}F_{об}$. Здесь $K_{об}$ – условный коэффициент теплопередачи через некоторую виртуальную поверхность $F_{об}$ исследуемого объекта. Одновременно путём целевого эксперимента определяется аналогичный комплекс $\Pi_{тс} = K_{тс}L_{тс}$ для теплосети. В результате соотношение $R_q = \Pi_{тс}/\Pi_{об} = K_{тс}L_{тс}/(K_{об}F_{об})$ представляет собой теплофизическую характеристику комплекса: теплосети и объектов теплоснабжения в целом.

Установлено, что величина относительных тепловых потерь в сетях представляет собой функцию $q_T = f(t_n, R_q)$, т. е. зависит не только от температуры наружного воздуха t_n , но и от показателя R_q , т. е. зависит от размеров и теплосети, и показателей отапливаемого района.

Метод исследования и определения теплотехнических характеристик центральных тепловых пунктов (ЦТП) и отапливаемых зданий на основании систематической обработки результатов измерений штатными приборами доступен в условиях эксплуатации и положен в основу математических моделей систем теплоснабжения. В конечном итоге на основании установленных характеристик он позволяет разработать комплекс программных средств по выявлению оптимальных режимов работы системы теплоснабжения, т. е. температур, расходов теплоносителя и пр.

9. В порядке примеров разработаны программные файлы, позволяющие исследовать ожидаемую эффективность при создании собственных энергокомплексов на промышленных предприятиях. Рассматриваются также примерные задачи по утилизации теплоты вращающихся печей и усовершенствованию некоторых процессов в теплосиловом хозяйстве завода по выпуску автошин.

10. Действующие «Положения...» и «Инструкции...» по освоению резервов экономии топлива и оценкам энергоэффективности системы теплоснабжения предлагается систематически расширять с учётом излагаемых материалов в данной работе и с обязательным приложением адекватных программных средств.