

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 621.165:697:34

Хоссене Назар Н. Кадам

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ИРАКА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции,
их энергетические системы и агрегаты

Минск, 2012

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете

Научный руководитель **Седнин Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, доцент, Белорусский национальный технический университет, кафедра «Тепловые электрические станции»

Официальные оппоненты: **Романюк Владимир Никанорович**, доктор технических наук, профессор, профессор, Белорусский национальный технический университет, кафедра «Промышленная теплоэнергетика и теплотехника»

Молочко Федор Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, главный специалист, Научно-исследовательское и проектное республиканское унитарное предприятие «БелТЭИ», отдел общей энергетики

Оппонирующая организация Проектное научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «БелНИПИэнергопром»

Защита состоится «28» декабря 2012 г. в 14-00 часов на заседании совета по защите диссертаций Д 02.05.01 при Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г. Минск, проспект Независимости, 65, БНТУ, корпус 2, аудитория 201, телефон (+37517) 293-92-16, факс (+37517) 292-91-37, e-mail: pte@bntu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан «27» ноября 2012 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций, кандидат химических наук, доцент

О.Ф. Краецкая

ВВЕДЕНИЕ

Современное состояние мировой энергетики находится в «переходном периоде», когда одновременно с традиционной энергетикой на органическом и ядерном топливе бурно развивается энергетика на основе возобновляемых энергоресурсов. Учитывая консервативность энергетики и важность достижения опережающих темпов ее развития для экономики любой страны, несомненно, актуальными в условиях ограниченности материально-технических ресурсов являются вопросы структурной и параметрической оптимизации энергетической отрасли и применения многоцелевых энергетических систем. В комплексе перспективных проблем развития теплоэнергетики, требующих своего дальнейшего развития, важное место занимают задачи комбинированного производства электрической энергии и теплоты (холода) на базе совместного использования традиционных и альтернативных видов топливно-энергетических ресурсов.

В настоящее время энергосистема Республики Ирак включает в себя 37 гидроэлектростанций (ГЭС) и около 200 газотурбинных (ГТУ ТЭС), паротурбинных (ПТУ ТЭС) и дизельных (ДЭС) электростанций суммарной установленной мощностью около 15 ГВт. При этом максимальная собственная часовая выработка электроэнергии составляет менее 5 ГВт·ч при спросе около 8 ГВт·ч. Основной причиной данной ситуации является низкий коэффициент готовности электростанций, вызванный как нехваткой ремонтного и эксплуатационного персонала и разрушением внешних коммуникаций, так и необходимостью обновления основного энергогенерирующего оборудования. Кроме того, в последние годы резко уменьшилась фактическая производительность гидроэлектростанций из-за снижения уровня воды в реках Ирака. В сложившейся ситуации насущно и остро встал вопрос: каким образом восстанавливать энергетические мощности и проводить модернизацию существующих энергетических объектов, как сбалансировать топливно-энергетический баланс? Очевидно, что для решения этой проблемы необходима разработка комплекса мероприятий, направленных на строительство новых генерирующих источников и восстановление инфраструктуры энергетики. Одним из приоритетных направлений для Республики Ирак должно стать широкое применение комбинированных энергетических систем, в т.ч. работающих на альтернативных источниках энергии.

В диссертационной работе представлены результаты исследований по анализу эффективности комбинированных энергетических систем, структурной и параметрической оптимизации систем электро- и холодоснабжения с теплоэлектроцентралями средней и малой мощности, работающими как на органическом топливе, так и использующими солнечную радиацию, применительно к условиям Республики Ирак, которые представляется возможным использовать в качестве научно-методического обеспечения при решении соответствующих задач перспективного планирования и прогнозирования развития энергетики.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами и темами. Настоящая работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) в соответствии с планом НИР кафедры «Тепловые электрические станции», утвер-

жденным НТС БНТУ. Тема диссертации одобрена Советом энергетического факультета БНТУ (протокол № 1 от 28 сентября 2009 г.) и утверждена приказом ректора БНТУ от 16.11.2009 г. № 5022.

Тема диссертационной работы соответствует перечню приоритетных направлений научных исследований, утвержденного Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585 по разделу 1 Энергообеспечение, энергосбережение, энергоэффективность, энергоэффективные технологии (пункты: 1.1. энергетическая безопасность, надежность энергоснабжения, прогнозирование развития производства и потребления энергии и 1.5. использование возобновляемых источников энергии, вторичных энергоресурсов и местных видов топлива), а также задачам Постановления Парламента Республики Ирак от 30.06.2012 г. №10 о реализации в энергетическом секторе проектов возобновляемых источников энергии.

Цель и задачи исследования. В настоящее время в Республике Ирак среди важнейших для народного хозяйства проблем обозначена проблема восстановления энергосистемы страны. В 2008 году Министерство энергетики Республики Ирак приняло программу по увеличению производственных мощностей и повышению эффективности передачи и распределения электроэнергии для покрытия всего внутреннего потребления. Программой предусматривались как реабилитация существующих объектов энергетики, так и строительство новых. Реализация программы планировалась поэтапно в период с 2009 по 2014 год. В то же время программой обозначена необходимость проведения научных исследований в области оптимизации и прогнозирования развития энергетики на долгосрочный период.

Одним из перспективных направлений повышения эффективности энергоснабжения Республики Ирак можно считать внедрение теплофикационных систем и централизованного холодоснабжения. Географическое местоположение Ирака, большое число ясных дней с высоким значением солнечной радиации делают его летом одним из самых жарких стран мира. Потребность в охлаждении воздуха возникает в середине апреля и продолжается до конца октября. Кроме потребности в кондиционировании воздуха постоянно возрастает потребность в холодоснабжении крупных промышленных предприятий и жилого сектора. Широкое внедрение комбинированного производства электроэнергии и холода позволит существенно повысить эффективность топливоиспользования.

Объектом настоящего исследования являются распределенные теплофикационные системы электро- и холодоснабжения.

Предмет исследования – структурные схемы и технико-экономические показатели комбинированных энергосистем электро- и холодоснабжения для условий совместного использования солнечной радиации и органического топлива.

Целью работы является разработка научно обоснованных технических решений и методических положений для проектирования распределенных комбинированных энергетических систем с высокой энергоэкологической эффективностью и отличающихся совместным использованием в качестве источника энергии солнечной радиации и органического топлива.

Для достижения указанной цели в диссертационной работе были поставлены задачи:

– выполнить анализ состояния энергетики Республики Ирак и определить основные инновационные решения в сфере комбинированного производства энергии и холодоснабжения;

– обосновать выбор рационального состава основного энергетического оборудования для теплофикационных систем централизованного холодоснабжения применительно к условиям Республики Ирак;

– провести численное исследование и определить условия эффективного применения солнечной радиации для систем централизованного холодоснабжения;

– провести численное исследование и разработать методику для определения эффективности применения солнечных теплофикационных электростанций для систем централизованного холодоснабжения.

Положения, выносимые на защиту:

– результаты анализа эффективности комбинированных энергетических систем по производству электроэнергии и холода с применением в качестве основного оборудования газотурбинных и парогазовых установок и парокompрессионных и абсорбционных холодильных машин применительно к климатическим условиям Республики Ирак;

– результаты параметрической оптимизации комбинированных систем холодоснабжения с применением солнечных коллекторов плоского и вакуумного типов, водогрейных котлов, газовых микротурбин и парокompрессионных и абсорбционных холодильных машин при совместном использовании органического топлива и солнечной радиации;

– результаты параметрической оптимизации распределенных комбинированных систем по производству электроэнергии и холода, в состав которых входят удаленные солнечные электростанции коллекторного типа с паротурбинными установками на органическом теплоносителе с пиковыми водогрейными котельными на органическом топливе и абсорбционные холодильные машины, расположенные в центре нагрузок холодоснабжения, применительно к климатическим условиям Республики Ирак;

– методика определения рационального температурного графика отпуска тепловой энергии и оптимального предельного радиуса теплоснабжения для распределенных комбинированных систем по производству электроэнергии и холода, в состав которых входят удаленные солнечные электростанции коллекторного типа с паротурбинными установками на органическом теплоносителе с пиковыми водогрейными котельными на органическом топливе и абсорбционные холодильные машины, расположенные в центре нагрузок холодоснабжения.

Личный вклад соискателя. Диссертационная работа выполнена соискателем самостоятельно с учетом достижений мировой науки по данной проблематике. Совместно с научным руководителем определены цель и задачи исследования, сформулированы основные выводы по полученным результатам. Соавторам в совместных работах принадлежит обсуждение результатов исследований.

Апробация результатов диссертации. Основные положения и выводы представлены в опубликованных работах и доложены автором на научно-технических конференциях, в том числе на VIII, IX и X Международных научно-технических конференциях «Наука – образованию, производству, экономике» (Минск: 2010, 2011 и 2012 гг.), «Современные научно-технические проблемы теплоэнергетики. Пути решения» (Саратов: 2010 и 2012 гг.), Республиканской научной конференции студентов и аспирантов «НИРС-2011» (Минск, 2011 г.).

Опубликованность результатов диссертации. Результаты диссертационной работы опубликованы в 11 научных работах, из которых 5 – в журналах, включенных в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по соответствующему научному направлению, 2 – в материалах научных конференций; 4 – в тезисах докладов на научных конференциях. Общий объем данных публикаций – 2,1 авторского листа (из них 2,1 в соавторстве).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка, включающего 130 источников (из них 11 публикаций соискателя) и трех приложений. Общий объем работы составляет 141 страниц, в том числе 68 иллюстраций на 60 страницах, 17 таблиц на 20 страницах и 15 страниц приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность исследований в области повышения эффективности энергетических объектов Республики Ирак и дана общая характеристика диссертации.

В первой главе представлены литературный обзор и анализ основных проблем организации энергоснабжения в странах с жарким климатом, определены основные тенденции развития энергетических объектов, рассмотрено современное состояние технических устройств для использования солнечной энергии. Определена цель и выполнена постановка задач исследования.

Во второй главе представлен анализ распределенных систем комбинированного производства электроэнергии и холодоснабжения. Повышение уровня комфорта населения и требования соблюдения санитарно-гигиенических норм в различных помещениях, где необходимо охлаждение воздуха, обусловили увеличение потребности в топливно-энергетических ресурсах на эти цели. Так, в условиях Ирака для административных и производственных зданий, магазинов кондиционирование необходимо в жаркий период года, а для медицинских учреждений постоянно. С целью повышения энергоэффективности целесообразным является развитие теплофикационных систем электро- и холодоснабжения (СЦХ) с применением как парокомпрессионных (ПКХМ), так и абсорбционных (АБХМ) холодильных машин.

В диссертации предложены и исследованы несколько вариантов структурной организации системы централизованного холодоснабжения применительно к климатическим условиям Республики Ирак. За базовый вариант принята схема на базе ПКХМ с электроприводом и использованием электроэнергии из энергосистемы. Энергетическая эффективность данной схемы определяется коэффициентом преобразования энергии ПКХМ и удельным расходом топлива на выработку электроэнергии в энергосистеме. В качестве альтернативных вариантов рассматривались:

– комбинированная установка в составе газотурбинной установки (ГТУ) и ПКХМ (вариант 2);

– комбинированная установка в составе ГТУ и АБХМ, работающей за счет теплоты уходящих газов ГТУ (вариант 3);

– комбинированная установка в составе парогазовой установки (ПГУ) и ПКХМ (вариант 4). Во всех вариантах предусматривается отпуск избыточной выработки электроэнергии в энергосистему. Для каждого из сравниваемых вариантов составля-

лась расчетная модель. Для оценки эффективности работы ГТУ при различных температурах наружного воздуха и процентах загрузки была составлена математическая модель тепловой схемы ГТУ на базе реальных эксплуатационных характеристик газовой турбины типа SGT-800 фирмы Siemens. Котел-утилизатор ПГУ представлялся одноконтурным котлом с параметрами генерируемого пара на паровую турбину 6,4 МПа и 460 °С. В четвертом варианте мощность паровой турбины принималась равной мощности компрессора, входящего в состав ПКХМ. Все остальные механизмы собственных нужд используют электроэнергию, вырабатываемую газовой частью ПГУ. Для расчёта параметров работы ПКХМ использовали программы Solkane V.7.

В качестве функции цели F была принята зависимость вида

$$F = K + n(I_{\text{эк}} + c_{\text{т}}B_{\text{т}} + I_{\text{CO}_2} \pm c_{\text{э}}\text{Э}) \rightarrow \min, \text{ долл. США}, \quad (1)$$

где K – капитальные затраты, долл. США;

$c_{\text{т}}$ – стоимость условного топлива, долл. США /т у.т.;

$B_{\text{т}}$ – расход условного топлива, т у.т./год;

$I_{\text{эк}}$ – эксплуатационные издержки, долл. США/год;

I_{CO_2} – плата за выбросы CO_2 (введена для учета экологического эффекта от строительства комбинированного источника), долл. США/год;

$c_{\text{э}}$ – тариф на покупку (продажу) электроэнергии, долл. США/(кВт·ч);

Э – объем покупки (знак плюс) или продажи (знак минус) электроэнергии, кВт·ч/год;

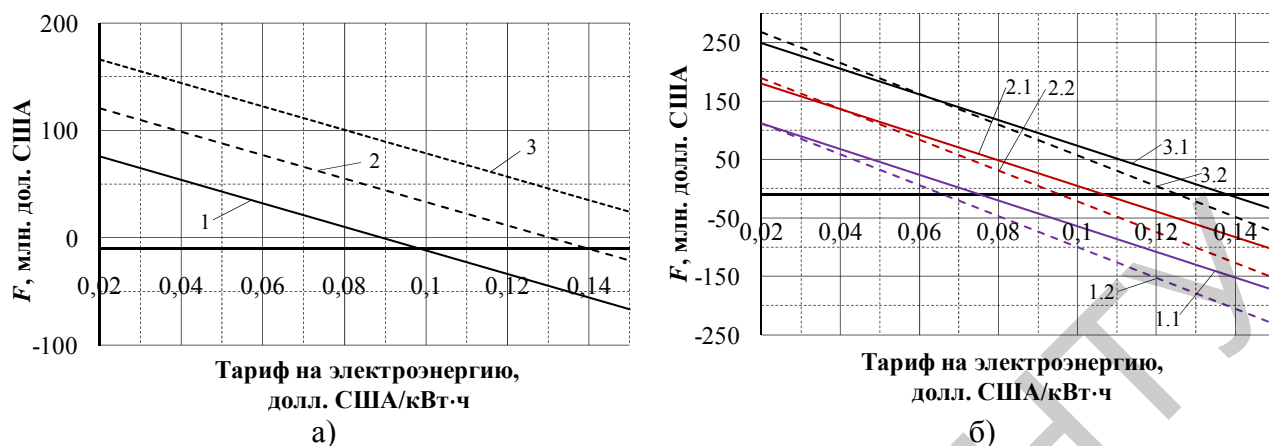
n – расчетный период, лет (принимался равным 25 годам).

Системную экономию топлива определяли для среднего КПД по производству электроэнергии в энергосистеме Республики Ирак, равного 38 %. Во всех вариантах для покрытия нагрузки холодоснабжения потребителей использовалась вода с температурой 8 °С, а температура обратной воды принималась равной 12 °С. Характерные итоговые результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры альтернативных вариантов организации СЦХ

№	Параметр	Вариант			
		Базовый	2	3	4
1	Нагрузка холодоснабжения, ГВт·ч/год	63,4			
2	Потребление электроэнергии на производство холода (ПКХМ, АБХМ), ГВт·ч/год	15,27	0,00	0,00	0,00
3	Электроэнергия, отпущенная в энергосистему, ГВт·ч/год	0,00	75,97	43,73	86,63
4	Увеличение (+) или снижение (-) расхода топлива в энергосистеме в результате работы СЦХ, млн. м ³ /год	4,45	-22,25	-12,77	-25,27
5	Потребление топлива (ГТУ, пиковый котел), тыс. т у.т./год	0,00	33,31	21,94	37,17
6	Увеличение (+) или снижение (-) выбросов CO_2 энергосистемой в результате работы СЦХ, тыс. т/год	9,39	-46,73	-26,93	-53,29
7	Количество выбросов CO_2 при работе ГТУ и пиковых котлов, тыс. т/год	0,00	57,82	38,10	59,33

Влияние стоимости органического топлива и тарифа на электроэнергию на целевую функцию F представлено на рисунке 1.



а)
 $1 - c_T = 100$ долл./т у. т.;
 $2 - 200$; $3 - 300$

б)
 $1.1, 1.2 - c_T = 100$ долл./т у. т.;
 $2.1, 2.2 - 200$; $3.1, 3.2 - 300$

Рисунок 1 – Влияние на целевую функцию F тарифа на электроэнергию и стоимости топлива для вариантов 3 (а), 4(б, кривые х.1) и 4.2.(б, кривые х.2)

Основной особенностью комбинированной установки по варианту 4 является изменение в противофазе мощности теплового потока с уходящими дымовыми газами от ГТУ, который утилизируется для генерации пара в котле-утилизаторе, и требуемой для работы ПКХМ мощности паровой турбины от температуры наружного воздуха. При увеличении температуры наружного воздуха количество теплоты потока дымовых газов после ГТУ уменьшается, в то время как мощность паровой турбины должна увеличиваться вследствие роста мощности ПКХМ. И, наоборот, при снижении температуры наружного воздуха эффективность работы ГТУ повышается и увеличивается количество теплоты потока отходящих дымовых газов, в тоже время производительность котла-утилизатора должна снижаться в результате уменьшения нагрузки системы холодоснабжения. В случае принудительной разгрузки ГТУ до определенного предела при уменьшении температуры наружного воздуха количество теплоты с уходящими газами практически не изменяется. При более глубокой разгрузке турбины температура дымовых газов снижается до уровня, который не может обеспечить получение требуемых параметров водяного пара перед паровой турбиной без организации дополнительного сжигания топлива в котле-утилизаторе, либо требует установки дополнительного парогенератора.

Таким образом, при использовании ГТУ и ПГУ в системах централизованного холодоснабжения, особенно для стран с жарким климатом, необходимо предусматривать либо стабилизацию температуры наружного воздуха перед компрессором ГТУ путем установки дополнительных воздухоохладителей, либо системы аккумуляции холода для компенсации неравномерности его выработки. В ходе численного исследования дополнительно были рассмотрены два варианта с охлаждением воздуха перед газовой турбиной и поддержанием ее постоянной на уровне $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение суток: вариант 4.1 – с использованием дополнительной ПКХМ; вариант 4.2 – с использованием АБХМ. Возможность применения АБХМ определяется относительно высокой температурой дымовых газов на выходе из котла-утилизатора. Итоговые результаты расчёта приведены в таблице 2 и проиллюстрированы на рисунке 1б. Они пока-

зывают, что наиболее оптимальным, с точки зрения системной экономии топлива, будет вариант с дополнительной установкой АБХМ для охлаждения воздуха перед ГТУ.

Таблица 2 – Основные характеристики вариантов схемы с ПГУ

№	Параметр	Вариант 4	Вариант 4.1	Вариант 4.2
1	Нагрузка системы холодоснабжения, МВт·ч/сут.	565,7		
2	Потребление электроэнергии для производства холода, МВт·ч/сут.	149,2	161,8	149,9
3	Отпуск электроэнергии в энергосистему, МВт·ч/сут.	415,3	527,8	539,7
4	Среднее потребление топлива, кг/с	1,23	1,47	1,47
5	Средняя системная экономия расхода топлива, кг/с	0,239	0,293	0,323

В третьей главе диссертационной работы рассмотрены вопросы эффективности применения солнечных панелей для централизованного холодоснабжения. Проведено сравнение эффективности применения вакуумных и плоских коллекторов применительно к климатическим условиям г. Багдада для подогрева воды для работы АБХМ. На рисунке 2 показаны графики зависимостей для удельной выработки тепловой энергии вакуумными и плоскими коллекторами применительно к климатическим условиям г. Багдада.

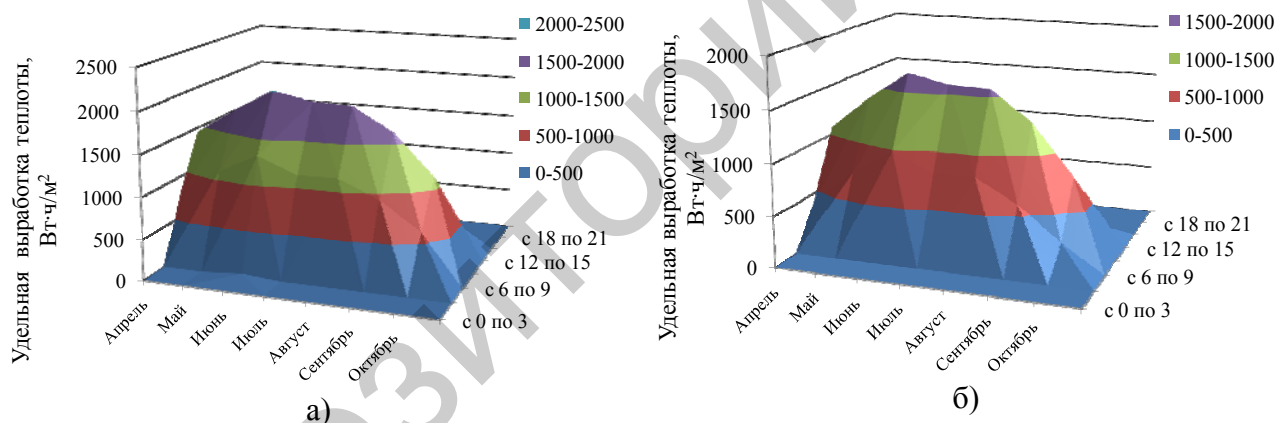


Рисунок 2 – Удельная выработка тепловой энергии (на 1 м²) вакуумными (а) и плоскими (б) коллекторами за сутки

Суточная тепловая нагрузка $Q_{сут}$ на потребление холода вычислялась по формуле:

$$Q_{сут} = Q_{хол}^p \int_{\tau} q_{хол}(t) d\tau \approx \sum_{i=1}^{24} Q_{хол}^p q_{хол,i} \Delta\tau = Q_{хол}^p \Delta\tau \sum_{i=1}^{24} \frac{(t_{нв,i} - t_{п}^p)}{(t_{нв}^p - t_{п}^p)}, \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{сут.},$$

где $Q_{хол}^p$ – расчетная нагрузка системы холодоснабжения, кВт;

$q_{хол}$, $q_{хол,i}$ – относительная нагрузка холодоснабжения соответственно произвольного и среднечасового потребления холода, доли;

$\Delta\tau$ – временной интервал суммирования (принят равным 1), ч/сут.;

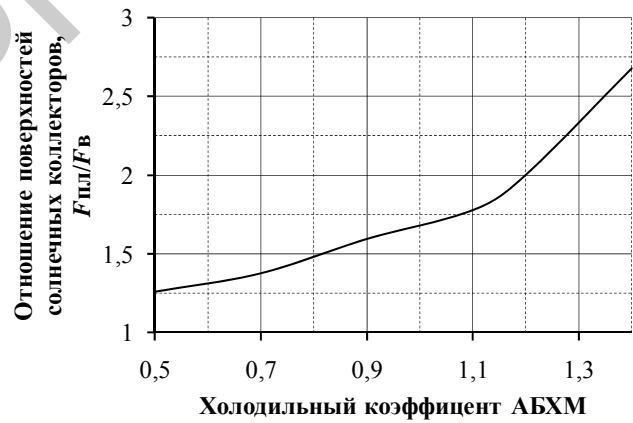
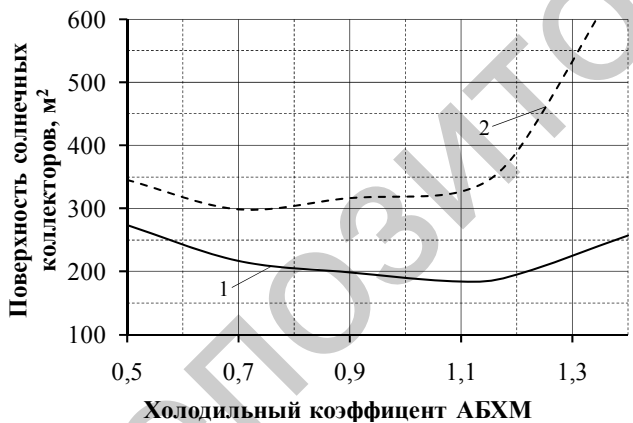
$t_{нв}$, $t_{нв.i}$ и $t_{нв.p}$ – температура наружного воздуха соответственно текущая, средне- часовая и расчетная для проектирования системы центрального холодоснабжения, °С;

$t_p^п$ – расчетная температура воздуха внутри помещения, принималась равной 25 °С.

Исходные данные и результаты расчетов для $Q_{хол}^p = 70$ кВт приведены в таблице 3 и проиллюстрированы графиками на рисунке 3.

Таблица 3 – Технические характеристики систем холодоснабжения с применением АБХМ и солнечных коллекторов различного типа (за 8 месяцев)

Холодильный коэффициент АБХМ	Температура воды в солнечном коллекторе, °С	Среднесуточная выработка теплоты вакуумными коллекторами, кВт·ч/сут.	Среднесуточная выработка теплоты плоскими коллекторами, кВт·ч/сут.	Требуемое суммарное количество теплоты для работы АБХМ, МВт·ч	Требуемая площадь вакуумных коллекторов, м ²	Требуемая площадь плоских коллекторов, м ²
0,5	63	29,84	23,66	8157,6	273,3	344,7
0,7	79	26,92	19,54	5826,9	216,4	298,1
0,9	100	22,86	14,34	4532,0	198,18	316,0
1,1	113	20,19	11,36	3708,0	183,6	326,3
1,2	125	17,46	8,73	3399,0	194,6	389,3
1,4	150	11,33	4,23	2913,4	256,9	687,2



а) 1 – вакуумный; 2 – плоский

Рисунок 3 – Требуемые площади коллекторов вакуумных и плоского типа (а) и соотношение между ними (б)

Из графика на рисунке 3а следует, что минимальное количество коллекторов плоского типа будет при холодильном коэффициенте АБХМ, равном 0,7, для вакуумного типа – 1,15. В любом случае плоских солнечных коллекторов требуется больше, чем вакуумных (рисунок 3б), что объясняется меньшим КПД. При этом соотношение в пользу вакуумных коллекторов увеличивается с ростом холодильного коэффициента.

Дополнительно было проведено сравнение плоских и вакуумных коллекторов с целью определения разности температур $\delta t = t_m - t_a$, при которой применение плоских коллекторов становится выгоднее.

Для анализа использовалась функция вида

$$F_c = k_b S_b - k_n S_n, \text{ долл. США}, \quad (2)$$

где k_b и k_n – удельные затраты в коллекторы соответственно вакуумного и плоского типов, долл. США/м²;

S_b и S_n – требуемые площади коллекторов вакуумного и плоского типов, м².

С учетом того, что данные по значениям номинальной солнечной радиации приводятся для восьми трехчасовых интервалов в сутки, а эмпирические зависимости для КПД солнечных коллекторов приводятся в виде полинома второй степени, выражение (2) принимает вид

$$F_c = \frac{Q_{\text{сут}}}{\Delta t} \left[\frac{k_n}{\sum_{j=1}^8 R_j (\eta_{n0} - a_{n1} R_j^{-1} \delta t - a_{n2} R_j^{-1} (\delta t)^2)} - \frac{k_b}{\sum_{j=1}^8 R_j (\eta_{b0} - a_{b1} R_j^{-1} \delta t - a_{b2} R_j^{-1} (\delta t)^2)} \right],$$

где $Q_{\text{сут}}$ – суточная тепловая нагрузка, Вт·ч/сут.;

Δt – временной интервал суммирования (принят равным 3), ч/сут.;

R_j – номинальная солнечная радиация для восьми трехчасовых интервалов в сутки, Вт/м²;

$\delta t = t_m - t_a$ – средняя разность температур на коллекторе, °С;

t_m – средняя температура теплоносителя в коллекторе, °С;

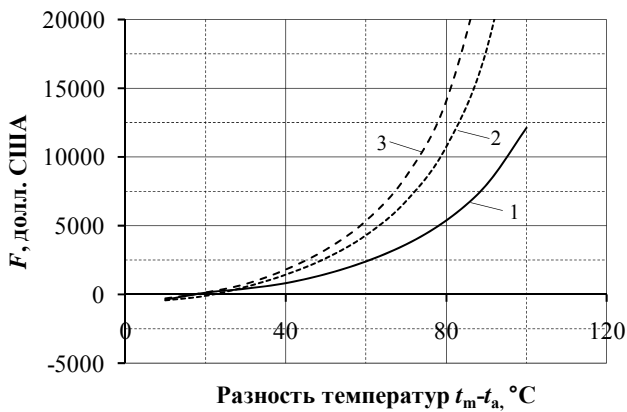
t_a – температура наружного воздуха, °С;

η_{n0} , a_{n1} , a_{n2} и η_{b0} , a_{b1} , a_{b2} – коэффициенты уравнений для оптических КПД солнечных коллекторов соответственно для плоского и вакуумного типов, доли, Вт·(м²·°С)⁻¹ и Вт·(°С)⁻²·(м²)⁻¹.

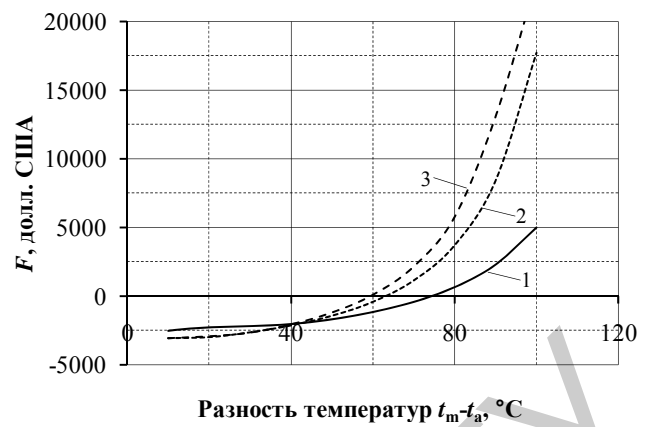
Коэффициенты с индексом "в" – относятся к вакуумным панелям, "п" – к плоским.

На рисунке 4 представлены графики зависимости функции F_c от разности $\delta t = t_m - t_a$ при различных уровнях суточной радиации (с учетом месяца года), характерной для г. Багдада, и различных соотношениях удельных капитальных затрат в коллекторы вакуумного и плоского типов.

На рисунке 5 представлена функция F_c для летнего периода времени года в зависимости от соотношения удельных капитальных затрат k_b / k_n , на рисунке 6 – граничные значения разности температур $\delta t = t_m - t_a$, при которых применение вакуумных коллекторов становится более выгодным. Чем больше расчетная разница температур, тем больше может быть соотношение k_b / k_n , при котором применение вакуумных коллекторов становится выгодным.



а)

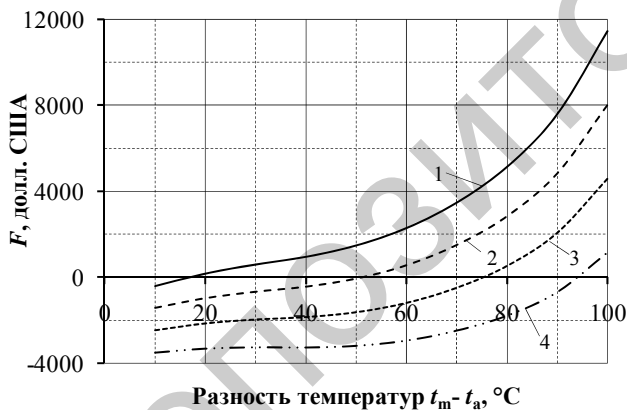


б)

1 – август; 2 – апрель; 3 – сентябрь

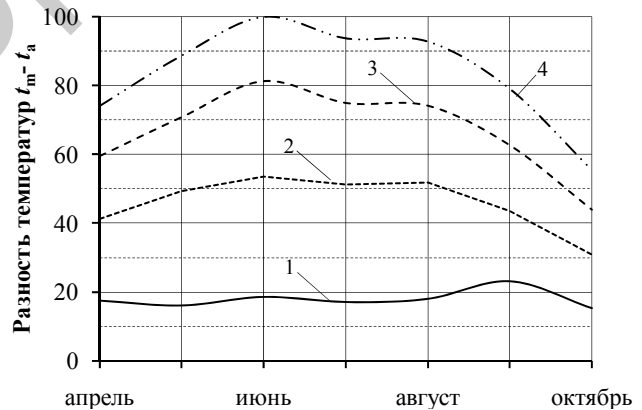
Рисунок 4 – Характер изменения функции F_c в зависимости от разности температур $(t_m - t_a)$ при различном соотношении удельных затрат в коллекторы вакуумного и плоского типов: а) $k_B / k_{\Pi} - 1,14$, б) $k_B / k_{\Pi} - 1,6$

Также были сопоставлены варианты СЦХ из комбинации солнечных коллекторов с различными дополнениями в качестве пикового оборудования (рисунок 7): ПКХМ с приводом от энергосистемы; водогрейного котла на природном газе и газовой микротурбинной установкой. Показано, что для комбинированных систем с применением солнечных панелей и водогрейного котла и солнечных коллекторов и газовых микротурбин, работающих на органическом топливе, оптимальная площадь солнечных коллекторов зависит от схемы включения последних и соотношения тарифов на покупную электроэнергию и органическое топливо.



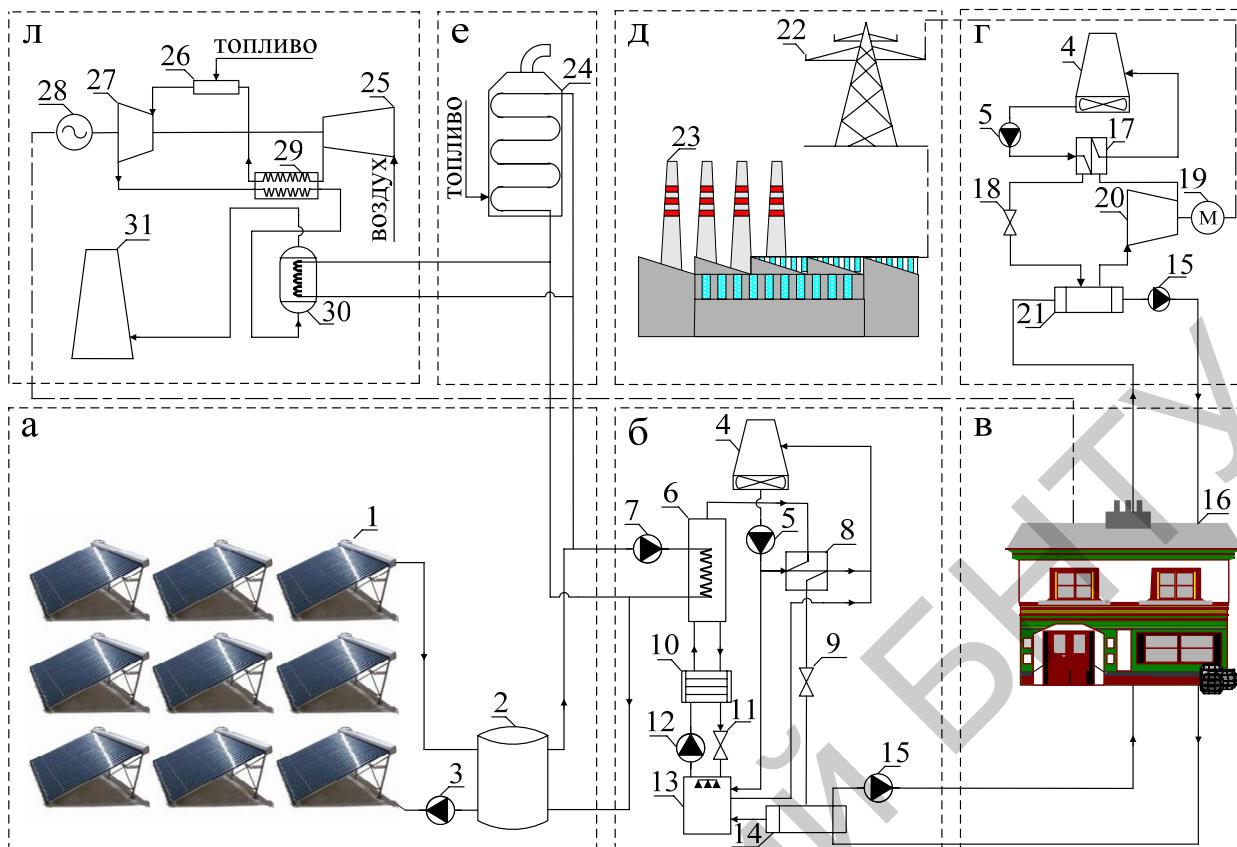
1 – $k_B / k_{\Pi} = 1,14$; 2 – 1,33; 3 – 1,6; 4 – 2;

Рисунок 5 – Влияние разности температур $(t_m - t_a)$ на функцию F_c при различных соотношениях k_B / k_{Π} для условий июля



1 – $k_B / k_{\Pi} = 1,14$; 2 – 1,33; 3 – 1,6; 4 – 2;

Рисунок 6 – Граничные значения разности температур $(t_m - t_a)$ при различных соотношениях k_B / k_{Π} , выше которых преимущества имеют вакуумные коллекторы



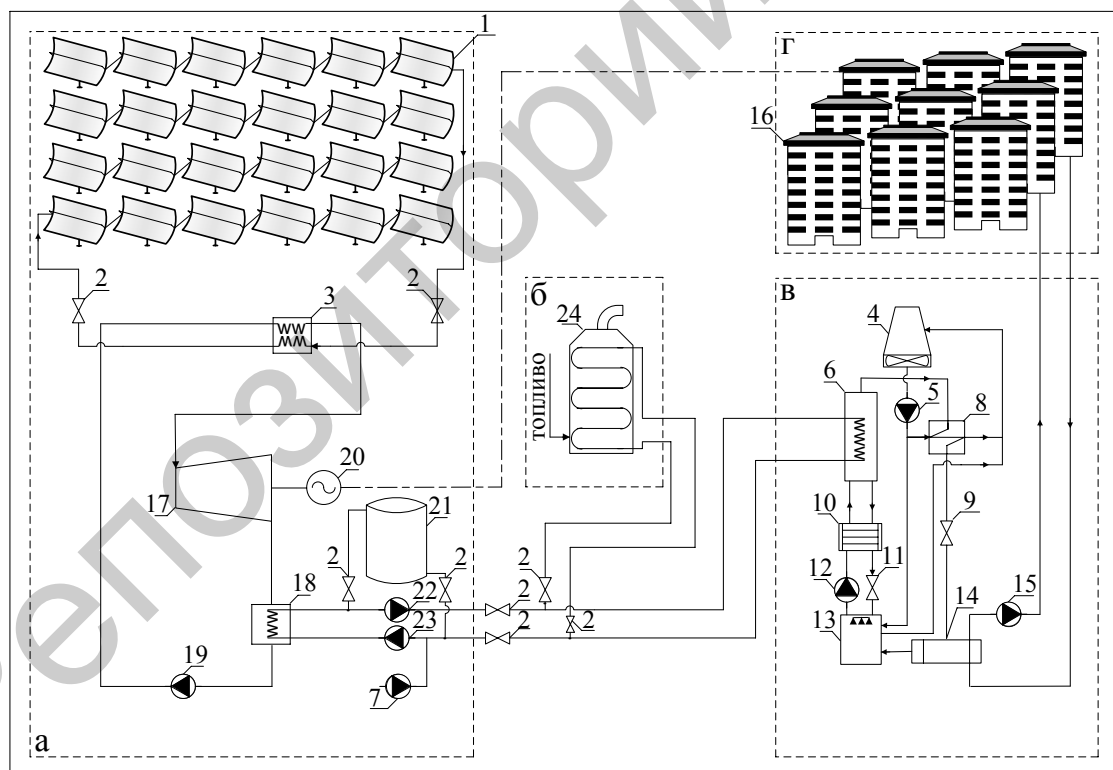
1 – солнечный коллектор; 2 – бак-аккумулятор; 3 – циркуляционный насос; 4 – градирня; 5 – насос обратной (охлаждающей) воды; 6 – тепловой генератор АБХМ; 7 – водяной насос; 8 – конденсатор АБХМ; 9 – дроссельный вентиль хладагента; 10 – регенеративный теплообменник; 11 – дроссельный вентиль слабого раствора; 12 – насос крепкого раствора; 13 – абсорбер; 14 – испаритель АБХМ; 15 – сетевой насос потребителя холода; 16 – потребитель холода; 17 – конденсатор ПКХМ; 18 – дроссель; 19 – электродвигатель; 20 – компрессор ПКХМ; 21 – испаритель ПКХМ; 22 – ЛЭП; 23 – электростанция; 24 – водогрейный котел; 25 – компрессор ГТУ; 26 – камера сгорания; 27 – газовая турбина; 28 – электрогенератор; 29 – рекуператор; 30 – теплообменник; 31 – дымовая труба

Рисунок 7 – Структура комбинированной системы централизованного холодоснабжения с применением солнечных панелей, АБХМ, ПКХМ, водогрейного котла, газовой микротурбины

Четвертая глава диссертации посвящена исследованию условий эффективности применения солнечных электростанций для систем централизованного холодоснабжения. Объектом анализа и оптимизации в данном случае выступала система централизованного холодоснабжения потребителей с применением солнечной теплоэлектроцентрали с коллекторами параболического типа и АБХМ, расположенной в зоне размещения потребителей холода (рисунок 8). Тепловая энергия, требуемая для работы АБХМ, транспортируется от источника теплоты по тепловым сетям в двухтрубном исполнении с надземной прокладкой. В качестве источника тепловой энергии принята солнечная электростанция с применением паротурбинных установок на органическом теплоносителе (ОРЦ-установка). Для упрощения алгоритма вычислительного эксперимента была выполнена декомпозиция объекта исследования на следующие подсистемы: источник теплоты, тепловые сети и АБХМ.

За основной был принят вариант, когда вся тепловая энергия, необходимая для работы АБХМ поступает от сетевого подогревателя (конденсатора) ОРЦ-установки. В остальных вариантах в качестве теплоисточника, кроме конденсатора ОРЦ, предусматривается использование пиковой водогрейной котельной, расположенной на территории солнечной электростанции и работающей на органическом топливе. В качестве топлива для водогрейной котельной принимался природный газ с низшей теплотой сгорания $Q_p^h = 31500 \text{ кДж/м}^3$.

Температурный режим работы АБХМ был определен следующими параметрами: температура прямой сетевой воды $95 \text{ }^\circ\text{C}$, обратной $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Конденсатор ОРЦ работает с температурным напором, равным $5\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$. Рабочим телом ОРЦ был принят н-октан. Температурный режим нагрева термического масла в солнечных коллекторах принимался в двух диапазонах: $260/240 \text{ }^\circ\text{C}$ и $340/300 \text{ }^\circ\text{C}$. Расчетная нагрузка системы холодоснабжения потребителей принималась равной 20 МВт . Рассматривались климатические условия г. Багдада. Для сглаживания пиков неравномерности производства тепловой энергии и потребления холода была предусмотрена установка баков-аккумуляторов сетевой воды. В модели предусматривается использование одно- и двухступенчатой АБХМ с зависимостями холодильного коэффициента от температуры прямой сетевой воды. В качестве критерия оптимальности была принята экономическая функции F в виде (1).



1 – 16 см. рисунок 7, 17 – ОРЦ-установка; 18 – конденсатор ОРЦ-установка;
19 – питательный насос; 20 – электрогенератор; 21 – бак-аккумулятор сетевой воды;
22, 23 – сетевые насосы 1-го и 2-го подъёмов; 24 – водогрейный котёл

Рисунок 8 – Структура системы централизованного холодоснабжения с применением солнечных коллекторов параболического типа, АБХМ, ОРЦ и пикового водогрейного котла

Численный эксперимент выполнялся для следующих температурных режимов работы тепловой сети: 95/70 °С; 105/70 °С; 115/70 °С; 125/70 °С. При этом для режима 125/70 °С применяется двухступенчатая АБХМ. Для определения оптимальной мощности пикового источника (водогрейной котельной) были приняты различные значения коэффициента теплофикации ($\alpha_{\text{ТЭЦ}}=0,7; 0,5; 0,3$). Коэффициент полезного действия пикового источника принимался равным 0,87. Тепловые потери по длине тепло-трассы распределяются между конденсатором ОРЦ и пиковым источником пропорционально тепловой мощности каждого, соответственно. Во всех сравниваемых вариантах годовая нагрузка по холоду принималась постоянной.

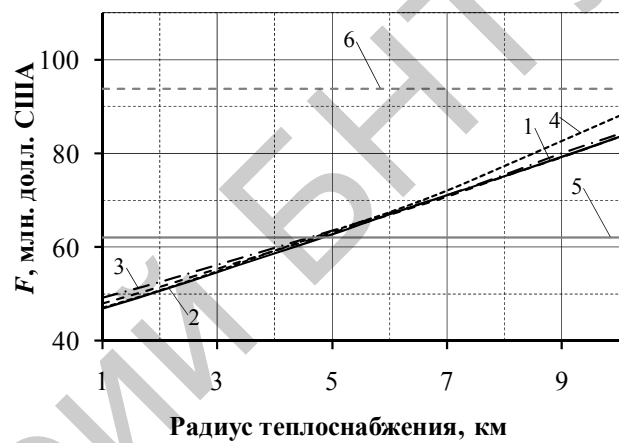
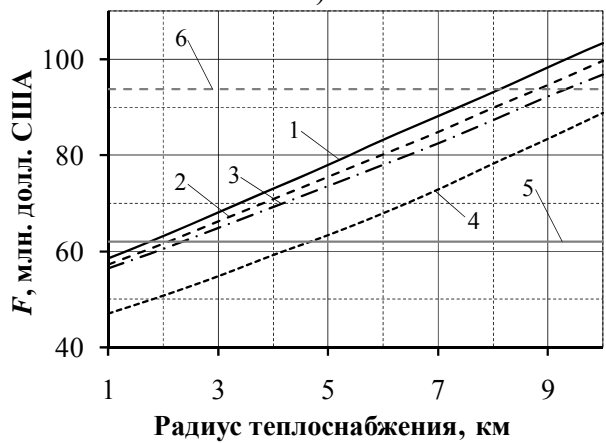
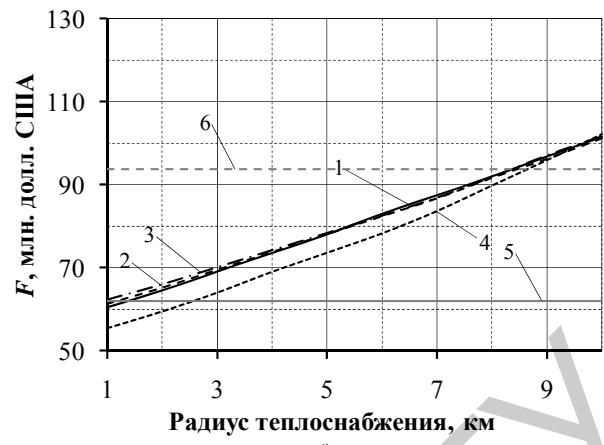
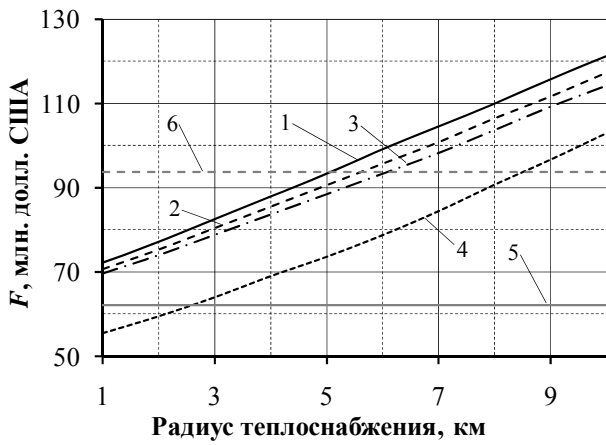
Зависимость функции F от радиуса теплоснабжения для разных температурных графиков регулирования отпуска тепловой энергии при коэффициенте теплофикации 0,5 и режиме работы солнечных коллекторов 260/240 °С показана на рисунке 9а. Как следует из полученных данных при значении холодильного коэффициента ПКХМ 0,25 применение солнечных электростанций с АБХМ оказывается выгодным только при использовании двухступенчатой АБХМ и температурного графика 125/70 °С. Эффективный радиус теплоснабжения при этом составляет 2,5 км. При использовании ПКХМ с более высоким значением холодильного коэффициента выгоднее становится применение как одно-, так и двухступенчатой АБХМ, а эффективный радиус теплоснабжения увеличивается до диапазона от 5 до 8,5 км в зависимости от параметров температурного графика отпуска тепловой энергии.

На рисунке 9б показана зависимость функции F от радиуса теплоснабжения для разных температурных графиков отпуска теплоты теплоснабжения и режима работы солнечных коллекторов 260/240 °С при коэффициенте теплофикации 0,5 и при повышающем коэффициенте на продажу электроэнергии от солнечной электростанции $K_3 = 3$. Как видно из этого графика, варианты с различными температурными графиками становятся практически равнозначными, а эффективный радиус теплоснабжения составляет около 8,5 км для всех вариантов при сравнении с ПКХМ с коэффициентом преобразования энергии, равным 0,5.

Также было проанализировано влияние на эффективность работы системы стоимости солнечных коллекторов (рисунки 9в и 9г). Результаты расчетов показали, что при её уменьшении на 30 % эффективный радиус теплоснабжения существует уже для всех температурных графиков отпуска теплоты даже в сравнении с ПКХМ с холодильным коэффициентом 0,25. При повышающем коэффициенте 3 на продажу электроэнергии эффективный радиус составляет 4,5 км для всех температурных графиков.

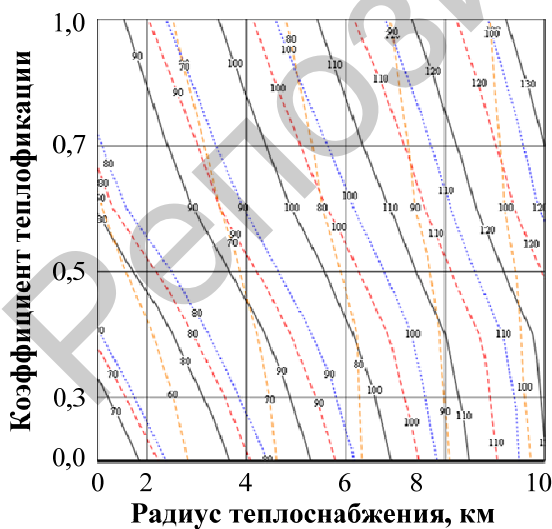
Оптимальный коэффициент теплофикации зависит от принятого температурного графика отпуска теплоты, стоимости природного газа, радиуса теплоснабжения и тарифа на продажу электроэнергии. Значения функции F для различных температурных режимов работы солнечных коллекторов приведены на рисунке 10.

На рисунке 11 показаны зависимости функции F от коэффициента теплофикации при различных стоимостях топлива C_T и повышающих коэффициентов на продажу электроэнергии K_3 для работы солнечных коллекторов при температурных режимах 260/240 и 340/300 °С. Расчеты также показывают, что при существующих на сегодняшний день удельных капитальных затратах (примерно 10 тыс. долл. США за кВт установленной электрической мощности) наиболее оптимальным оказывается применение повышенного температурного графика (125/70 °С) и двухступенчатой АБХМ.



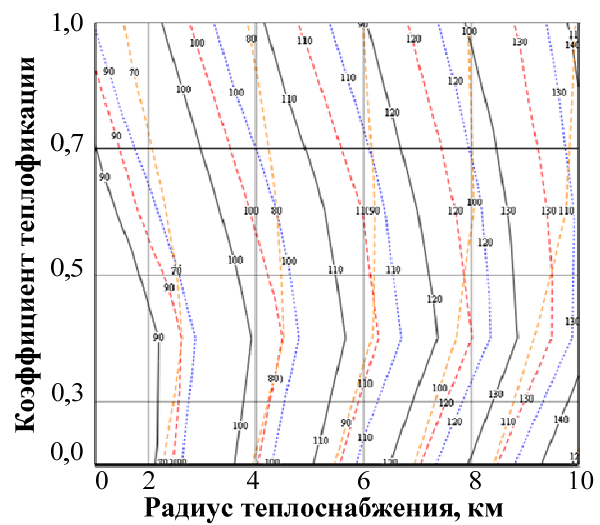
1 – 95/70 °С; 2 – 105/70 °С; 3 – 115/70 °С; 4 – 125/70 °С; 5 – ПКХМ (0,25); 6 – ПКХМ (0,5)

Рисунок 9 – Сравнение экономической эффективности применения АБХМ и ПКХМ в системах энергоснабжения с солнечными теплоэлектроцентралями



— 95/70 °С — 105/70 °С — 115/70 °С — 125/70 °С

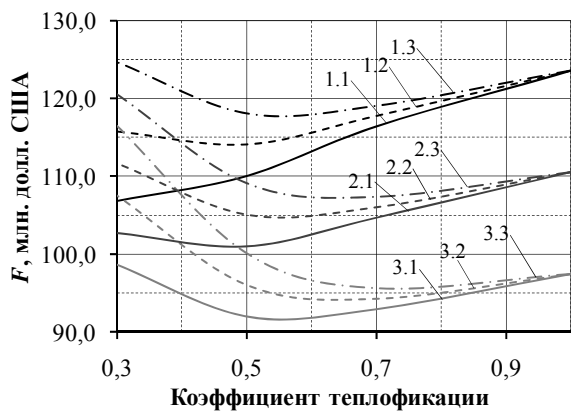
а) для температурного режима 260/240 °С



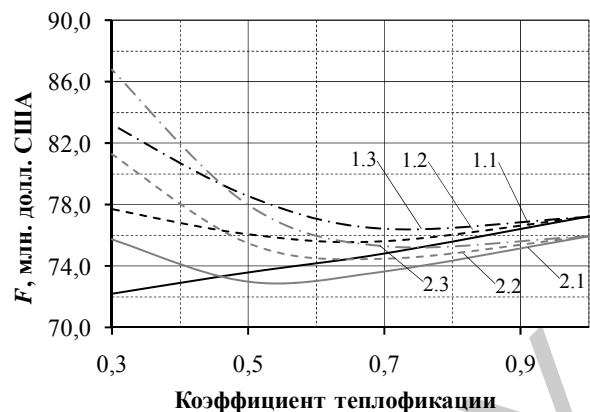
— 95/70 °С — 105/70 °С — 115/70 °С — 125/70 °С

б) для температурного режима 340/300 °С

Рисунок 10 – Функции F в зависимости от радиуса теплоснабжения и коэффициента теплофикации для различных температурных режимов работы солнечных коллекторов



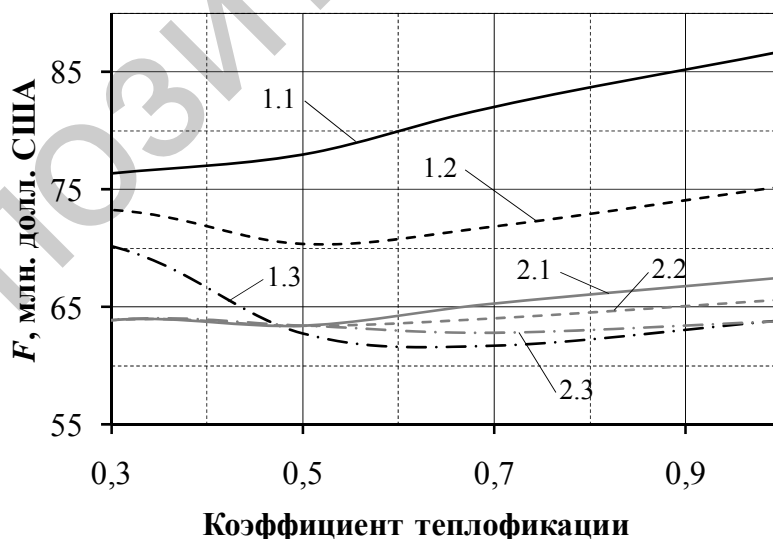
- а) для температурного графика 95/70 °С
и радиуса теплоснабжения 8 км
1.1, 1.2 и 1.3 – Ст=100 и K_3 соответственно
равного 1; 2 и 3;
2.1, 2.2 и 2.3 – Ст=200 и K_3 соответственно
равного 1; 2 и 3;
3.1, 3.2 и 3.3 – Ст=300 и K_3 соответственно
равного 1; 2 и 3;



- б) для температурного графика 125/70 °С
и радиуса теплоснабжения 5 км
1.1, 1.2 и 1.3 – для температурного режима
коллектора 260/240 °С и Ст соответственно
равного 100, 200, 300;
2.1, 2.2 и 2.3 – для температурного режима
коллектора 340/300 °С и Ст соответственно
равного 100, 200, 300;

Рисунок 11 – Сравнение экономической эффективности систем энергоснабжения с солнечными теплоэлектроцентралями

При снижении стоимости капитальных затрат на строительство солнечных коллекторов более выгодным оказывается применение температурных графиков с меньшими значениями расчётной температуры прямой сетевой воды (рисунок 12), на котором показана зависимость функции F для радиуса теплоснабжения 5 км при сниженных капитальных затратах на 30%. Как видно, с ростом тарифа на электроэнергию применение пониженного температурного графика и схемы с одноступенчатой АБХМ становится выгоднее.



- 1.1, 1.2 и 1.3 – для температурного графика 95/70 °С и K_3 соответственно равного 1; 2 и 3;
2.1, 2.2 и 2.3 – для температурного графика 125/70 °С и K_3 соответственно равного 1; 2 и 3;

Рисунок 12 – Зависимость экономической эффективности систем централизованного холодоснабжения с солнечными теплоэлектроцентралями от коэффициента теплофикации и стоимости солнечных коллекторов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основе обобщения результатов выполненных исследований предложено научно обоснованное техническое и методическое обеспечение для решения задач перспективного планирования и прогнозирования развития энергетики и проектирования распределенных комбинированных энергетических систем электро- и холодоснабжения с высокой эффективностью в условиях целесообразности совместного использования в качестве источника энергии солнечной радиации и органического топлива.

Основные научные результаты диссертации

1. Выполненный анализ климатических условий Республики Ирак позволил определить влияние метеорологических факторов на организацию тепло- и холодоснабжения в стране. Значительная интенсивность солнечной радиации в течение преобладающей части года делает эффективными локальные солнечные системы теплоснабжения, обеспечивающие потребности горячего водоснабжения. В тоже время для климатических условий Ирака особенно важным является обеспечение комфортных условий в помещениях различного назначения, в том числе жилых и общественных зданий, что требует широкого внедрения систем кондиционирования. Для решения этой задачи в работе обоснована необходимость развития систем централизованного холодоснабжения на основе применения комбинированных энергетических установок и совместного использования органического топлива и солнечной радиации [3–5, 9-11].

2. Несмотря на то, что установленная мощность электростанций в Республике Ираке в несколько раз превышает требуемую для покрытия потребности в электроэнергии, в стране существует дефицит электроэнергии. Анализ состава основного оборудования, сроков ввода в эксплуатацию, технологических схем и режимов работы электростанций позволил выявить главные проблемы в энергетической отрасли Республики Ирак. Это недостаток необходимых финансовых средств, нестабильность и отсутствие безопасности, нехватка персонала. Для восстановления энергосистемы Республики Ирак и покрытия внутреннего спроса на электроэнергию необходима разработка комплекса мероприятий, направленных на строительство новых генерирующих источников и восстановления линий электропередач. Автор утверждает и научно обосновывает, что одним из приоритетных направлений развития энергетики Республики Ирак должно стать широкое применение централизованного холодоснабжения на базе комбинированных энергетических установок [2, 8].

3. Оценка влияния различных факторов на тенденции развития систем централизованного холодоснабжения позволила обоснованно и достоверно выбрать рациональные варианты структур и состава оборудования для построения распределенных систем централизованного теплоснабжения. Полученные результаты исследования дают представление об экономической эффективности каждого из рассмотренных вариантов структур для условий Республики Ирак. Расчеты показывают, что при использовании органического топлива для систем централизованного холодоснабжения наиболее экономически выгодным является применение схемы комбинированной энергетической системы в составе парогазовой установки с предвключенным абсорбционно-холодильным блоком стабилизации температуры воздуха на входе в компрессор и абсорбционно-холодильными установками в центрах размещения нагрузки по-

требления холода. Относительная системная экономия топлива по сравнению с раздельной схемой энергоснабжения в этом случае составляет 25...35 % [3, 9-11].

4. Проведен анализ эффективности использования солнечной радиации для централизованного холодоснабжения применительно к условиям Республики Ирак. Разработана методика сравнения эффективности применения солнечных коллекторов (вакуумных и плоских) для подготовки теплоносителя, необходимых параметров для работы абсорбционных холодильных машин в составе СЦХ. Установлено и оценено количественное влияние ряда факторов (типа коллектора, соотношения их стоимостных показателей, интенсивности солнечной радиации, разности температур на коллекторе, оптического КПД) на эффективность их применения. Определены граничные значения разностей температур, характеризующих приоритетность выбора типа коллектора. Показано, что минимальное количество коллекторов плоского типа соответствует холодильному коэффициенту АБХМ, равном 0,7, а вакуумного типа – 1,15. Соотношение в пользу вакуумных коллекторов увеличивается с ростом холодильного коэффициента [5].

5. Обоснована возможность и подтверждена целесообразность применения распределенных систем централизованного холода, в составе солнечной электростанции коллекторного типа с паротурбинными установками на органическом теплоносителе с пиковыми водогрейными котельными на органическом топливе и абсорбционными холодильными машинами, расположенных в центре нагрузок холодоснабжения, применительно к климатическим условиям Республики Ирак [1, 4, 6, 7].

Разработана методика определения рационального температурного графика отпуска тепловой энергии и оптимального предельного радиуса теплоснабжения для подобного типа комбинированных систем, которая позволяет определять граничные стоимостные показатели на энергию и капитальные затраты на строительство теплоэлектростанций, обеспечивающие целесообразность использования солнечной радиации в региональных системах энергоснабжения [4].

Получены значения оптимального коэффициента теплофикации в зависимости от параметров температурного графика отпуска теплоты, стоимости природного газа, радиуса теплоснабжения и тарифа на продажу электроэнергии [4]. Впервые для условий Ирака получены оптимальные параметры теплохладификационных систем с закрытой двухтрубной тепловой сетью. Выявлено, что для условий г. Багдада в системах централизованного электро- и холодоснабжения от солнечной электростанции с параболическими коллекторами оптимальным является применение повышенного температурного графика теплоснабжения (125/70 °С) и двухступенчатой АБХМ. Пониженные температурные графики (95/70 °С) становятся выгодными только при снижении капитальных затрат на солнечные коллекторы на 30% и применении повышающих коэффициентов на продажу электроэнергии от солнечной электростанции [4].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Результаты исследований следует рекомендовать государственным органам и проектным организациям Республики Ирак для их использования при создании перспективных планов и программ развития энергетики Ирака, принятия технических решений при выборе оптимальных схем энергоснабжения [2, 8].

Разработанные в диссертационной работе методические решения и полученные научные результаты анализа экономической эффективности СЦХ могут быть исполь-

зованы и для условий Беларуси при проектировании комбинированных систем тепло- и холодоснабжения.

Внедрение полученных результатов в проектную практику принесет значительную экономию эксплуатационных затрат в результате создания и развития централизованных систем электро- и холодоснабжения в Республике Ирак.

Результаты работы были использованы при выполнении технико-экономического обоснования разработки систем горячего водоснабжения железнодорожного вокзала в г. Гродно на базе использования солнечной радиации, а также в учебном процессе на кафедре «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета при чтении курса «Тепловые электрические станции».

Репозиторий БНТУ

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных рецензируемых журналах

1. Применение паротурбинных установок с органическим теплоносителем для выработки электроэнергии на промышленных предприятиях / В.А. Седнин, А.В. Седнин, М.Л. Богданович, Хоссене Назар Н. Кадам, А.В. Богданович // Энергия и менеджмент. – 2010. – № 6. – С. 12–15.

2. Седнин, А.В. Состояние и проблемы развития теплоэлектрогенерирующих мощностей энергосистемы Республики Ирак / А.В. Седнин, Хоссене Назар Н. Кадам // Изв. вузов и энергетич. объединений СНГ. Энергетика. – 2011. – № 6. – С. 76–81.

3. Седнин, А.В. Централизованные системы комбинированного производства электроэнергии и холодоснабжения / А.В. Седнин, Хоссене Назар Н. Кадам // Энергия и менеджмент. – 2011. – № 6. – С. 8–11.

4. Седнин, А.В. Анализ эффективности использования солнечной энергии в системах централизованного холодоснабжения применительно к условиям Республики Ирак / А.В. Седнин, Д.Л. Кушнер, Хоссене Назар Н. Кадам // Энергия и менеджмент. – 2012. – № 5. – С. 13–19.

5. Седнин, А.В. Применение солнечных панелей в системах тепло- и холодоснабжения малой мощности / А.В. Седнин, Хоссене Назар Н. Кадам // Энергия и менеджмент. – 2012. – № 6. – С. 14–20.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

6. Седнин, А.В. Применение паротурбинных установок с органическим теплоносителем при создании энерготехнологических комплексов на промышленных предприятиях / А.В. Седнин, М.Л. Богданович, Хоссене Назар Н. Кадам // Проблемы теплоэнергетики : сб. науч. тр. / Саратов. гос. техн. ун-т ; редкол.: Ю.Е. Николаев [и др.]. – Саратов, 2011. – С. 146–150.

7. Седнин, А.В. Комбинированные энергетические установки на базе газопоршневых и паротурбинных установок с органическим теплоносителем / А.В. Седнин, Д.Л. Кушнер, Хоссене Назар Н. Кадам // Проблемы теплоэнергетики : сб. науч. тр. / Саратов. гос. техн. ун-т ; редкол.: Ю.Е. Николаев [и др.]. – Саратов, 2012. – С. 146–150.

Тезисы докладов

8. Седнин, А.В. Состояние и перспективы развития энергосистемы Республики Ирак / А.В. Седнин, Хоссене Назар Н. Кадам // Наука – образованию, производству, экономике : материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25 мая 2010 г. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 94.

9. Седнин, А.В. Анализ вариантов центрального холодоснабжения жилых районов / А.В. Седнин, Хоссене Назар Н. Кадам // Наука – образованию, производству, экономике : материалы IX Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 25 мая 2011 г. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 1. – С. 79.

10. Хоссене, Назар Н. Кадам. Выбор системы централизованного холодоснабжения для условий Республики Ирак / Хоссене Назар Н. Кадам // Физика конденсированного состояния : тез. докл. Респ. науч. конф. студентов и аспирантов, Минск, 18 окт. 2011 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С.В. Абламейко [и др.]. – Минск, 2011. – С. 232–233.

11. Седнин, А.В. Техничко-экономическое сравнение централизованных систем холодоснабжения применительно к условиям Республики Ирак / А.В. Седнин, Хоссене Назар Н. Кадам // Наука – образованию, производству, экономике : материалы X Междунар. науч.-техн. конф., 22 мая 2012 г. : в 2 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Б.М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2012. – Ч. 1. – С. 96–97.

Репозиторий БНТУ

РЭЗІЮМЭ

Хассэнэ Назар Н. Кадам

Энергаэфектыўнасць камбінаваных энергетычных сістэм у дачыненні да ўмоў Ірака

Ключавыя словы: структурна-параметрычная аптымізацыя, камбінаваныя энергетычныя сістэмы, сістэмы цэнтралізаванага холадазабеспячэння, сонечны калектар, тэмпературны графік.

Мэта працы: распрацоўка навукова абгрунтаваных тэхнічных і метадычных рашэнняў для праектавання размеркаваных камбінаваных сістэм электра- і холадазабеспячэння з высокай энергаэкалагічнай эфектыўнасцю, якія адрозніваюцца сумесным выкарыстаннем у якасці крыніцы энергіі сонечнай радыяцыі і арганічнага паліва.

Метад даследавання: матэматычнае мадэляванне і колькасны эксперымент.

Атрыманыя вынікі і навізна (навіна)

Выкананы аналіз кліматычных умоў Рэспублікі Ірак дазволіў вызначыць уплыў метэаралагічных фактараў на арганізацыю цяпло- і холадазабеспячэння ў краіне. Навукова абгрунтавана неабходнасць развіцця сістэм цэнтралізаванага цеплазабеспячэння на аснове прымянення розных энергетычных устаноў і выкарыстання арганічнага паліва і сонечнай радыяцыі.

Праведзена параўнанне эфектыўнасці сонечных калектараў рознага тыпу ў дачыненні да кліматычных умоў г. Багдаду для выкарыстання іх у сістэмах цэнтралізаванага холадазабеспячэння.

Атрыманыя вынікі аналізу і параметрычнай аптымізацыі размеркаваных камбінаваных сістэм па вытворчасці электраэнергіі і холаду, у склад якіх уваходзяць выдаленыя сонечныя электрастанцыі калектарнага тыпу з паратурбіннымі ўстаноўкамі на арганічным цепланосбіце, пікавыя вадагрэйныя кацельні на арганічным паліве і абсарбцыйныя халадзільныя машыны, размешчаныя ў цэнтры нагузак холадазабеспячэння, у дачыненні да кліматычных умоў Рэспублікі Ірак.

На аснове атрыманых вынікаў распрацаваны метадыкі для перспектыўнага планавання і праектавання камбінаваных энергетычных сістэм для краін з гарачым кліматам.

Ступень выкарыстання: вынікі працы былі выкарыстаныя пры выкананні тэхніка-эканамічнага абгрунтавання распрацоўкі сістэм гарачага водазабеспячэння чыгуначнага вакзала ў г. Гродна на базе выкарыстання сонечнай радыяцыі, а таксама ў навучальным працэсе на кафедры «Цеплавая электрычныя станцыі» Беларускага нацыянальнага тэхнічнага ўніверсітэта пры чытанні курса «Цеплавая электрычныя станцыі».

Вобласць ужывання: аптымізацыя рашэнняў па мадэрнізацыі цеплакрынціц сістэм цэнтралізаванага энерга- і холадазабеспячэння і рэжымаў іх эксплуатацыі.

РЕЗЮМЕ

Хоссене Назар Н. Кадам

Энергоэффективность комбинированных энергетических систем применительно к условиям Ирака

Ключевые слова: структурно-параметрическая оптимизация, комбинированные энергетические системы, системы централизованного холодоснабжения, солнечный коллектор, температурный график

Цель работы: разработка научно обоснованных технических и методических решений для проектирования распределенных комбинированных систем электро- и холодоснабжения с высокой энергоэкологической эффективностью и отличающихся совместным использованием в качестве источника энергии солнечной радиации и органического топлива.

Метод исследования: математическое моделирование и численный эксперимент.

Полученные результаты и новизна

Выполненный анализ климатических условий Республики Ирак позволил определить влияние метеорологических факторов на организацию тепло- и холодоснабжения в стране. Научно обоснована необходимость развития систем централизованного теплоснабжения на основе применения различных энергетических установок и использования органического топлива и солнечной радиации.

Проведено сравнение эффективности солнечных коллекторов различного типа применительно к климатическим условиям г. Багдада для использования их в системах централизованного холодоснабжения.

Получены результаты анализа и параметрической оптимизации распределенных комбинированных систем по производству электроэнергии и холода, в состав которых входят удаленные солнечные электростанции коллекторного типа с паротурбинными установками на органическом теплоносителе, пиковые водогрейные котельные на органическом топливе и абсорбционные холодильные машины, расположенные в центре нагрузок холодоснабжения, применительно к климатическим условиям Республики Ирак

На основе полученных результатов разработаны методики для перспективного планирования и проектирования комбинированных энергетических систем для стран с жарким климатом.

Степень использования: результаты работы были использованы при выполнении технико-экономического обоснования разработки систем горячего водоснабжения железнодорожного вокзала в г. Гродно на базе использования солнечной радиации, а также в учебном процессе на кафедре «Тепловые электрические станции» Белорусского национального технического университета при чтении курса «Тепловые электрические станции».

Область применения: оптимизация решений по модернизации теплоисточников систем централизованного энерго- и холодоснабжения и режимов их эксплуатации.

SUMMARY

Hossene Nazar N. Kadham

Combined power systems energy efficiency relating to Iraq conditions

Key words: structure and parameter optimization, combined power systems, district cooling systems, solar collector, temperature chart

The aim of the work: working out of technical and methodical solutions for distributed combined power and cold supply design with high energy and ecological efficiency and distinguishing with using solar radiation and fossil fuel as power source.

Method of research: mathematical modeling and numerical experiment.

The received results and newness

Analysis carried out for Iraq climatic conditions allowed to define the influence of meteorological factors on district heating and cooling systems. The necessity of district heating systems development is scientifically proved on basis of various power applications and fossil fuel and solar radiation implementation.

Comparison of different types of solar collectors relating to Baghdad climatic conditions for its utilization within district cooling systems was accomplished.

Results of distributed combined power and district cooling systems analysis and parametric optimization are obtained. Distributed combined power and district heating systems are consist of replaced collector-type solar power plants combined with organic working fluid steam-turbine plant, peak water-heating boilers with fossil fuel and absorption refrigerating machines located at the center of cooling loads related to The Republic Iraq climatic conditions.

Methods of prospective planning and designing of combined power systems relating to countries with hot climate are work out on basis of the obtained results.

Degree of utilization

During feasibility study of railway station hot water supply system located in Grodno on basis of solar radiation utilization the results of thesis were applied. Also during “Thermal power plants” course lecturing within study process at “Thermal power plants” Chair of Belorussian National Technical University the results of thesis were applied.

Field of application: optimization of decisions of district power and cooling systems heat sources and its operating regime improvement.

Научное издание

Хоссене Назар Н. Кадам

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ
КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К УСЛОВИЯМ ИРАКА**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.14.14 – Тепловые электрические станции,
их энергетические системы и агрегаты

Подписано в печать 26.11.2012. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,09. Тираж 60. Заказ 1542

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.