

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ:

1. Fletcher L.A., Noakes C.J., Sleigh P.A., Beggs C.B., Shepherd S.J. (2008) Air ion behavior in ventilated rooms. *Indoor and Environment*, 17 (2). P. 173-182.
2. Запорожец О.І. Принципи моделювання динаміки аероіонного складу повітря у приміщеннях / О.І. Запорожец, В.А. Глива, О.В. Сидоров // Вісник НАУ. 2011, №2. – С.120-124.
3. Бахрушин В.Е. Моделирование распределения концентрации ионов вблизи ионизатора / В.Е. Бахрушин, М.А. Игнахина, Д.В. Вертинский, А.Ю. Евсюков // Складні системи та процеси. №1, 2002. – С.30-36.
4. Толкунов И.А. Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / И.А. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Проблемы надзвичайних ситуацій. Випуск 11, 2010.- С.137-145.
5. Толкунов И.А. Біполярна іонізація повітряного середовища приміщень функціональних підрозділів мобільного госпіталю МЧС / Проблемы надзвичайних ситуацій. Випуск 14, 2011. – С. 161-170.
6. Згуровский М. З. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К.: Наукова думка, 1997. – 368 с.
7. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1978. 735 с.
8. Самарский А. А. Теория разностных схем. - М.: Наука, 1983. 616 с.

УДК 697.34

Тарадай А.М., д-р. техн. наук, Стоянов Ф.А., д-р. техн. наук,
Кириленко И.Г., аспирант

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ТОПЛИВА НА ОПТИМАЛЬНОЕ
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ МЕЖДУ
ТЕПЛОФИКАЦИОННЫМИ ТУРБИНЫМИ УСТАНОВКАМИ
И ПИКОВЫМИ ВОДОГРЕЙНЫМИ КОТЛАМИ ТЭЦ**

Одним из наиболее действенных способов повышения экономической эффективности систем централизованного и децентрализованного теплоснабжения является применение компьютерных технологий для оптимального управления ними.

Такая задача решалась в работах [1-3], но только для газового топлива. В настоящее время, в условиях постоянного роста цен на топливо (в особенности природный газ) возникла необходимость разработки алгоритма и программного комплекса для оптимального управления системой теплоснабжения, работающей на альтернативных видах топлива (уголь, дрова и др.). Именно такая задача решается в настоящей статье.

В качестве примера рассматривается ТЭЦ, состоящая из трех теплофикационных турбин и четырех пиковых водогрейных котлов, схема которой приведе-

на на рис. 1. Формальная постановка задачи оптимального управления ТЭЦ выглядит следующим образом.

При заданной температуре наружного воздуха $t_{нв}$, $^{\circ}\text{C}$, найти величины тепловых нагрузок на три теплофикационные турбины $Q_{т,1,опт}$, $Q_{т,2,опт}$ и $Q_{т,3,опт}$, МВт; и четыре водогрейных котла $Q_{к,j,опт}$; $j = \overline{1,4}$ (первый из которых имеет ухудшенные экономические характеристики из-за большого срока эксплуатации), обеспечивающие минимум m – суммарных потерь в системе ТЭЦ. Структурная схема решения общей оптимизационной задачи приведена на рис. 2.

На первом этапе для заданных $t_{нв}$, $^{\circ}\text{C}$ (блок 2) выбираются суммарная нагрузка $Q = Q_k + Q_t$ (на пиковые водогрейные котлы Q_k и на турбины Q_t , МВт) таким образом, чтобы выполнялся заданный универсальный температурный график.

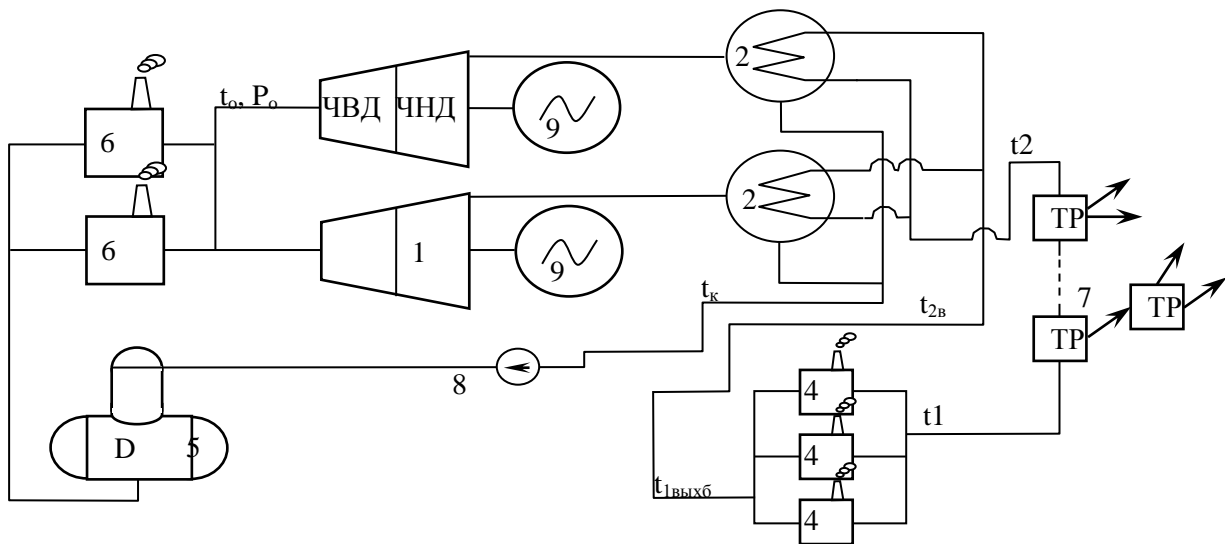


Рис. 1 – Упрощенная схема теплофикационной системы:

1 – паровая турбина, где ЧВД- часть высокого давления, ЧНД – часть низкого давления;
 2- конденсатор; 4 – пиковый водогрейный котел; 5 – деаэратор; 6 – парогенератор;
 7 – тепловые районы; 8 – конденсатный насос; 9 – электрогенератор

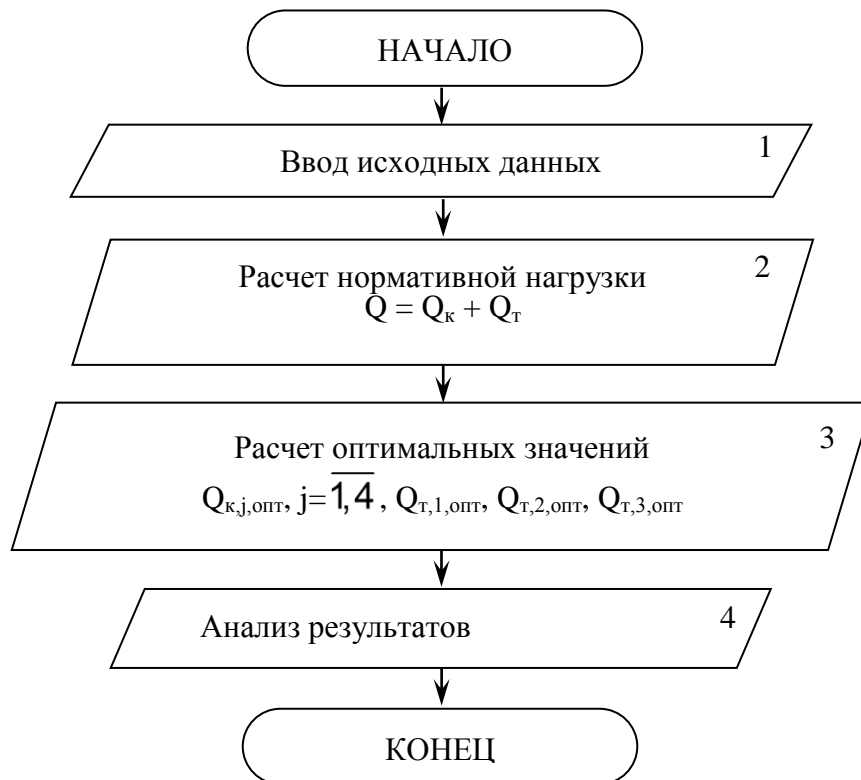


Рис. 2 - Структурная схема решения общей оптимизационной задачи

После оценки Q , МДж можно перейти к решению оптимизационной задачи (рисунки 2, блок 3). Ее математическая постановка выглядит следующим образом.

Для заданной $t_{нв}$ найти
 $\min m(Q_{к,1}; Q_{к,2}; Q_{к,3}; Q_{к,4}; Q_{т,1}; Q_{т,2}; Q_{т,3}),$
 $Q_{к,1}; Q_{к,2}; Q_{к,3}; Q_{к,4}; Q_{т,1}; Q_{т,2}; Q_{т,3} \in \Omega,$

где область Ω определяется соотношениями
 $Q_{к,1} + Q_{к,2} + Q_{к,3} + Q_{к,4} + Q_{т,1} + Q_{т,2} + Q_{т,3} = Q_i;$
 $Q_{к,1,\min} \leq Q_{к,1} \leq Q_{к,1,\max}, Q_{к,2,\min} \leq Q_{к,2} \leq Q_{к,2,\max},$
 $Q_{к,3,\min} \leq Q_{к,3} \leq Q_{к,3,\max}, Q_{к,4,\min} \leq Q_{к,4} \leq Q_{к,4,\max},$
 $Q_{т,1,\min} \leq Q_{т,1} \leq Q_{т,1,\max}, Q_{т,2,\min} \leq Q_{т,2} \leq Q_{т,2,\max},$
 $Q_{т,3,\min} \leq Q_{т,3} \leq Q_{т,3,\max}. \quad (1)$

В результате расчетов получаем $Q_{к,1} = Q_{к,1,опт}$, $Q_{к,2} = Q_{к,2,опт}$, $Q_{к,3} = Q_{к,3,опт}$, $Q_{к,4} = Q_{к,4,опт}$, $Q_{т,1} = Q_{т,1,опт}$, $Q_{т,2} = Q_{т,2,опт}$, $Q_{т,3} = Q_{т,3,опт}$.

Решение этой задачи с одновременным исследованием всех информационных связей практически невозможно. Поэтому была проведена декомпозиция общей оптимизационной задачи, структурная схема которой приведена на рис. 3.

На первом иерархическом уровне решается задача выбора тепловой нагрузки Q , МВт, обеспечивающей комфортное состояние в отапливаемых районах. Исходными данными для ее решения является температурный график. Далее (рис. 3, блок 2) выбираются значения $Q_{т,опт}$ и

$Q_{к,опт}$, МВт, обеспечивающие минимальные потери m в отопительной системе при заданной $t_{нв}$. Математическая постановка этой задачи имеет следующий вид.

Найти $\min m(Q_{к}, Q_{т})$, гривен/МДж,
 $Q_{к}, Q_{т} \in \Omega$,

где область Ω определяется соотношением $Q_{к} + Q_{т} = Q$.

В результате решения получаем $Q_{к} = Q_{к,опт}$, $Q_{т} = Q_{т,опт}$.

Полученные результаты являются исходными данными для решения двух задач третьего уровня (рис. 3, блоки 3,4). Формальная постановка первой из них (блок 3) приведена ниже.

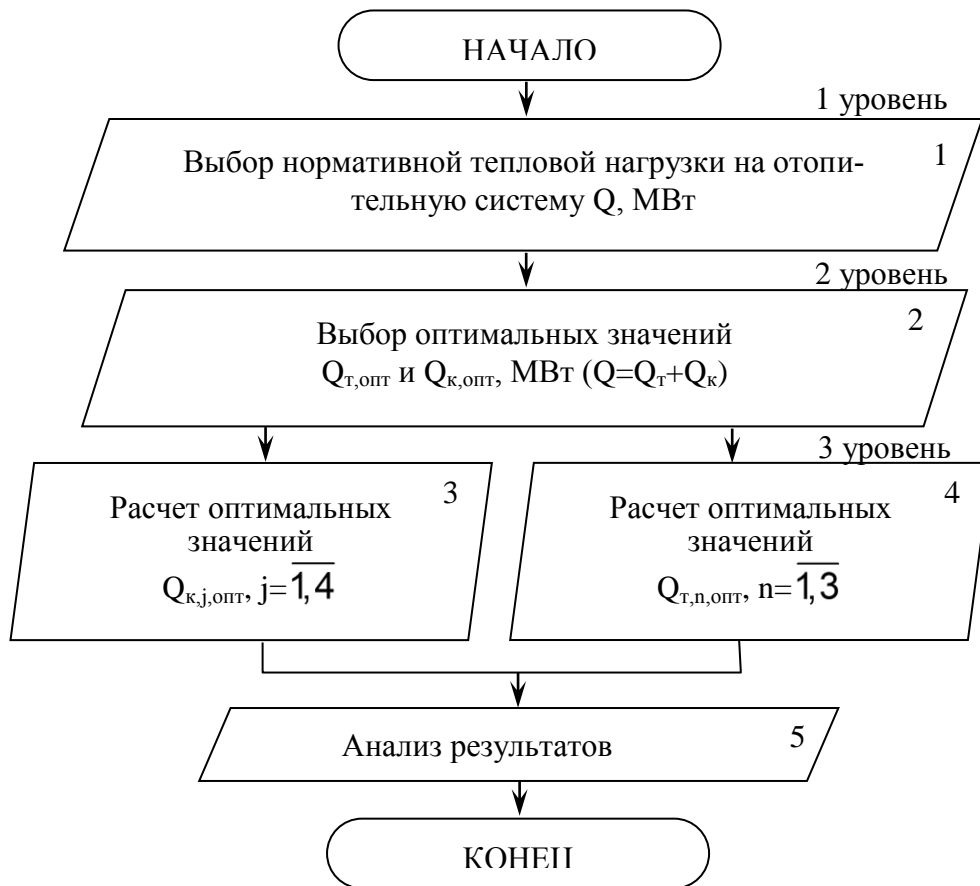


Рис. 3 - Структурная схема декомпозиции общей оптимизационной задачи управления ТЭЦ (здесь n – номер турбины)

При заданной температуре наружного воздуха $t_{нв}$ и суммарной нагрузке на пиковые водогрейные котлы $Q_{к,опт}$ (величина которой получена после решения задачи на втором уровне) необходимо

найти оптимальные нагрузки на отдельные котлы $Q_{к,j,опт}$, $j = \overline{1,4}$ МВт, обеспечивающие минимальные потери в системе пиковых водогрейных котлов K .

Аналогичная постановка была реализована для второй задачи третьего уровня (блок 4), которая приведена ниже. Найти

$$\min K(Q_{T,1}; Q_{T,2}; Q_{T,3}),$$

$$Q_{T,1}; Q_{T,2}; Q_{T,3} \in \Omega,$$

где область Ω определяется соотношениями

$$Q_{T,1} + Q_{T,2} + Q_{T,3} = Q_T;$$

$$Q_{T,1,\min} \leq Q_{T,1} \leq Q_{T,1,\max}, Q_{T,2,\min} \leq Q_{T,2} \leq Q_{T,2,\max},$$

$$Q_{T,3,\min} \leq Q_{T,3} \leq Q_{T,3,\max}.$$

В результате расчетов получаем

$$Q_{T,1} = Q_{T,1,\text{опт}}, Q_{T,2} = Q_{T,2,\text{опт}}, Q_{T,3} = Q_{T,3,\text{опт}}.$$

В качестве численного примера реализованы обе задачи третьего уровня.

Рассмотрим результаты решения одной из них (рис. 3, блок 3).

Эта задача решена для турбинной установки, работающей на газе. Исходными данными для ее решения является оптимальная нагрузка на котельную, полученная при решении задачи второго уровня. Результаты решения приведены в табл. 1 а,в. Здесь приведены оптимальные значения нагрузок на отопительные котлы ТЭЦ.

Аналогичная задача была решена для распределения нагрузок между теплофикационными отборами (рис. 3, блок 4).

Таблица 1, а - Зависимости $Q_{k,i,\text{опт}}$ от $t_{\text{нв}}$ и типа топлива

котел \ $t_{\text{нв}}, \text{C}^\circ$	+10C°	0C°	-5C°	-10C°	-15C°	-20C°	-23C°
ПТВМ-100 газ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	29,07
ПТВМ-100 газ	38,8	44	46,62	49,2	51,8	54,4	46,3
ПТВМ-100 газ	38,8	44	46,62	49,2	51,8	54,4	46,3
ПТВМ-100 газ	38,8	44	46,62	49,2	51,8	54,4	46,3

Таблица 1, в - Зависимости $Q_{k,i,\text{опт}}$ от $t_{\text{нв}}$ и типа топлива

котел \ $t_{\text{нв}}, \text{C}^\circ$	+10C°	0C°	-5C°	-10C°	-15C°	-20C°	-23C°
ПТВМ-100 газ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	ВЫКЛ
ПТВМ-100 газ	ВЫКЛ	ВЫКЛ	36,18	37,38	38,72	40,19	41,15
ПТВМ-100 уг	58,2	66	51,82	55,16	58,4	61,6	63,47
ПТВМ-100 уг	58,2	66,03	51,86	55,17	58,4	61,6	63,48

Выводы:

- результаты исследований свидетельствуют, что работа на разных видах топлива приводит к принципиально отличающимся результатам при решении задачи оптимального распределения нагрузок между отдельными энергоагрегатами (отопительными котлами, теплофикационными турбинами и др.). Главную роль при этом играют цена и теплотворная способность топлива;
- анализ результатов решения задачи оптимального управления ТЭЦ показал, что даже при высокой температуре наружного воздуха $t_{\text{нв}}, \text{C}^\circ$, достаточно высокая оптимальная нагрузка приходится на теплофикационные турбины, хотя обычно в таком случае на практике

эта нагрузка выбирается достаточно низкой или вообще отсутствует;

- котел №1 (таблица 1,в), обладающий ухудшенными экономическими характеристиками, является, по сути, резервным, поскольку при решении оптимизационной задачи не включается на всех режимах;
- наряду с предложенными программными комплексами для решения задачи оптимального управления отпуском теплоты в работе также предлагаются альбомы режимно-технологических карт, позволяющие принимать оптимальные решения без применения компьютерной техники.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ:

1. Стоянов Ф.А., Андреев С.Ю., Шевченко Л.П. Методы системного анализа в задачах оптимального проектирования централизованных систем теплоснабжения: Учебное пособие для ВУЗов.- Харьков: Золотые страницы, 2005,- 140 с.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование.- П.: Мир, 1975.- 536 с.

3. Андреев С.Ю., Ноженко Ю.П. Рациональное распределение нагрузок между энергогенерирующими агрегатами ТЭЦ // Проблемы, перспективы и нормативно-правовое обеспечение энергоресурсосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве: Материалы III всеукраинской научно-практической конференции.- Алушта: ХО НТТ КГ и ПО, ХНАМГ, 2007.- С. 35-41.

УДК 697.34

Будлянський С.В., аспірант, Редько А.Ф., д-р техн. наук

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.

АНАЛИЗ СИСТЕМ АККУМУЛЯЦИИ ТЕПЛА В ТЕПЛОВЫХ УСТАНОВКАХ ОТРАСЛЕЙ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

Согласно прогнозам специалистов, в наступающем веке, истощение углеводородных источников энергии будет ощущаться особенно остро. Поиск альтернативных источников тепловой энергии, а также аккумуляция и экономное использование вырабатываемого тепла, является приоритетным направлением создания эффективных теплосистем.

Возможным мероприятием, которое позволит эффективно использовать тепловую энергию является аккумуляция тепла посредством применения тепловых аккумуляторов (ТА) различных конструкций.

Широкий спектр задач и областей применения обусловил развитие большого многообразия ТА, а так же множество методов и способов аккумуляции приводят к различным техническим и конструктивным решениям.

Можно выделить следующие основные виды тепловых аккумуляторов:

- тепловые аккумуляторы с жидким ТАМ;
- тепловые аккумуляторы с твердым ТАМ;
- тепловые аккумуляторы с плавящимся ТАМ;
- паровые аккумуляторы тепла;
- термохимические аккумуляторы и др.

Количество и вид теплоаккумулирующего материала (ТАМ) определяются необходимой плотностью запасаемой энергии и КПД процесса аккумуляции теплоты. Естественно, что в реальных условиях количество запасаемой

энергии аккумулятором окажется гораздо ниже, особенно если предполагается длительное хранение тепла, в силу увеличения с течением времени тепловых потерь ТА. Поэтому, очень важно не только знать и прогнозировать тепловой режим и распределение тепла внутри аккумулятора, но и знать эффективность аккумуляции теплоты (отношение накопленной теплоты к теплоте, производимой теплогенерирующими установками).

Аккумуляторы тепла с твердым ТАМ нашли широкое применение в системах, которые предназначены либо для сезонного хранения тепла, либо при использовании вне пиковых нагрузок теплосетей. Отдельный интерес, для уравнивания нагрузок электроэнергетики представляют графитовые аккумуляторы, которые отличаются высокой рабочей температурой аккумулярующего вещества (более 2 500°С), что позволяет получать высокопотенциальное тепло.

При этом, данные установки крайне узко специализированы (применимы на АЭС) и относительная теплоемкость их невелика, что негативно сказывается на габаритах.

Подземные ТА применяются при необходимости использовать запасенное тепло на протяжении нескольких месяцев. Такие задачи обычно ставят при необходимости накопления сезонного тепла (например, тепла полученного от гелиопанелей) для отопления жилых до-