

### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НАГРУЗОК МЕЖДУ ЭНЕРГОБЛОКАМИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Исходной информацией при решении задач поиска оптимальных режимов управления работой энергетического оборудования, в том числе и задач оптимального распределения нагрузок между энергоблоками ТЭС и АЭС, являются эксплуатационные (энергетические) характеристики энергоблоков, позволяющие оценить результат воздействия различных возмущающих факторов на основные показатели выработки электрической и тепловой энергии.

Анализ работ по вопросу построения моделей энергетических характеристик для оптимального распределения нагрузок между энергоблоками в пределах одной станции позволяет сформулировать ряд проблем методологического характера, получивших наибольшее распространение:

- проблема выбора из множества управляемых параметров наиболее значимых в определении реального технического состояния оборудования;
- построение не только нормативных эксплуатационных (энергетических) характеристик энергоблоков на номинальных режимах работы, но и таких эксплуатационных характеристик, которые бы адекватно описывали состояние оборудования при работе в режимах, отличных от номинальных, то есть на частичных нагрузках;
- получение математических моделей систем и оборудования электростанций и постановка задачи их оптимизации в условиях неопределенности информации (при неточном задании исходных данных);
- проблема многокритериальной постановки задачи (учет фактора надежности работы систем и оборудования, экологические ограничения, оптимизация комплекса режимных параметров каждого энергоблока и другие);
- зависимость вида эксплуатационных характеристик от уровня детализации (блочный или общестанционный), на котором осуществляется постановка и решение оптимизационной задачи, и другие проблемы.

Энергоблоки АЭС и ТЭС характеризуются сложной тепловой схемой и разнообразием основного и вспомогательного оборудования. Получение эксплуатационных характеристик отдельных систем и оборудования, описывающих влияние изменения параметров технологических процессов на технико-экономические показатели выработки электроэнергии энергоблока, является достаточно сложной задачей, так как экономичность оборудования, особенно при работе на частичных режимах, зависит от большого числа факторов.

В [1] рассматривается методика выбора оптимальных параметров и метод итеративного решения внутростанционной задачи оптимального распределения нагрузки между генерирующими мощностями. На первой итерации производится распределение нагрузки на базе нормативных эксплуатационных характеристик отдельных энергоблоков в виде зависимости расхода теплоты или топлива от электрической мощности, полученных при номинальных начальных и конечных параметрах пара. Затем осуществляется поиск оптимальных начальных и конечных параметров пара в реальных условиях работы каждого энергоблока, с учетом которых на следующей итерации проводятся

коррекції характеристик і повторне оптимальне розподілення навантажувки. Ітеративний процес продовжується до отримання достатньо близьких рішень між двома послідовними ітераціями. Таким образом, из множества управляемых параметров в качестве наиболее значимых выбраны начальное давление свежего пара, давление пара в конденсаторе, температура свежего пара, температура уходящих газов.

Для промислово-опіловельних ТЭЦ с поперечными магістралями в [2] на основе обобщенного анализа загрузки подогревателей высокого давления в различных режимах работы построены эксплуатационные характеристики теплофикационных турбоустановок с учетом влияния распределения потоков питательной воды. При расчете поправок к названным характеристикам используется математическая модель расчета гидравлической схемы питательного тракта, которая также может быть включена в расчет эксплуатационных характеристик турбин и котлов при их моделировании. В основу решения задачи распределения нагрузок положен прием декомпозиции исходной схемы ТЭЦ с целью снижения размерности оптимизационной задачи, что позволило использовать аппарат динамического программирования для малого числа турбоагрегатов при распределении не более двух видов нагрузки. В качестве критерия оптимизации при работе по тепловому графику принят удельный расход теплоты на группу обо-

рудования  $q = \frac{\sum Q_i}{\sum N_i} \rightarrow \min (Q_i - \text{тепловая нагрузка } i\text{-го агрегата, } N_i - \text{электрическая}$

нагрузка  $i\text{-го агрегата})$ . Для поиска глобального экстремума в [2] строится итерационная схема последовательного решения частных задач.

Состояние любой сложной технической системы нельзя определить точнее, чем это обусловлено ее теоретико-экспериментальной базой. Из-за сложности технических систем, холаpxичности моделирующих их комплексов, а также шумового фона фактическая неопределенность будет гораздо выше базовой и должна оцениваться на каждом этапе моделирования. И потому в задачах оптимизации построение модели описания факторов неопределенности играет очень важную роль. Методологически целесообразно различать три основные ситуации: стохастическое, статистическое, интервальное и нечеткое описания [3]. Первое используется, когда факторам неопределенности можно приписать вероятностный, случайный характер. Случайные факторы полностью стохастически описаны, если задана их плотность вероятности. Исходя из этого, некоторые специалисты рассматривают эту ситуацию как детерминированную [3]. Статистическое описание применимо, когда модель объекта определяется по результатам выборочных экспериментов в условиях действия случайных помех и ошибок, а потому получают лишь оценки математического ожидания и дисперсии. Интервальное представление факторов неопределенности в последнее время привлекает все большее внимание как наименее ограничительное. В случаях, когда даже гипотетически нельзя предположить возможность многократного проведения эксперимента и относительно факторов неопределенности ничего неизвестно, кроме их свойства быть ограниченными, естественной моделью описания факторов является их представление в интервальной форме.

В работе [4] предлагается методика математического моделирования и оптимизации работы энергоагрегатов с учетом того, что параметры используемых моделей известны с точностью до интервала. В ней авторами в результате статистического анализа данных, полученных при натурных испытаниях энергоагрегатов, создается модель, и используются доверительные интервалы для всех коэффициентов регрессионных полиномов. С помощью методологии интервального анализа [5] минимизи-

рується інтервальна функція з інтервальними обмеженнями. Методика мінімізації забезпечує зменшення як середньінтервальних значень, так і ширини інтервала по мірі продвиження до мінімуму. Інтервали порівнюються на основі теоретико-ймовірнісного підходу. Розроблена методика дозволяє при розв'язанні задачі оптимізації спільної роботи енергоблоків отримувати результати, які, на думку автора, краще відповідають реальній ситуації, ніж отримані при використанні традиційних підходів, коли при розрахунках недостатньо точно відомі параметри замінюються їх середніми значеннями і може статися втрата дуже цінної інформації.

Форма нечіткого опису факторів невизначеності використовує методи теорії нечітких множин. Використання елементів нечітко-інтервальної математики і узагальнення звичайного інтервального підходу [4] дозволяють трансформувати частотні розподіли в нечіткі інтервали з мінімальною втратою інформації [6]. Регресійні залежності згідно з принципом розширення Л. Замість замінюються їх нечітко-інтервальними аналогами [7]. Як алгоритм оптимізації використовується метод випадкового пошуку – «прямі вибірочні процедури з зменшенням інтервала». Реалізація методу виконана при пошуку режимів роботи котлоагрегатів з метою максимізації КПД котельної установки, але в силу своєї загальності, за твердженням авторів, метод може застосовуватися і в інших задачах оптимізації.

Для планування основних виробничих показників, включаючи оптимізацію розподілу навантаження по станціях енергосистеми, в основному використовуються варіантні розрахунки, які представляють собою однофакторні експерименти. Ця методика не дозволяє оцінити очікувані значення інтегральних техніко-економічних показників при існуючій невизначеності в значеннях цілої системи визначаючих параметрів. Застосування апарату інтервальної математики дозволяє формалізувати варіантні розрахунки [8]. Задача оптимального розподілу навантажень представляється як мінімаксна задача пошуку, побудована модель питомого витрати умовного палива дозволяє звести задачу оптимізації до задачі лінійного програмування по вектору навантажень.

В дослідженні [9] пошук оптимального рішення по розподілу навантажень між конденсаційними енергоблоками ТЕС з турбінами К-200-130 і К-210-130 проведено з урахуванням похибок расходних характеристик енергоблоків, математичні моделі яких побудовані на основі статистичної обробки результатів пасивного експерименту. Вводяться значення відносних похибок вимірювання для питомого витрати твердого палива на відпущену електроенергію  $\delta_b$  і для електричної потужності  $\delta_N$ . В інтервалі невизначеності расходної характеристики  $B(N)$ , визначеному абсолютною похибкою витрати палива на відпуск електроенергії  $B(N)\sqrt{\delta_N^2 + \delta_b^2}$ , побудовані характеристики з максимальною і мінімальною крутизою в заданому коридорі  $\left[ B(N) - B(N)\sqrt{\delta_N^2 + \delta_b^2}; B(N) + B(N)\sqrt{\delta_N^2 + \delta_b^2} \right]$ , і далі розподілення навантажень між енергоблоками проводиться методом динамічного програмування [10]. В результаті оптимального розподілу навантажень з урахуванням похибок расходних характеристик енергоблоків оператору АСУ ТП видаються не жорсткі рекомендації по навантаженню, а пропонується деякий діапазон електричної навантаження, в межах якого і слід навантажувати кожен блок.

Задача распределения электрической и тепловой нагрузки между  $n$  энергоблоками в [11] формулируется как многокритериальная задача статической оптимизации, включающая подзадачу оптимизации режимных параметров энергоблоков станции (решение, получаемое при оптимизации комплекса режимных параметров, является основой для решения задачи о распределении нагрузок); в качестве критериев выбраны критерии оптимальности по расходу топлива, надежности и экологическим показателям. В первых двух критериях расходные характеристики и характеристики надежности энергоблоков являются функциями режима работы станции, электрической и тепловой мощности энергоблоков и комплекса режимных параметров энергоблока, зависящих от нагрузок агрегатов и в общем случае требующих подбора оптимальных значений. Экологические характеристики – функции режима работы станции, электрической и тепловой мощности энергоблоков. В качестве ограничений рассматриваются допустимые пределы нагрузок для каждого энергоблока и заданные суммарные мощности для всей станции. Предполагается также включение ограничений по активным и полным мощностям энергоблоков, по числу работающих энергоблоков, по числу комбинаций включенных агрегатов. Выбор оптимальных режимных параметров энергоблока (первый этап задачи) осуществляется путем построения обобщенной расходной характеристики блока, как функции электрической и тепловой нагрузки  $B(p, q)$ , то есть, в процессе решения следующей задачи:

$$B(p, q) = \min_{\Pi_k} \{B(p, q, \Pi_k)\}, \quad (1)$$

где  $p$  – электрическая мощность,  $q$  – тепловая нагрузка,  $\Pi_k$  – комплекс оптимизируемых параметров.

Функция цели представляет собой сумму полученных характеристик, задача на определение ее минимума решается методом динамического программирования.

При решении задач управления энергоблоками, предусматривающих составление экономико-математических моделей на блочном и общестанционном уровнях важное место занимает проблема определения принципов моделирования распределенных систем управления технологическим процессом энергоблоков ТЭС [12]. На основе иерархического принципа организации управления тепловой электростанцией и присущей ему схеме обращения информации в многоуровневой иерархической системе, автор предлагает критерии, облегчающие декомпозицию сложных систем, и рекомендует использовать прямую передачу на верхний уровень только тех информационных сигналов, которые связаны с определением целевой функции этого уровня или с вычислением технико-экономических показателей подчиненных объектов. Эти принципы находят отражение в [12] при решении задачи оптимального распределения электрических нагрузок между параллельно работающими энергоблоками. Модель энергетической характеристики энергоблока с учетом влияющих факторов для решения задач оптимизации технологического процесса моноблока представляется в виде полиномов:

$$B_T = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i y_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ji} y_j y_i,$$

где  $B_T$  – расход топлива.

В качестве факторов, применительно к энергоблоку ТЭС мощностью 210 МВт, рассматриваются электрическая мощность, избыточное содержание кислорода в дымовых газах, температура уходящих газов, циркуляционной воды на входе в конденсатор и первичного перегрева пара, давление пара в конденсаторе.

Блочная модель, применяемая на верхнем уровне, представлена в упрощенном виде полиномом второй степени  $B_{Ti} = b_{0i} + b_{1i}N_i + b_{2i}N_i^2$ . Это выражение используется как одна из составляющих семейства моделей по расходу топлива, образующих следующую целевую функцию на станционном уровне ( $n$  энергоблоков):

$$B_{T\Sigma} = \sum_{i=1}^n B_{Ti} = \sum_{i=1}^n b_{0i} + \sum_{i=1}^n b_{1i}N_i + \sum_{i=1}^n b_{2i}N_i^2, \quad (2)$$

где  $B_{T\Sigma}$  – суммарный расход топлива.

В качестве критерия управления в задаче оптимального распределения нагрузок в работе [13] выбран минимум суммарных затрат топлива на выработку заданного количества электроэнергии, причем расходные характеристики по каждому энергоблоку задаются графически или аналитически, автономные ограничения нагрузок каждого энергоблока связаны с особенностями режимов работы и эксплуатационными факторами. Решение задачи распределения нагрузок достигается на основе метода неопределенных множителей Лагранжа. Функция Лагранжа, составляемая для решения данной задачи, включает только ограничения по нагрузке, задаваемые в виде равенств. Ограничения минимальной и максимальной нагрузок энергоблоков, задаваемые в виде неравенств в уравнение не включаются, и поэтому необходимо постоянное сопоставление получаемых оптимальных значений мощностей отдельных энергоблоков с заданными ограничениями и их перерасчет.

Результат разработки информационных средств оптимизации распределения тепловой и электрической нагрузки на ТЭС на основе непараметрических моделей эксплуатационных (энергетических) характеристик турбоагрегатов представлен в работе [14]. В качестве критерия эффективности используется суммарный расход теплоты, а ограничения определяются заданиями на выработку теплоты и электроэнергии; поиск решения осуществляется методом динамического программирования.

Метод динамического программирования применялся и для решения задачи распределения тепловых нагрузок при работе турбин ТЭС по тепловому графику [15]. Московским энергетическим институтом разработан программный комплекс по расчету оптимального распределения электрической нагрузки между параллельно работающими энергоблоками ТЭС. Программный комплекс работает в диалоговом режиме и предназначен для поиска при заданной суммарной нагрузке ТЭС и выбранного критерия оптимальных электрических нагрузок конденсационных энергоблоков. Критериями оптимизации могут являться: 1) суммарный расход условного топлива на ТЭС; 2) суммарные затраты на топливо (при одновременном сжигании несколько видов топлива). Оптимизация проводится с помощью метода динамического программирования, не накладывающего ограничений на вид расходных характеристик энергоблоков. Программный комплекс может применяться на электростанциях с конденсационными энергоблоками, участвующими в регулировании мощности энергосистемы. Программный комплекс включает в себя два раздела: 1) «Характеристики (просмотр и коррекция)» – процедура, позволяющая производить просмотр, коррекцию и внесение дополнительной информации в базу данных каждого энергоблока, а также просмотр и кор-

рекцию общестанционных данных; 2) “Расчет распределения нагрузки” – выполнение расчета оптимальных нагрузок блоков, расходов топлива по энергоблокам, суммарных затрат на топливо, выбросов в атмосферу, платы за выбросы.

Основным режимом работы программного комплекса является режим оптимизации. В данном режиме осуществляется: ввод значения заданной нагрузки; ввод информации о работе энергоблоков (состояние энергоблоков, допустимый диапазон изменения нагрузки для каждого энергоблока, топливный режим на каждом энергоблоке, наличие тепловой нагрузки, режим работы в однокорпусном режиме для дубль-блоков); вывод результатов расчета. Также предусмотрен учет текущего фактического состояния оборудования – отклонение ряда технологических параметров от номинальных значений из-за текущего технического состояния оборудования. По результатам расчетов выдается следующая информация: заданная нагрузка станции, для которой выполнен расчет; данные по оптимальному распределению нагрузки между энергоблоками.

Приведенные примеры показывают, что метод динамического программирования достаточно часто находил применение при решении задач оптимального распределения нагрузок между энергоблоками, особенно в ситуациях работы энергоблоков в режиме «пуска» или «останова». Между тем, объем вычислений по схеме динамического программирования возрастает экспоненциально в зависимости от размерности задачи, которая определяется числом параметров состояния, то есть числом ограничений минимального и максимального значений электрической мощности для каждого энергоблока. Таким образом, при наличии более трех параметров состояния, задачу практически невозможно решить.

В работе [16] представлены результаты использования метода перебора вариантов и метода относительных приростов [17,18] для оптимизации распределения электрической, теплофикационной и производственной нагрузок между турбоагрегатами. Турбоагрегаты разбиты на три группы. Оказалось, что если рассматривать распределение нагрузки между тремя группами (в группах объекты идентичны) по трем параметрам, то метод перебора всех вариантов предпочтительней, так как требуется меньше времени на оптимизацию по сравнению со вторым методом. Это связано с большим дроблением оптимизационной задачи на отдельные части, хотя, когда в работе находятся все турбоагрегаты, скорость оптимизации становится примерно равной. При использовании метода рассматривались математические модели диаграмм режимов работы турбин. Метод относительных приростов позволяет распределять три вида нагрузки между большим количеством объектов, но на это требуется больше времени. Данный метод более динамичен по сравнению с первым методом, так как позволяет работать не только с математическими моделями диаграмм режимов работы турбоагрегатов, но и с математическими моделями реально действующих объектов. Автор приходит к выводу, что самый лучший вариант при поставленной задаче оптимизации – это комбинирование методов. Вначале распределение методом перебора всех вариантов, который лучше всего подходит для предварительного распределения нагрузки, а затем – методом относительных приростов. Первым методом распределяется нагрузка между группами, а вторым – в группах между турбоагрегатами.

Разработанная “теория замещения” [17] позволяет определять, какие установки и в каких пропорциях компенсируют изменения мощности каждой из них. Задача распределения электрических нагрузок, в которой критерием оптимизации является минимум расхода топлива (топливных затрат), решается с помощью введения функции Лагранжа. Множители Лагранжа имеют вполне определенный физический смысл и представляют собой осредненные для всех рассматриваемых уста-

новок значения относительных приростов затрат по нагрузке. Изменение отпуска данного вида энергии компенсируется соответствующим изменением загрузки всех участвующих в работе установок, включая и рассматриваемую. Таким образом, в качестве балансирующей должна выступать не какая-то отдельная установка, а вся совокупность рассматриваемых, т.е. система. Условие оптимального распределения выработки энергии достигается в том случае, когда значения относительных приростов каждой установки приближаются к среднему относительному приросту всей группы (системы). Использование данной методики [18,19] позволило получить обобщенные расчетные функции для определения вектора-градиента приращений нагрузок котлов и турбин станций с одной и двумя секциями поперечных связей по свежему пару, нагрузок для ТЭЦ наиболее сложного типа с использованием секции, имеющей поперечную связь, и автономного блочного оборудования.

В настоящее время в качестве одного из принципов моделирования сложных технических систем рассматривается сочетание имитационных и эмпирико-статистических моделей. Статистические методы в ситуациях не слишком сложных имитационных моделей используются в основном для целей идентификации, в случаях повышения уровня сложности позволяют строить достаточно простые регрессионные модели изучаемого процесса, определяя неявные взаимосвязи в моделируемой сложной системе. Поэтому применение данных принципов моделирования для решения задачи построения эксплуатационных характеристик систем и оборудования энергоблоков электростанций, описывающих влияние изменения параметров технологических процессов на технико-экономические показатели производства электроэнергии оказывается весьма эффективным [20]. Эксплуатационные характеристики, построенные в виде регрессионных полиномов, описывают влияние изменения достаточно большого числа параметров технологических процессов, то есть систем и оборудования энергоблока, на значения электрической мощности и удельного расхода теплоты. Такие характеристики позволяют сформулировать задачу распределения нагрузок между энергоблоками электростанции как оптимизационную задачу с одним управляемым параметром – электрической мощностью, что дает возможность учитывать иерархический принцип организации управления электростанцией. При постановке такой задачи для моноэнергоблоков АЭС с ВВЭР-1000, она формулировалась как задача нелинейного программирования с линейными ограничениями и решалась методом проекции градиента Розена с выбором начальной точки итерационного процесса с помощью ЛП<sub>τ</sub>-последовательностей [21].

Из проведенного анализа видно, что при решении задачи распределения нагрузок между энергоблоками электростанций актуальной остается проблема учета в моделируемых объектах и процессах факторов неопределенности и выбор аппарата для их описания. Классическое «точечное» представление величин в задачах моделирования и оптимизации зачастую не позволяет добиваться максимально возможного соответствия моделей реальному объекту. Игнорирование интервального (или нечетко-интервального) характера задачи дает решение в виде некоторых «точных» чисел, при этом близость таких решений к нижним возможным или верхним возможным значениям не может быть оценена. На практике это приводит к неудовлетворенности полученными результатами лиц, принимающих решение [22].

Вполне очевидными в такой ситуации являются преимущества интервального анализа, средства которого позволяют учитывать неточности в задании исходных данных, неопределенности параметров и структуры модели системы, полирежимный характер функционирования таких сложных технических систем, как энергоблоки ТЭС и АЭС. Для повышения эффективности решения оптимизационной задачи распределения

нагрузок между энергоблоками электростанций перспективным представляется изучение возможностей представления целевых функций в виде регрессионных полиномов, коэффициенты которых известны с точностью до интервала, и интервального расширения методов поиска экстремумов интервальных целевых функций.

### Литература

1. Аракелян Э.К. Методика выбора оптимальных параметров и режимов работы оборудования энергоблоков на частичных нагрузках / Э.К. Аракелян // Теплоэнергетика. – № 4. – 2002. – С. 57–60.
2. Ромашова О.Ю. Распределение нагрузок на ТЭЦ с поперечными связями с учетом потокораспределения воды: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.14.14: «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»/ О.Ю. Ромашова. – Томск, 2007. – 20 с.
3. Вошинин А.П. Оптимизация в условиях неопределенности / А.П. Вошинин, Г.Р. Сотиров. – МЭИ (СССР); «Техника» (НРБ), 1989. – 224 с.
4. Севастьянов П.В. Моделирование и оптимизация работы энергоагрегатов при интервальной неопределенности / П.В. Севастьянов, А.В. Венберг // «Энергетика»: Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. – 1998. – № 3. – С. 66–70.
5. Moore R.E. Methods and applications of interval analysis / R.E. Moore. – Philadelphia: SIAM. – 1979. – 190 p.
6. Yager R.A foundation for theory of possibility // J / Of Cybernetics. – 1980. – Vol. 10. – № 1–3. – pp. 177–209.
7. Севастьянов П.В. Оптимизация технико-экономических параметров работы энергоагрегатов при нечетких исходных данных / П.В. Севастьянов, А.В. Венберг // «Энергетика»: Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. – 2000. – № 1. – С.62–69.
8. Арончик Г.И. Математическое моделирование и оптимизация технико-экономических показателей региональной энергосистемы в условиях нечеткости исходной информации / Г.И. Арончик, В.П. Балтер, Б.З. Чертков // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия физико-математические науки. – 2002. – № 16. – С. 149–154.
9. Щедеркина Т.Е., Мерзликина Е.И. Учет неопределенности исходных данных при решении задач статической оптимизации // Вестник МЭИ. – № 3. – 2006. – С. 22–28.
10. Беллман Р. Динамическое программирование / Беллман Р.; пер. с англ. М.И. Андреевой – М.: Изд-во иностр. лит., 1960. – 400 с.
11. Аракелян Э.К. Оптимизация работы теплоэлектроцентрали со сложным составом оборудования в условиях переменных графиков энергопотребления / Э.К. Аракелян, Д.Ю. Цыпулев // Вестник МЭИ. – 2007. – № 1. – С. 32–37.
12. Плетнев Г.П. Методы моделирования распределенных систем управления технологическими процессами энергоблоков ТЭС / Г.П. Плетнев // Теплоэнергетика. – 2001. – № 10. – С. 49–52.
13. Плетнев Г.П. Управление электрической нагрузкой энергоблоков ТЭС с учетом эксплуатационных ограничений / Г.П. Плетнев, Т.Е. Щедеркина // Изв. Вузов. Энергетика. – 1983. – № 5. – С. 55–60.
14. Информационные средства оптимизации распределения нагрузки на тепловой электростанции / А.В. Лапко, В.А. Лапко, Д.А. Ларько [и др.] // Проблемы информатизации региона : VIII Всерос. научн.-практ. конф., 28–29 окт. 2003 г., Красноярск: материалы конф. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – Т. 1. – С. 114–116.



15. Пашенко А.В. Частные случаи оптимизации режимов работы ТЭЦ / А.В. Пашенко, Ю.Б. Попова // «Энергетика»: Известия ВУЗов и энергетических объединений СНГ. – 2001. – № 6. – С. 81–87.

16. Басс М.С. Методы оптимального распределения нагрузок между турбоагрегатами. // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности : Четвертая Российская научн.-технич. конф., 24–25 апр. 2003 г., Ульяновск: материалы конф. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – С. 40–43.

17. Аминов Р.З. Градиентный метод распределения нагрузок на ТЭЦ / Аминов Р.З. – Саратов: СПИ, 1982. – 59 с.

18. Аминов Р.З. Определения вектора-градиента при распределении нагрузок в структурно-сложной ТЭЦ (I часть) / Р.З. Аминов // Изв. ВУЗов. Энергетика. – 1990. – №4. – С. 65–70.

19. Аминов Р.З. Определения вектора-градиента при распределении нагрузок в структурно-сложной ТЭЦ (II часть) / Р.З. Аминов // Изв. ВУЗов. Энергетика. – 1990. – № 5. – С. 67–70.

20. Potanina T. Problem of optimal load distribution between power units on the power stations / T. Potanina, A. Efimov // MOTROL – Lublin. – 2009. – Vol. 11A. – С.25-30.

21. Ефимов А.В. Применение метода проекции градиента для решения задачи оптимального распределения нагрузок между энергоблоками АЭС / А.В. Ефимов, Т.В. Потанина, И.С. Белов, Т.А. Гаркуша // Інтегровані технології та енергозбереження. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2008. – № 1. – С. 89–96.

22. Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н.В. Дилигенский, Л.Г. Дымова, П.В. Севастьянов. – М.: Машиностроение – 1. – 2004. – 220 с.

УДК 621.311.25

Потаніна Т.В.

### **МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ НАВАНТАЖЕНЬ МІЖ ЕНЕРГОБЛОКАМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

В статті проаналізовано проблеми методичного характеру, що виникають при розв'язанні задачі управління розподілом навантажень між енергоблоками та устаткуванням ТЕС та АЕС. Запропоновано застосування методів інтервального аналізу для побудови моделей та розв'язання оптимізаційних задач.

Potanina T.

### **THE METHODOLOGICAL APPROACH TO THE SOLUTION OF A PROBLEM OF OPTIMAL LOAD DISTRIBUTION BETWEEN POWER UNITS ON THE POWER STATIONS**

In paper the methodical problems at the solution of the problem optimal load distribution between power units and equipment on the power stations are analyzed. Application of the interval analysis methods for construction of models and solution of optimization problems is offered.