

Слайд	Текст
2	<p>Проблема энергосбережения в настоящее время очень актуальна и представляет собой стратегическое направление деятельности, как отдельных предприятий, так и экономической политики государства в целом.</p> <p>Целью данной работы является разработка метода многокритериальной оптимизации режимов работы котельного отделения электростанции и его исследование на примере котельного отделения ТЭЦ-20 Мосэнерго .</p> <p>Для достижения данной цели необходимо решить задачи, представленные на слайде</p>
3	<p>В ходе анализа предметной области были рассмотрены некоторые существующие оптимизационные продукты и решения. Их описание и достоинства представлены в таблице 1.</p> <p>Основным недостатком всех рассмотренных решений по сравнению с разработанным программным комплексом является отсутствие возможности оптимизации по нескольким критериям, учета информации о коэффициентах относительной важности критериев.</p>
4	<p>Также были рассмотрены некоторые существующие алгоритмы оптимизации, а именно Адаптивный алгоритм случайного поиска с переменным шагом, комбинаторный эвристический алгоритм, прямые выборочные процедуры с уменьшением интервала поиска.</p> <p>Для реализации был выбран метод прямых выборочных процедур, так как он наиболее эффективен для решения многоэкстремальных задач, остальные методы направлены в основном на поиск локального экстремума.</p>
5	<p>Задача оптимизации состоит в нахождении:</p> <ul style="list-style-type: none"> • оптимального состава очереди котлоагрегатов, • паровых нагрузок для каждого из котлоагрегатов, • вида топлива, используемого каждым из котлоагрегатов. <p>В качестве критериев оптимизации были выделены:</p> <ul style="list-style-type: none"> • расход газа -> min, • расход жидкого топлива (мазута) -> min, • финансовые затраты на используемое топливо -> min, • коэффициент полезного действия (КПД) очереди котлоагрегатов -> max.
6	<p>На данном слайде приведена математическая постановка задачи оптимизации. Здесь K1 – функция критерия расхода газа, K2- функция критерия расхода мазута, K3 – функция критерия финансовых затрат на топливо, K4 – функция КПД очереди котлоагрегатов. Общая целевая функция F принимает следующий вид...</p> <p>Функцию критерия КПД (K4) будем включать в целевую функцию со знаком -, это позволяет свести операцию максимизации к операции минимизации.</p>
7	<p>При решении поставленной многокритериальной задачи оптимизации необходимо учитывать следующие критерии. Это:</p> <p>Диапазоны рабочей производительности для каждого из котлоагрегатов</p> <p>И Суммарная паропроизводительность группы котлоагрегатов</p>
8	<p>Разработанный метод решения поставленной задачи состоит из следующих шагов:</p> <p>Формирование множества возможных решений, который включает в себя определение всех допустимых режимов работы очереди котлоагрегатов и проведение «локальной» оптимизации для каждого допустимого режима.</p> <p>Выбор наилучшего решения из множества возможных, включающий в себя построение и последовательное сужение множества Парето на основе коэффициентов относительной важности критериев, а также выбор окончательного оптимального решения с помощью метода целевого программирования.</p>

9	<p>Каждый из n котлоагрегатов может находиться в одном из состояний: Выключен; Работает на газе; Работает на мазуте;</p> <p>Всего таких комбинаций 3^n.</p> <p>Для каждой из комбинаций проверяется, может ли она обеспечить выполнение заданной суммарной паропроизводительности:</p>
10	<p>Локальная оптимизация осуществляется с применением метода прямых выборочных процедур, при заданном состоянии очереди котлоагрегатов и суммарной паровой нагрузки, которую должна обеспечивать очередь, необходимо определить значения паровых нагрузок для N-1 котлоагрегата очереди. Значение паровой нагрузки для n-го котлоагрегата определяется из соотношения...</p>
11	<p>Выбор начальных решений, входящий в состав стандартного метода прямых выборочных процедур, состоит в определении начальных значений переменных равными серединам интервалов допустимых значений для каждой из них. Для решения поставленной задачи такой алгоритм не подходит. В магистерской диссертации приведен подробный пример, обосновывающий данный вывод. В соответствии с этим, был разработан модифицированный алгоритм выбора начальных решений, удовлетворяющий всем заданным ограничениям.</p>
12	<p>Блок схема модифицированного алгоритма выбора начальных решений представлена на данном слайде</p>
13	<p>При построении множества Парето необходимо, чтобы все критерии стремились к максимуму, поэтому функции критериев расхода газа, мазута и финансовых затрат включаются со знаком минус.</p> <p>Для выполнения операции последовательного сужения множества Парето, эксперт работающий с созданным программным комплексом, с помощью экспертного блока задает коэффициенты относительной важности критериев оптимизации.</p> <p>Коэффициент относительной важности – это величина, принимающая значения от 0 до 1 и описываемая данной формулой...</p> <p>При выполнении последовательно сужения множества Парето менее важный критерий в общем списке критериев заменяется новым, рассчитанным по формуле...</p>
14	<p>Для выбора окончательного решения из множества Парето-оптимальных был использован метод целевого программирования. На критериальном пространстве выбиралось идеальный, недостижимый вектор. В качестве меры близости между векторами использовался квадрат расстояния. Оптимальным решением является то, которое расположено ближе всего к идеальному вектору.</p>
15	<p>В ходе решения поставленной оптимизационной задачи был разработан программный комплекс. Модульная структура разработанного комплекса представлена на данном слайде.</p>
16	<p>Проведенный эксперимент делится на два основных шага:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. проверка адекватности разработанного метода 2. и расчет ситуаций, возможных для рынка электроэнергии, для которого были рассмотрены ситуации «Без приоритета» и «Приоритет одного вида топлива». Расчеты, полученные для ситуации «Без приоритета» сравнивались с расчетами программного комплекса «I4Plan», разработанного в 2012 году компанией ЗАО «Крок инкорпорейтед» и успешно внедренного на ТЭЦ-20 Мосэнерго. <p>В таблице 1 приведены значения исходных данных, используемых при проведении расчетов.</p>
17	<p>Во время проверки адекватности разработанного метода было проведено 45</p>

	<p>экспериментов, по 15 для каждого из 3 рассматриваемых котлоагрегатов очереди. Во время экспериментов рассчитывались зависимости расхода топлива котлоагрегатом от паровой нагрузки.</p> <p>Зависимости, полученные с помощью разработанного программного комплекса, а также с помощью комплекса «I4Plan» сравнивались с помощью U-теста Манна Уитни. Во время проведения теста использовался уровень статистической значимости равный 5%. Проведенный тест показал, что значения, полученные с помощью разработанного программного комплекса не менее значимы, чем сравниваемые значения.</p> <p>Средний процент расхождения составил 1.7%.</p>
18	<p>Ситуация «Без приоритета» характерна тем, что все выделенные критерии оптимизации имеют одинаковый вес.</p> <p>Во время расчетов для данной ситуации были построены зависимости расхода газа очередью котлоагрегатов от заданной суммарной паровой нагрузки, при режимах работы, рассчитанных с помощью разработанного ПК и с помощью ПК «I4Plan».</p> <p>Полученные результаты показали следующие проценты выигрыша при использовании разработанного программного комплекса:</p> <p>Максимальный процент = 12%</p> <p>Минимальный процент = 0.2</p> <p>Средний процент = 1.3</p> <p>Стоит отметить, что использование режима работы, рассчитанного с помощью разработанного программного комплекса, позволит экономить до 124 тыс.руб/мес.</p>
19	<p>При расчетах для ситуации «Приоритет одного вида топлива» приоритет отдавался расходу газа, на данных графиках представлены зависимости значений выделенных критериев оптимизации от коэффициентов относительной важности критерия расхода газа по отношению к другим критериям.</p> <p>Полученные расчеты могут использоваться экспертом предметной области, работающим с созданным программным комплексом в качестве помощи при принятии решений по выставлению коэффициентов относительной важности критериев оптимизации.</p>
20	<p>В качестве выводов по проведенным экспериментам можно назвать следующие:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проведена проверка адекватности разработанного метода; 2. Проведены эксперименты с целью поиска оптимального режима работы котельного отделения (уменьшение расхода топлива и финансовых затрат, увеличение КПД очереди котлоагрегатов); 3. Применение разработанного метода позволит получить экономическую прибыль для электростанции по сравнению с текущим решением.
21	<p>В результате работы было:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Проведен анализ существующих оптимизационных продуктов и решений; 2. Проведен анализ существующих алгоритмов оптимизации и выбран один из них; 3. Разработана математическая модель многокритериальной оптимизации; 4. Разработан метод многокритериальной оптимизации; 5. Разработан программный комплекс, реализующий данный метод; 6. Проведено исследование разработанного метода и сравнение полученных результатов с другими известными результатами.
22	Спасибо за внимание