|  |  |
| --- | --- |
| Слайд | Текст |
| 2 | Проблема энергосбережения в настоящее время очень актуальна и представляет собой стратегическое направление деятельности, как отдельных предприятий, так и экономической политики государства в целом.  Целью данной работы является разработка метода многокритериальной оптимизации режимов работы котельного отделения электростанции и его исследование на примере котельного отделения ТЭЦ-20 Мосэнерго .  Для достижения данной цели необходимо решить задачи, представленные на слайде |
| 3 | В ходе анализа предметной области были рассмотрены некоторые существующие оптимизационные продукты и решения. Их описание и достоинства представлены в таблице 1.  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. |
| 4 | 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.  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. |
| 5 | Задача оптимизации состоит в нахождении:   * оптимального состава очереди котлоагрегатов, * паровых нагрузок для каждого из котлоагрегатов, * вида топлива, используемого каждым из котлоагрегатов.   В качестве критериев оптимизации были выделены:   * + расход газа -> **min**,   + расход жидкого топлива (мазута) -> **min**,   + финансовые затраты на используемое топливо -> **min**,   + коэффициент полезного действия (КПД) очереди котлоагрегатов -> **max**. |
| 6 | На данном слайде приведена математическая постановка задачи оптимизации. Здесь K1 – функция критерия расхода газа, K2- функция критерия расхода мазута, К3 – функция критерия финансовых затрат на топливо, К4 – функция КПД очереди котлоагрегатов.  Общая целевая функция F принимает следующий вид…  Функцию критерия КПД (К4) будем включать в целевую функцию со знаком -, это позволяет свести операцию максимизации к операции минимизации. |
| 7 | При решении поставленной многокритериальной задачи оптимизации необходимо учитывать следующие критерии. Это:  Диапазоны рабочей производительности для каждого из котлоагрегатов  И Суммарная паропроизводительность группы котлоагрегатов |
| 8 | Разработанный метод решения поставленной задачи состоит из следующих шагов:  Формирование множества возможных решений, который включает в себя определение всех допустимых режимов работы очереди котлоагрегатов и проведение «локальной» оптимизации для каждого допустимого режима.  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. |
| 9 | Каждый из n котлоагрегатов может находиться в одном из состояний:  Выключен;  Работает на газе;  Работает на мазуте;  Всего таких комбинаций 3n.  Для каждой из комбинаций проверяется, может ли она обеспечить выполнение заданной суммарной паропроизводительности: |
| 10 | 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… |
| 11 | 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. |
| 12 | Блок схема модифицированного алгоритма выбора начальных решений представлена на данном слайде |
| 13 | При построении множества Парето необходимо, чтобы все критерии стремились к максимуму, поэтому функции критериев расхода газа, мазута и финансовых затрат включаются со знаком минус.  Для выполнения операции последовательного сужения множества Парето, эксперт работающий с созданным программным комплексом, с помощью экспертного блока задает коэффициенты относительной важности критериев оптимизации.  Коэффициент относительной важности – это величина, принимающая значения от 0 до 1 и описываемая данной формулой…  При выполнении последовательно сужения множества Парето менее важный критерий в общем списке критериев заменяется новым, рассчитанным по формуле… |
| 14 | 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. |
| 15 | В ходе решения поставленной оптимизационной задачи был разработан программный комплекс. Модульная структура разработанного комплекса представлена на данном слайде. |
| 16 | Проведенный эксперимент делится на два основных шага:   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.  В таблице 1 приведены значения исходных данных, используемых при проведении расчетов. |
| 17 | Во время проверки адекватности разработанного метода было проведено 45 экспериментов, по 15 для каждого из 3 рассматриваемых котлоагрегатов очереди.  Во время экспериментов рассчитывались зависимости расхода топлива котлоагрегатом от паровой нагрузки.  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.  Средний процент расхождения составил 1.7%. |
| 18 | Ситуация «Без приоритета» характерна тем, что все выделенные критерии оптимизации имеют одинаковый вес.  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».  Полученные результаты показали следующие проценты выигрыша при использовании разработанного программного комплекса:  Максимальный процент = 12%  Минимальный процент = 0.2  Средний процент = 1.3  Стоит отметить, что использование режима работы, рассчитанного с помощью разработанного программного комплекса, позволит экономить до 124 тыс.руб/мес. |
| 19 | 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.  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. |
| 20 | В качестве выводов по проведенным экспериментам можно назвать следующие:   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 | В результате работы было:   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 |