# Введение

Проблема энергосбережения в настоящее время очень актуальна и представляет собой стратегическое направление деятельности, как отдельных предприятий, так и экономической политики государства в целом. Одним из основных важнейших направлений энергосбережения является оптимизация работы энергоагрегатов, а именно снижение затрат топливных и денежных ресурсов на производство энергии.

# Аналитический раздел

## Постановка задачи

Целью данной работы является разработка метода многокритериальной оптимизации режимов работы котельного отделения электростанции и создание, на основе разработанного метода, программного продукта. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. анализ существующих оптимизационных продуктов и решений;
2. анализ существующих алгоритмов оптимизации;
3. выделение параметров и ограничений, необходимых для построения математической модели;
4. формулирование используемых критериев оптимизации;
5. формулирование целевой функции многокритериальной оптимизации;
6. выбор наиболее подходящего для решения поставленной задачи алгоритма оптимизации;
7. построение математической модели;
8. разработка метода многокритериальной оптимизации режимов работы котельного отделения электростанции;
9. разработка программного продукта на основе данного метода;
10. исследование разработанного метода и сравнение результатов с другими известными результатами.

**Входные данные:**

Входные данные для разработанного метода многокритериальной оптимизации представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Входные данные для разработанного метода оптимизации

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| Плановая паропроизводительность | Количество пара [тонн/час], которое должна обеспечивать очередь котлоагрегатов. |
| Цена на газ | Цена на газ на рынке электроэнергии, [руб./тыс.нм3]. |
| Цена на мазут | Цена на мазут на рынке электроэнергии, [руб./тонн]. |
| Коэффициенты относительной важности критериев оптимизации **(необязательный параметр)** | Задаются с помощью экспертного блока, могут принимать значения в диапазоне (0%; 100%). Показывают на сколько, в процентном соотношении, один из критериев оптимизации важнее остальных критериев. |

**Выходные данные:**

Выходные данные разработанного метода многокритериальной оптимизации представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Выходные данные разработанного метода оптимизации

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| Оптимальные состояния котлоагрегатов очереди | Состояния для каждого из котлоагрегатов очереди (Вкл./Выкл.), при которых очередь котлоагрегатов выполняет план по паропроизводительности, а критерии оптимизации имеют оптимальные значения. |
| Оптимальные паровые нагрузки | Распределение паровых нагрузок [тонн/час] между котлоагрегатами очереди, при котором очередь котлоагрегатов выполняет план по паропроизводительности, а критерии оптимизации имеют оптимальные значения. |
| Вид топлива для котлоагрегата | Виды топлива (Газ/Мазут) для котлоагрегатов очереди, при использовании которых очередь котлоагрегатов выполняет план по паропроизводительности, а критерии оптимизации имеют оптимальные значения. |

**Ограничения:**

Основные ограничения, учитываемые в разработанном методе многокритериальной оптимизации описаны в таблице 1.3.

Таблица 1.3 Учитываемые ограничения

|  |  |
| --- | --- |
| **Название** | **Описание** |
| Суммарная паропроизводительность | Сумма паровых нагрузок [тонн/час] для каждого из котлоагрегатов очереди должна быть равна заданной плановой паропроизводительности [тонн/час]. |
| Диапазоны допустимых паровых нагрузок | Паровая нагрузка каждого из котлоагрегатов очереди [тонн/час] должна находиться в пределах допустимых паровых нагрузок для этого котлоагрегата [тонн/часmin; тонн/часmax]. |

**Критерии оптимизации:**

При решении поставленной задачи многокритериальной оптимизации было выделено несколько критериев. Выделенные критерии оптимизации приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 Критерии оптимизации

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Название** | **Описание** | **Цель** |
| Расход газа | Расход газа [тыс.нм3/час] очередью котлоагрегатов, при котором выполняется план по паропроизводительности. | min |
| Расход мазута | Расход мазута [тонн/час] очередью котлоагрегатов, при котором выполняется план по паропроизводительности. | min |
| Финансовые затраты | Финансовые затраты [руб./час] на используемое очередью котлоагрегатов топливо, при которых выполняется план по паропроизводительности. | min |
| КПД | Коэффициент полезного действия очереди котлоагрегатов. | max |

**Целевая функция оптимизации:**

Обозначим критерии, перечисленные в таблице 1.4, как:

- Расход газа (K1);

- Расход мазута (К2);

- Финансовые затраты (К3);

- КПД (К4).

Тогда целевая функция оптимизации принимает следующий вид:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  | (1.1) | |  |

**Требования, предъявляемые к программному продукту:**

1. Возможность ручной настройки значений входных параметров, описанных в таблице 1.1;
2. Автоматический расчет и определение значений выходных параметров, представленных в таблице 1.2;
3. Наглядное представление полученных результатов.

## Обзор существующих оптимизационных продуктов и решений

В ходе анализа предметной области были рассмотрены некоторые существующие оптимизационные продукты и решения. В данном разделе приводится их описание, а также преимущества и недостатки по сравнению с разработанным программным комплексом.

### Система моделирования и оптимизации режимов работы электростанции

В 2012 году в рамках проекта «Инновация 4 Generation» компанией ЗАО «Крок инкорпорейтед» была разработана и введена в эксплуатацию на ТЭЦ-20 Мосэнерго система моделирования и оптимизации режимов работы электростанции (далее «СМиОР ») [4].

Основной бизнес-процесс, входящий в состав «СМиОР», - «I4Plan». Он отвечает за определение планового состава оборудования, а также за оптимальное распределение нагрузок между котлоагрегатами.

При решении задачи оптимизации с помощью «СМиОР» создавалась имитационная модель (путем замены реальных объектов моделирующими элементами, которые имитируют определенные характеристики либо свойства этих объектов) ТЭЦ-20 Мосэнерго. Для создания такой модели была выбрана программа Thermoflex от компании Thermoflow (США). Компания Thermoflow является мировым лидером в разработке программного обеспечения для инженерных расчетов  в области  тепловой энергетики. Программа Thermoflex позволяет создавать с помощью базового набора элементов (котлов, турбин и т.д.) физическую модель, эмитирующую процессы тепломассообмена, происходящие на тепловых электростанциях.

Построенная имитационная модель учитывалась для уточнения режимов и сведения материальных и тепловых балансов.

Для нахождения оптимального распределения нагрузок между оборудованием ТЭЦ выбран программный продукт ILOG ODM разработки компании IBM. Этот продукт представляет из себя гибкую платформу для планирования производства, предоставляет возможность сценарного анализа, имеет встроенный оптимизационный модуль IBM ILOG CPLEX, модуль визуализации IBM ILOG JViews.

IBM ILOG CPLEX – это программное средство оптимизации, специально разработанное для математического программирования. Формализует задачу оптимизации в математических выражениях.

IBM ILOG JViews - является системой развития визуализации и представления данных, основанной на java. Поддерживается широкий набор диаграмм - Гантта, графов, карт.

При решении задачи оптимизации с помощью «СМиОР» учитывались входные данные, аналогичные данным, описанным в таблице 1.1 (за исключением коэффициентов относительной важности критериев), а также ограничения, представленные в таблице 1.3. В качестве критерия оптимизации был выбран расход топлива котлоагрегатами.

Приведем достоинства и недостатки «СМиОР» по сравнению с разработанным программным комплексом.

**Достоинства:**

1. Использование имитационного моделирования;
2. Мощный встроенный оптимизационный модуль IBM ILOG CPLEX;
3. Функциональный модуль визуализации результатов IBM ILOG JViews;
4. Возможность расчета и сравнения нескольких сценариев.

**Недостатки:**

1. Использование дорогостоящих продуктов (IBM ILOG, Thermoflex);
2. Оптимизация по одному критерию (расход топлива);
3. Отсутствует учет информации об относительной важности критериев.

## Обзор существующих алгоритмов оптимизации

**Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.Ошибка! Источник ссылки не найден.**

# Список литературы

1. **Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В.** *Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология.* М. : Издательство Машиностроение - 1, 2005.

2. **В.Д., Ногин.** *Принятие решений в многокритериальной среде. Количественный подход.* М. : Физматлит, 2002.

3. **Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К.** *Оптимизация в технике: в 2 Т., Т. 1.* М. : Мир, 1986.

4. **КРОК.** *Результаты.* М. : КРОК, 2012.