

УДК 621.311.22:004.032.26 <https://www.doi.org/10.47813/dnit-II.2023.7.179-183> EDN [BUJBBS](#)



## Оптимизация работы ТЭЦ с учетом использования нейросетевых технологий

**Д.А. Батяев, Д.А. Вандышев\*, С.А. Жданкина, М.С. Исаев, И.В. Кузнецов**

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, ул. Серышева, 47, Хабаровск, 680021, Россия

\*E-mail: msisaev@yandex.ru

**Аннотация.** Тепловые электростанции выделяют более половины мировой электроэнергии. Вопрос оптимизации работы теплоэлектростанций (ТЭЦ) является актуальным для регионов Дальнего Востока России. Данная работа посвящена исследованию возможности снижения потерь электроэнергии на конденсацию пара на ТЭЦ. Проведен анализ режимов работы ТЭЦ на предмет поиска способов оптимизации их работы. В качестве основного недостатка в работе ТЭЦ выделена чрезмерная выработка пара, не согласованная в полной мере и зачастую превосходящая потребности пользователей в электро- и теплоэнергии. Рассмотрен вопрос снижения потерь энергии с помощью анализа режимов работы ТЭЦ, величины потребленной электроэнергии и погодных условий в зависимости от времени. Предложено использование алгоритмов на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) для решения задачи прогнозирования необходимого количества энергии.

**Ключевые слова:** ТЭЦ, нейронные сети, оптимизация выработки.

## Optimization of CHP operation taking into account the use of neural network technologies

**D.A. Batyaev, D.A. Vandyshv\*, S.A. Zhdankina, M.S. Isaev, I.V. Kuznetsov**

Far Eastern State Transport University, Serysheva st., 47, Khabarovsk, 680021, Russia

\*E-mail: petrova@kdau.ru (автора-корреспондента, отступ до и после)

**Abstract.** Thermal power plants generate more than half of world's electric energy. The question of optimisation of thermal power plants is very relevant for the regions of Russia's Far East. This paper is dedicated to researching the possibilities of reducing loss of electric energy for steam condensation. An analysis of thermal power plant's operating modes was conducted in searching of ways to optimise them. Excessive steam generation was pointed out as a main drawback of thermal power plant's operation, it is not fully coordinated and often exceeds the needs of users in electricity and heat. The issue of reducing energy losses by analyzing the operating modes of the thermal power plant, the amount of electricity consumed and weather conditions depending on time is considered. The use of algorithms based on artificial neural networks to solve the problem of predicting the required amount of energy is proposed.

**Keywords:** CHP, neural networks, generation optimization.

## 1. Введение

В данный момент тепловые электростанции производят до 60% энергии в мире [1]. Тепловые электростанции разделяют по [2]:

- назначению и местоположению;
- видам используемого топлива;
- характеристикам используемого оборудования.

Разновидность основного оборудования определяет несколько типов тепловых электростанций, к которым относятся:

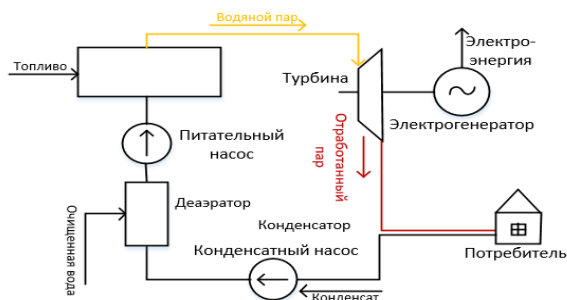
- котлотурбинные электростанции: конденсационные электростанции (КЭС или ГРЭС); теплоэлектроцентрали (теплофикационные электростанции, ТЭЦ);
- газотурбинные электростанции;
- электростанции на основе парогазовых установок (комбинированного цикла);
- электростанции на базе поршневых двигателей (дизель).

Назначение и размещение тепловых электростанций определяется по виду выпускаемой конечной продукции. Промышленные и отопительные тепловые электростанции осуществляют комбинированную выработку электрической энергии, пара и горячей воды. В первом случае с преимущественным потреблением тепла промышленные электростанции размещают в непосредственной близости от предприятий-потребителей. В втором случае, на площадки для отопительных станций, предназначенных для снабжения городов, влияют возрастающие требования по охране окружающей среды и особенности развития городской застройки, установленные администрацией населенного пункта. На сегодняшний день отопительные тепловые электростанции размещают за пределами городов, что в свою очередь, значительно увеличивает радиус транспортировки тепла [3]. Однако нельзя не учитывать относительно низкий КПД, порядка 35-40% [4], и только 1,5% всей выработанной энергии соответствует максимальной границе эффективности, с учетом средней КПД 30% в России, а в худшем случае 21% [5].

## 2. Постановка задачи

В свою очередь данная работа основана на оптимизации работы ТЭЦ (рисунок 1). Главный недостаток таких ТЭЦ – потребность работы по тепловому графику потребителей, то есть если ТЭЦ должна выдать значительное количество электроэнергии при низком спросе на тепло(пар), для потребителей, то отработанный

пар придётся сбрасывать. В противном случае излишки придётся пропускать мимо турбины и охлаждать до требуемых параметров, что предполагает лишние расходы электроэнергии. Поэтому мощность турбогенератора используется неравномерно и необходимо дублирование мощностей ТЭЦ конденсационными агрегатами.



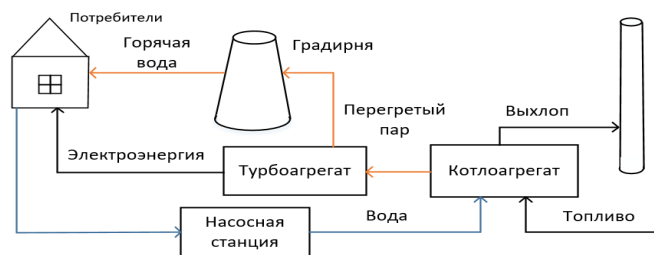
**Рисунок 1.** Технологическая схема теплоэлектроцентрали.

ТЭЦ решают не только задачи сохранения получаемой ими энергии, но при этом дают возможность дополнительного снабжения потребителей паром низкого давления, нужного многим промышленным предприятиям, а также горячей водой. Пар для технологических целей и нагрева воды может быть получен отбором из последних ступеней турбин. При этом сокращается объем пропуска пара через конденсатор и снижаются потери тепловой энергии.

Различают два типа теплоэлектроцентралей:

- оснащенные турбинами с противодавлением;
- с регулируемым отбором пара.

В первом случае использованный пар поступает по теплосетям к потребителям, а также используется в теплообменниках для нагрева воды, применяемой для теплоснабжения. Отработанный пар конденсируется у потребителей тепла и с помощью насосов передается обратно в парогенератор. Из этого следует мощность турбогенератора используется неравномерно и возникает необходимость в дублировании электрических мощностей ТЭЦ конденсационными агрегатами (рисунок 2).



**Рисунок 2.** Принципиальная схема работы теплоэлектроцентрали.

Из этого возникает проблема – оптимальное выделение пара для нужд потребителя. Если уменьшить потери, возникающие при охлаждении избытка пара, можно повысить уровень КПД ТЭЦ в целом. Для решения поставленной задачи предлагается прогнозирование необходимого количества предоставляемых потребителю ресурсов. Указанный показатель схож с суточными графиками отпуска электроэнергии потребителю, и также учитывает сезонность. Этот вопрос уже рассматривался в работах [6]. В них определялись режимы современных станций, а также возможности их улучшения в пользу повышения КПД генераторов, но не рассматривался вопрос внедрения дополнительного ПО расчета и анализа, для составления прогнозов потребления.

### **3. Методы и материалы исследования**

Для решения задачи прогнозирования необходимого количества энергии предлагается использовать искусственную нейронную сеть[7]. В качестве входных параметров сети предлагается использовать данные режимов работы ТЭЦ, величины потребленной электроэнергии и погодных условий в зависимости от времени. Предлагаемой архитектурой выступает рекуррентная нейронная сеть (RNN), что обусловлено высокой эффективностью данного класса сетей для решения задачи прогнозирования.

### **4. Результаты**

Применение RNN поможет определить периоды потребления более точно, а также дать оптимальный прогноз потребления. Это в свою очередь позволит снизить затраты на собственные нужды ТЭЦ в плане конденсации. При этом накладные расходы для осуществления сбора и анализа данных ожидаются низкими по причине того, что для осуществления этих действий не требуется специализированного дорогостоящего оборудования. Достаточно иметь данные о потреблении на каждом участке, а также датчики для учета потерь электроэнергии.

### **5. Выводы**

В работе рассмотрены возможности снижения потерь электроэнергии на конденсацию пара на ТЭЦ, поскольку основной принцип работы рассматриваемой электростанции - получение электроэнергии и тепла, за счет получения и работы пара[8]. Предложена оптимизация работы ТЭЦ посредством прогнозирования потребления

энергии пользователями, а именно с помощью использования рекуррентной нейронной сети. Стоит отметить, что данный способ наименее затратен и экологичен в сравнении с изменением конструкции или модернизации ТЭЦ, в особенности старых типов.

### Список литературы

1. Салибгареева, К.В. Мировое производство электроэнергии / К.В. Салибгареева // European science. – 2016. – №12(22).
2. Охлопкова, О.А. Тепловая электростанция (ТЭЦ): Учебное пособие / О.А. Охлопкова. – М.: МАРХИ 2019. – 70 с.
3. Брюхань, А.Ф. Зоны техногенного воздействия тепловых электростанций / А.Ф. Брюхань // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. – 2011. – №1. – С. 16 – 22.
4. Эффективные технологии для тепловой энергетики – Новости – Глобальные технологические тренды. Информационный бюллетень – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (hse.ru). – НИУ ВШЭ, 1993. – URL: <https://issek.hse.ru/trendletter/news/141133080.html> (дата обращения: 08.02.2023).
5. Башмаков, И.А. Интегрированное планирование энергетических ресурсов в электроэнергетике / И.А. Башмаков // Энергосбережение. – 2009. – № 7.
6. Топоркова, А.А. Особенности работы тепловых электростанций / А.А. Топоркова, А.В. Кобченко // Актуальная наука. – 2018. – № 5(10). – С. 29-31.
7. Чалбышев, А.В. Оптимизация режимов работы ТЭЦ с учетом современных условий их функционирования в составе электроэнергетической системы: диссертация... канд. техн. наук. 05.14.01. Чалбышев Александр Владимирович. – Иркутск, 2015. – 158 с.
8. Стоцкий, К.С. Тепловая электростанция / К.С. Стоцкий // Наука через призму времени. – 2018. – №12(21).