

УДК 658.264:004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ  
USING OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN HEAT SUPPLY

К.А. Михолап, А.В. Чешкин

Научный руководитель – М.И. Позднякова, ассистент  
Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

pozdneykova@bntu.by

K. Mikhalap, A. Cheshkin

Supervisor – M. Pozdnyakova, assistant

Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** *Сделан литературный обзор источников по теме исследования в ходе, которого установлена возможность и важность применения искусственных нейронных сетей в энергетике, представлен обзор моделей и методов прогнозирования с их преимуществами и проблемами внедрения.*

**Abstract:** *A literary review of the sources on the topic of research have been made. As a result, the possibility and importance of applying artificial neural networks in the energy sector has been established, a review of models and forecasting methods with their advantages and implementation problems have been presented.*

**Ключевые слова:** *прогнозирование, искусственная нейронная сеть, синапс*

**Keywords:** *prediction, artificial neural network, synapse.*

### Введение

Энергетика в современном мире является сложным комплексом, состоящим из ряда систем по обеспечению тепловой и электрической энергией основных ее потребителей – промышленных предприятий. Совокупность систем топливоснабжения, электроснабжения, теплоснабжения и холодоснабжения обеспечивает функционирование производственного процесса, являющегося важной частью экономики страны и создает комфортные условия труда и быта населения. Постоянное развитие мира и сложившиеся тенденции, направленные на решения глобальных проблем в энергоснабжении в рамках парадигмы цифровизации экономики требуют принципиально новых подходов в построении энергетических систем и систем энергоснабжения на уровне потребителей, с последующим повышением эффективности функционирования этих систем и объектов в промышленности, а также социально-бытовом секторе народного хозяйства.

Современные вызовы в области развития техносферы требуют применения инновационных подходов в части организации функционирования традиционных технических систем, что полностью справедливо и для теплоэнергетики. В частности, по оценкам экспертов, сделанных на основе анализа тенденций на энергетическом рынке, прогнозируется снижение цены на энергию для конечных потребителей к 2035 году на 30 – 40 % за счет повышения эффективности использования генерирующих и сетевых мощностей, существенного сокраще-

ния потребности в новых мощностях, сокращения потерь энергии, снижения стоимости владения базовой инфраструктурой. В этих условиях важно минимизировать затраты на производство энергии путем балансировки спроса и предложения на энергетическом рынке.

Вопросы прогнозирования, спроса и предложения играют на энергетическом рынке особую роль. Необходимость в качественном прогнозировании обусловлена технологическими и экономическими причинами. Прогнозирование энергопотребления производится на различные временные диапазоны с различной интервальной дискретностью [2].

На данный момент используется большое количество методов и моделей прогнозирования и расчетов нагрузок в тепловых и электрических системах, в том числе классических (традиционных) и инновационных (рисунок 1) [3, 4].



Рисунок 1 – Классификация методов прогнозирования энергетической нагрузки [4]

К недостаткам классических методов относят трудоемкость и сложность вычислений, которые связаны с необходимостью выбора и селективного расчета для каждого параметра аналитического выражения, неточность результатов прогнозирования при неправильном выборе модели и большим объемом вычислительных процедур. Поэтому классические методы практически не применяются для решения задач прогнозирования нагрузки в энергетике в виду больших размерностей математических моделей [4].

В последние годы все большее применение находят инновационные сети. В содействии с экспертными системами искусственные нейронные сети (ИНС) предлагают множество схем прогнозирования и управления нагрузкой в тепло-снабжении и электроснабжении. ИНС – математическая модель, которая может быть представлена в виде программного и аппаратного обеспечения. Процесс функционирования моделирует работу головного мозга: информация поступает

в нейронную сеть из окружающей среды и используется в процессе обучения; для накопления данных применяются связи между нейронами, называемые синаптическими весами.

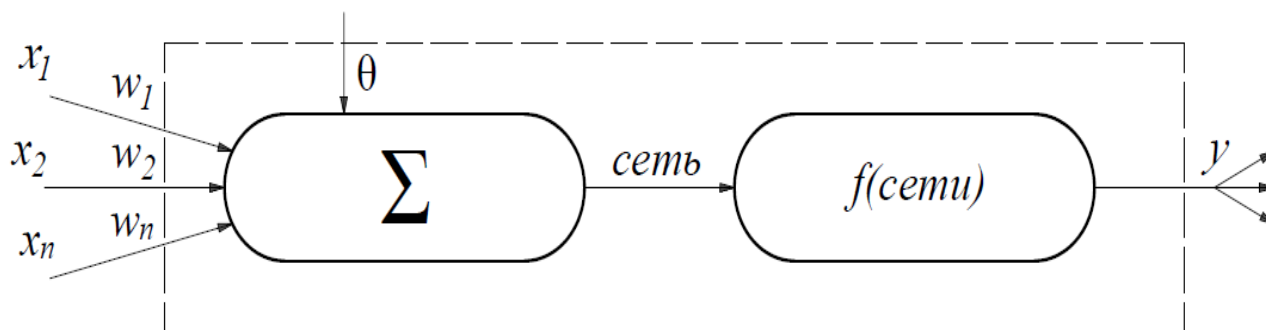


Рисунок 2 – Модель формального нейрона [3]

ИНС состоит из совокупности искусственных нейронов (рисунок 2), упорядоченных по слоям (рисунок 3) и соединенных между собой связями – синапсами, которых в сети может быть достаточно много (до нескольких сотен). Благодаря синапсам происходит обмен информацией с каждым из нейронов соседнего слоя. Влияние каждого нейрона на результат определяется весовыми коэффициентами, являющимися параметром синапса. Нейрон с большим весом несет информацию, которая будет доминирующей в следующем нейроне и т.д. Существуют входные, выходные и нейроны скрытых слоев. Входные нейроны принимают сигнал, нейроны скрытого слоя обрабатывают сигнал и преобразуют его нелинейно в выходной сигнал, выходные нейроны выдают полученный результат [5].

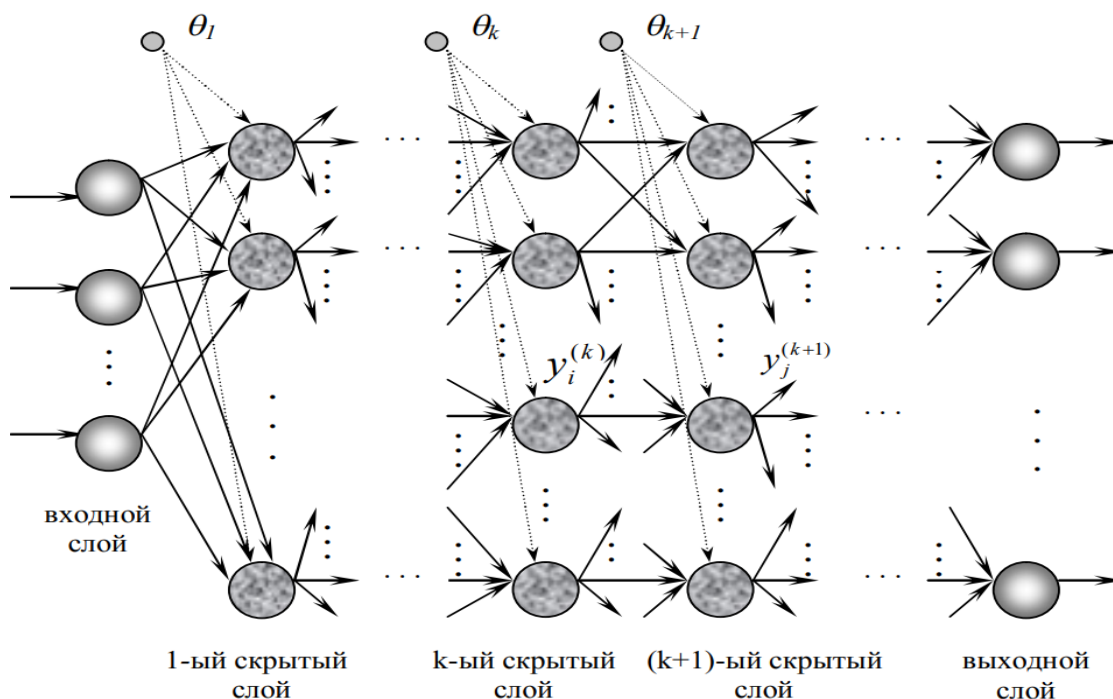


Рисунок 3 – Многослойная нейронная сеть [3]

Для того чтобы обучить ИНС необходимо иметь определенные наборы данных: входные и выходные параметры. Суть обучения нейросети заключается в том, чтобы научить ее выдавать определенные выходные значения при загрузке в нее определенных входных значений с заданной точностью. Процесс обучения сети происходит в два этапа: прямое и обратное распространение ошибки. В результате нейросеть производит поиск весовых коэффициентов, обозначающих степень влияния каждого из входных параметров на конечный результат.

Данные для тренировки сети берут из статистических архивных данных об объекте, под который будет разрабатываться нейросеть. Либо, при недостаточности или недостоверности архивных данных – в процессе производства экспериментов над объектом [3].

На сегодняшний день существует множество типов нейросетей, которые классифицируют по разным критериям:

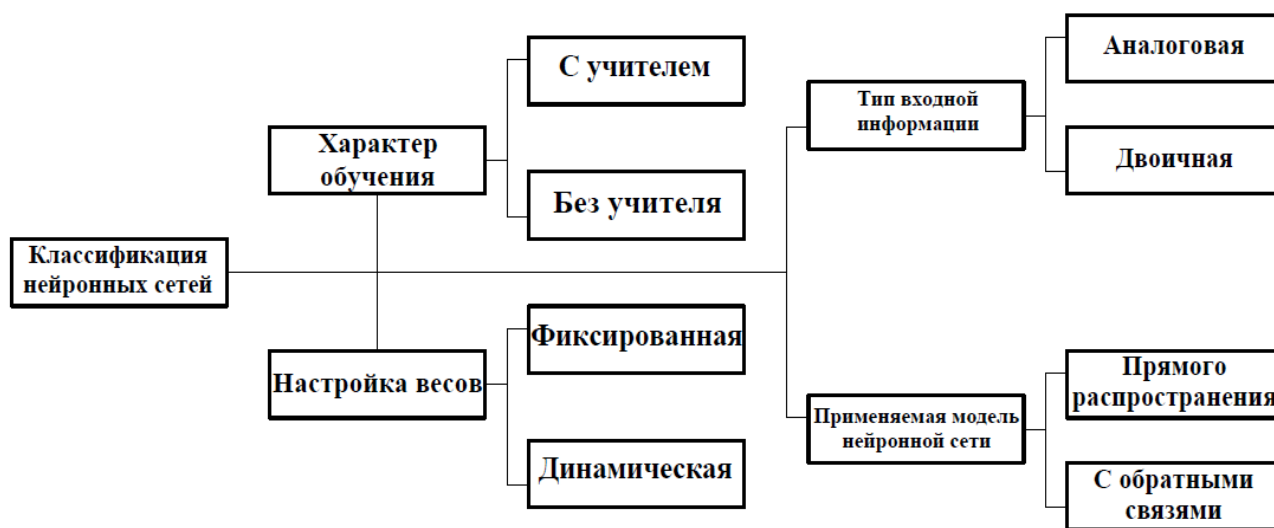


Рисунок 4 – Классификация ИНС [6]

Преимущества использования ИНС следующие [5, 7]:

1. Нейросети работают со сверхвысоким быстродействием. Это достигается в результате использования массового параллелизма – «параллельности» обработки входных данных.

2. Способность решать задачи, которые имеют неизвестные закономерности. После обучения на множестве примеров нейронная сеть получает возможность решать задачи, в которых неизвестны закономерности развития ситуации в зависимости между выходными и входными параметрами.

3. Возможность серийного использования. В то же время при наличии опытного (базового) образца процесс создания и обучения нейронной сети занимает не более 7 дней (при наличии всех требуемых исходных данных). Это позволяет быстро внедрять данную разработку на реальных объектах.

4. Самообучаемость и корректировка работы, заключающаяся в устойчивости к шумам во входных данных, таким образом нейросеть способна работать

при некотором числе неинформативных или шумовых сигналов. В процессе функционирования нейросеть учитывает не только входные данные из выборки для обучения, но и данные, получаемые во время работы.

5. Нейронные сети потенциально обладают отказоустойчивостью. Это подтверждается тем, что в процессе их использования при неблагоприятных условиях можно наблюдать лишь незначительную потерю в производительности.

Проблемы внедрения ИНС можно сформулировать следующим образом [8]:

1. слаборазвитая цифровая инфраструктура в энергетике Республики Беларусь;

2. долгосрочное прогнозирование возможно только с учетом экономических факторов;

3. сложность выделения наиболее важных факторов и выбора факторов для учета. Сложность в снижении погрешности при обучении;

4. неуверенность в том, что архивные данные имеют все необходимые периоды и ситуации для обучения;

5. требования к постоянной параметрической адаптации нейросети, т.к. изменяется состояние тепловой сети, добавляются потребители и происходят другие изменения.

В то же время нейронные сети способны к обучению и достаточно точному прогнозированию при правильно подобранных входных данных, что дает возможность получить более правильный результат. Потенциал применения нейронных сетей не ограничивается только прогнозированием – нейронные сети могут применяться для анализа технического состояния и оценки надежности энергогенерирующего оборудования, диагностики и локализации аварийных ситуаций, прогнозирования цен на тепловую и электрическую энергию, оптимизации распределения нагрузки и для решения других технологических и экономических задач, стоящих перед энергетикой в целом.

### **Заключение**

Все более очевидной становится необходимость перехода к новым структурам в виде интегрированных интеллектуальных систем электро- и теплоснабжения. Применение ИНС в теплоэнергетике актуально и перспективно.

### **Литература**

1. Воропай Н.И. Интегрированные энергетические системы: вызовы, тенденции, идеология / Н.И. Воропай, В.А. Стенников, Е.А. Барахтенко // Проблемы прогнозирования. – 2017. – № 5. – С. 39 – 49.

2. Соловьева И.А. Прогнозирование электропотребления с учетом факторов технологической и рыночной среды / И.А. Соловьева, А.П. Дзюба // Научный диалог. – 2013. – № 7(19): Экономика. Право. Политология. – С. 97 – 113.

3. Шумилова Г.П. Прогнозирование электрических нагрузок при оперативном управлении электроэнергетическими системами на основе нейросетевых структур / Г.П. Шумилова, Н.Э. Готман, Т.Б. Старцева. – Сыктывкар: Изд-во Коми НЦ УрО РАН, 2008. – 78 с.

4. Абдурахманов А. Методы прогнозирования электропотребления в распределительных сетях (обзор) [Электронный ресурс] / А. Абдурахманов, М.В. Володин, Е.Ю. Зыбин // Электротехника: сетевой электронный научный

журнал Russian Internet Journal of Electrical Engineering. – 2016. – Т. 3, № 1. – Режим доступа: <http://electrical-engineering.ru/issues/2016/2016-1.pdf>. – Дата доступа: 18.03.2021.

5. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. –2-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

6. Нейронные сети и искусственный интеллект [Электронный ресурс] / Нейронные сети и искусственный интеллект. – Режим доступа: [https://studwood.ru/1047088/informatika/klassifikatsiya\\_neyronnyh\\_setey/](https://studwood.ru/1047088/informatika/klassifikatsiya_neyronnyh_setey/). – Дата доступа: 17.03.2021.

7. Павлюк Д.И. Использование нейронного моделирования в электрических сетях / Д.И. Павлюк // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г.; науч. рук. Т.В. Алферова / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого; под общ. ред. А.А. Бойко. – Гомель, 2018. – С. 309 – 311.

8. Вороновский Г.К. Проблемы и перспективы использования искусственных нейронных сетей в энергетике. Часть 1. Моделирование / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.А. Сергеев // Проблемы загальної енергетики. – 2006. – №14. – С. 50 – 61.