

УДК 621.31

UDC 621.31

05.00.00 Технические науки

Engineering sciences

**НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДУЛЬ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

**NEURAL NETWORK PREDICTION MODULE
FOR ELECTRICITY CONSUMPTION**

Зуева Виктория Николаевна
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код: 4635-3444
victoria_zueva@list.ru

Zueva Victoria Nicolaevna
Cand.Tech.Sci., associate professor
SPIN-code: 4635-3444
victoria_zueva@list.ru

Трухан Дмитрий Александрович
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 6552-9487
neoasp@yandex.ru

Truhan Dmitriy Aleksandrovich
Cand.Tech.Sci.
SPIN-code: 6552-9487
neoasp@yandex.ru

Карлов Дмитрий Николаевич
кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 2151-6878
karlov-dima@mail.ru

Karlov Dmitriy Nicolaevich
Cand. Tech. Sci., associate professor
SPIN-code: 2151-6878
karlov-dima@mail.ru

Армавирский механико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Армавир, Россия

Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of FSBEU HE Kuban State Technological University,

В данной работе рассмотрено проектирование и разработка нейросетевого программного модуля прогнозирования потребления электроэнергии в составе системы поддержки принятия решений управления электроснабжением. Программным модулем поддерживаются две модели прогнозирования: регрессионная модель и нейросетевая модель на основе многослойного перцептрона. Разработка программного обеспечения для прогнозирования электропотребления в системе принятия решений на сегодняшний день является одним из приоритетных направлений в электроэнергетике России. Поэтому работы, связанные с разработкой методов и алгоритмов прогнозирования электропотребления в электроэнергетике, актуальны

In this work, we consider the design and development of neural network software module for prediction of electricity consumption in the system of support of decision-making power control. Two prediction models support the software module: regression model and neural network model, based on multilayer perceptron. Software development to predict power consumption in the system of decision-making today is one of the priority directions in the Russian power industry. Therefore, the work associated with the development of methods and algorithms of forecasting of power consumption in the power sector, is surely relevant

Ключевые слов: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ, РЕГРЕССИОННЫЕ
МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, НЕЙРОННЫЕ
СЕТИ

Keywords: ENERGY CONSUMPTION PREDICTION,
REGRESSION FORECASTING METHODS, NEURAL
NETWORKS

Doi: 10.21515/1990-4665-132-107

Перспективным направлением развития прикладного программного обеспечения в электроэнергетике является создание систем поддержки

принятия решений (СППР), поддерживающих идеологию обеспечения сбора и интеграции данных технологического процесса с помощью баз данных, формирования информационной и адекватной модели объекта управления, решения задач контроля, анализа, управления электроэнергетическим оборудованием и электроснабжением на основе этих моделей [1, 2, 4, 6]. В настоящий момент, на рынке существует несколько СППР, реализующих решение проблемы прогнозирования расходов электропотребления, однако в основном данные ИП являются системой для решения целого комплекса вопросов, что отражается и на цене.

СППР в процессе управления электроснабжением позволяет автоматизировать достоверные рассуждения человека-эксперта в области электроэнергетики; за счёт своего быстродействия позволяет быстро оценить результаты проведения краткосрочного и оперативного прогнозирования электропотребления, а также выработать разумную ответную реакцию у лица принимающего решения при управлении электроснабжением. СППР в электроснабжении по своему смыслу является прогнозирующей системой [4, 5, 6].

Принцип работы СППР показан на рисунке 1:



Рисунок 1 - Принцип работы СППР

В настоящий момент, на рынке существует несколько СППР, реализующих решение проблемы прогнозирования расходов электропотребления, однако в основном данные ПП являются системой для решения целого комплекса вопросов, что отражается и на цене [3, 6].

Рассмотрим особенности разработки основных модулей СППР. Наиболее простыми модулями в построении СППР являются: сбор и добыча данных, описательный и визуальный анализ. Модуль построения зависимостей требует участие экспертов в области работы предприятия. Наиболее трудным является проектирование и реализация блока поддержки принятия решений, то есть модулей: прогноза изменения факторов, выбора действия и прогноза развития. Не существует обобщенного принципа построения блока поддержки принятия решений, есть только общие рекомендации.

В данной работе рассмотрено проектирование и разработка модуля прогнозирования потребления электроэнергии. Модуль прогнозирования состоит из двух блоков, реализующих следующие методы прогнозирования:

- регрессионный анализ;
- нейросетевой.

Модуль прогнозирования энергопотребления реализует следующие функции:

- выбор периода прогнозирования (долгосрочное или краткосрочное);
- загрузка данных для прогноза из БД модуля сбора и анализа;
- создание прогноза с использованием регрессионной модели;
- обучение нейронной сети;
- создание прогноза с использованием нейронной сети;
- расчет ошибок MAE и MAPE;
- построение графиков нагрузки;

- сохранение результатов в БД;
- вызов справки.

На рисунке 2 представлена диаграмма вариантов использования разработанного модуля прогнозирования.

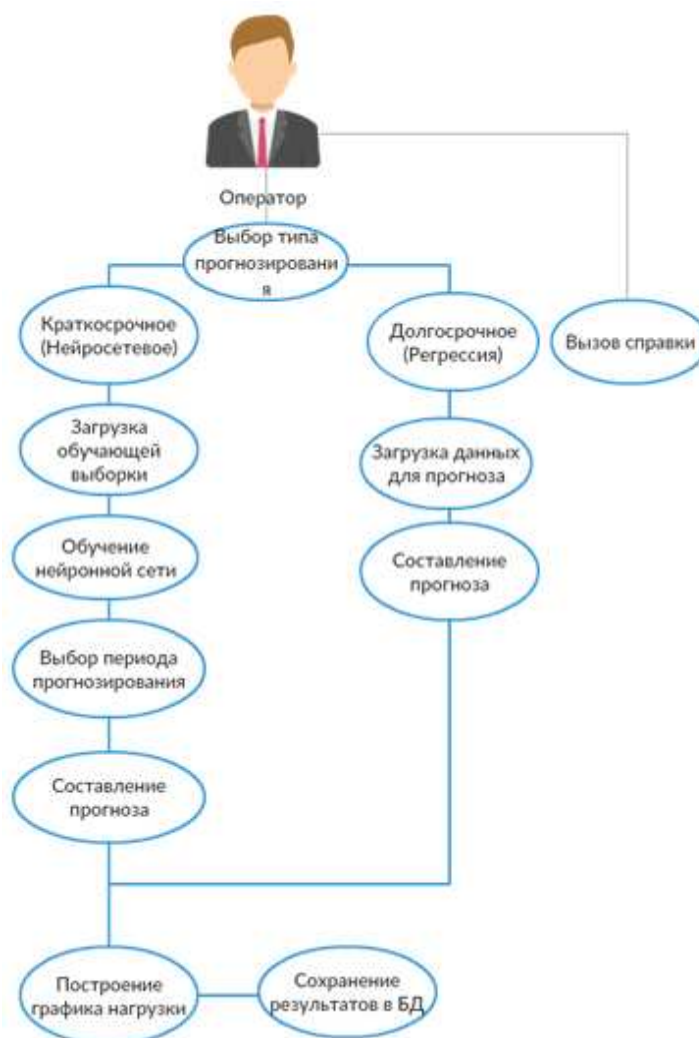


Рисунок 2 - Use-case диаграмма модуля прогнозирования электропотребления

Рассмотрим работу модуля прогнозирования. При открытии программы появляется окно загрузки программы, после появляется главная форма настройки основных параметров прогноза (рисунок 3). В данном окне необходимо выбрать тип прогноза и модель, которая будет

использоваться для расчета, а так же указать период прогноза и загрузить данные для анализа.

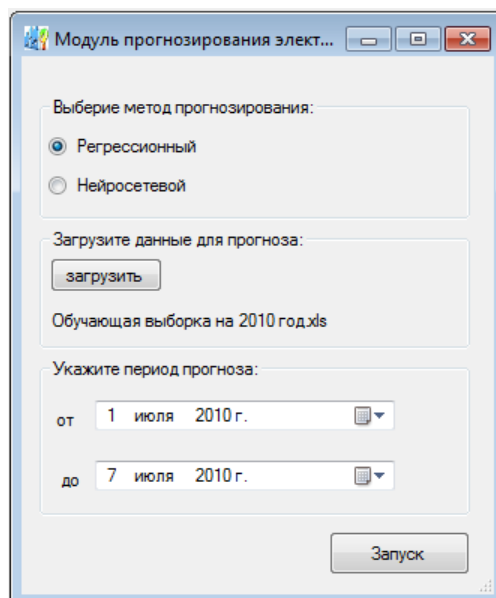


Рисунок 3 – Выбор периода и метода прогнозирования

Программа поддерживает две модели прогнозирования, для долгосрочного и краткосрочного планирования, это регрессионная и нейросетевая модели соответственно. В случае выбора модели прогнозирования, несоответствующей указанному периоду прогноза, программа автоматически изменит модель прогноза на соответствующую и сообщит пользователю о смене в виде диалогового окна.

Для краткосрочного прогнозирования рядов по потреблению электроэнергии, в условиях возможности резкой смены внешних параметров, привлекают искусственные нейронные сети. Анализ публикаций по прогнозированию электропотребления с помощью искусственных нейронных сетей показал, что чаще всего на входе нейронной сети используются две следующих выборки.

Выборка 1. Входными переменными являются почасовые значения нагрузки P_i ($i = 1, \dots, 48$) для двухсуточного интервала времени, предшествующих прогнозируемым 48 или 96 значениям, если учитывать получасовые значения нагрузки. Кроме значений нагрузки в выборку

входят значения дня недели, времени суток, для которого необходим прогноз, и прогноз максимальной и минимальной температуры.

Выборка 2. Входными переменными являются почасовые значения нагрузки P_i ($i = 1, \dots, 48$) для суток, предшествующих прогнозируемому (24 значения), и для суток недельной предистории (24 значения).

В разработанном модуле прогнозирования используется нейронная сеть на основе многослойного персептрона со следующими параметрами:

- количество входов: 48;
- количество выходов: 24;
- скрытый слой: 72;
- количество эпох обучения: 300;
- функция активации: $b=1/1+\exp(-t)$ – сигмоида;
- ошибка остановки обучения: 0,5;
- метод обучения: метод обратного распространения ошибки.

Для того, чтобы начать работу с нейросетевой моделью необходимо выбрать данный пункт в меню главной формы, после чего откроется окно, представленное на рисунке 4.

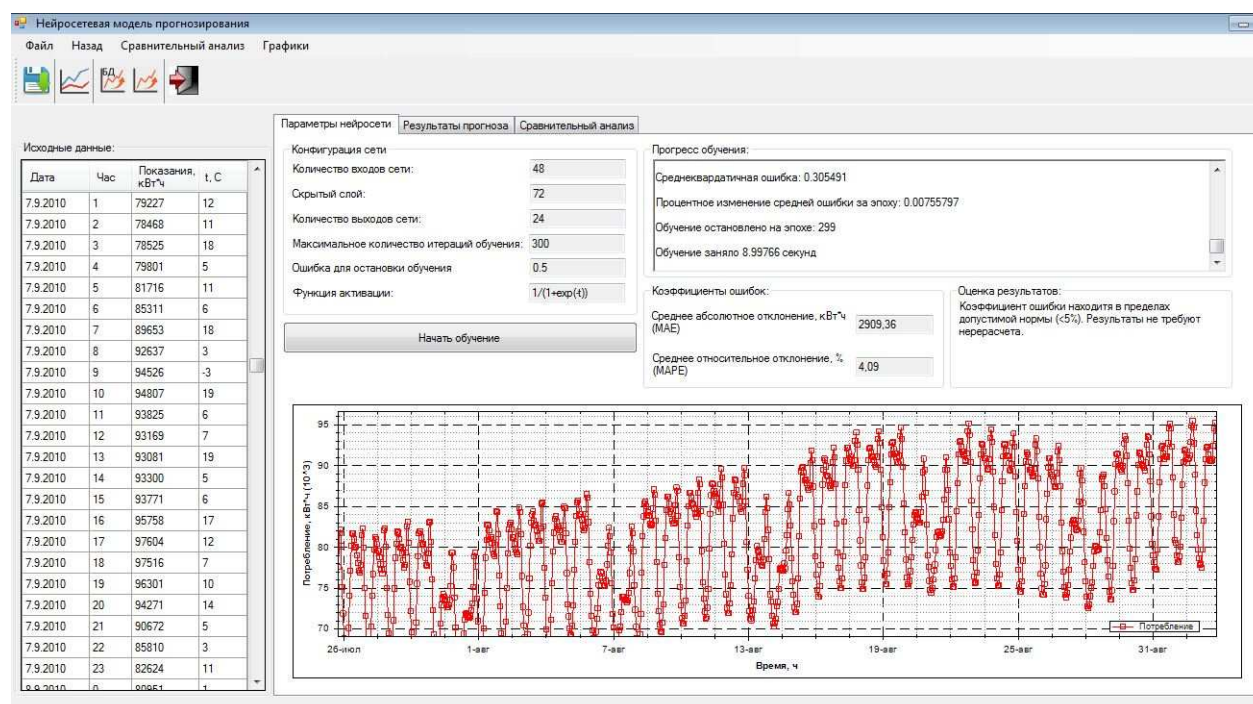


Рисунок 4 – Нейросетевая модель прогнозирования

Для начала составления прогноза первоначально нужно обучить сеть, нажав соответствующую кнопку на форме. С прогрессом обучения сети можно ознакомиться в соответствующем окне. Так же после завершения обучения выводятся полученные коэффициенты ошибок, MAE и MARE и график нагрузки по исходным значениям.

Результаты прогноза выводятся на соответствующей вкладке, для наглядности строится так же график прогноза электропотребления. Результаты прогноза приведены на рисунке 5.

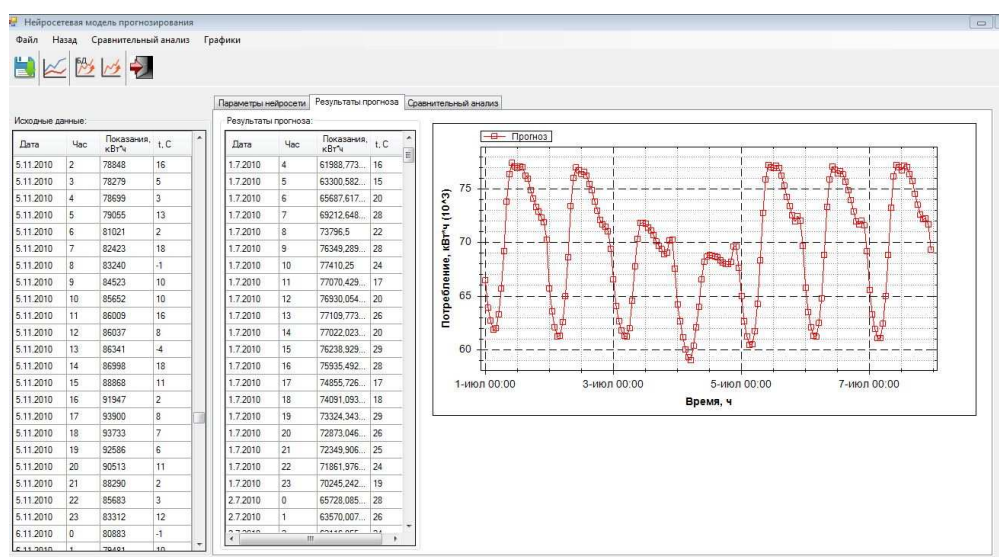


Рисунок 5 - Результаты прогнозирования

Для того, чтобы оценить работоспособность разработанной модели был проведен сравнительный анализ полученных результатов с реальными данными на указанный период прогнозирования. При тестировании программы на обучающей выборке за первое полугодие 2010 года и на срок 7 дней следующего полугодия было получено значение $MARE=4.09\%$, что говорит об адекватности нейросетевой модели прогнозирования. Полученные результаты представлены на рисунке 6.

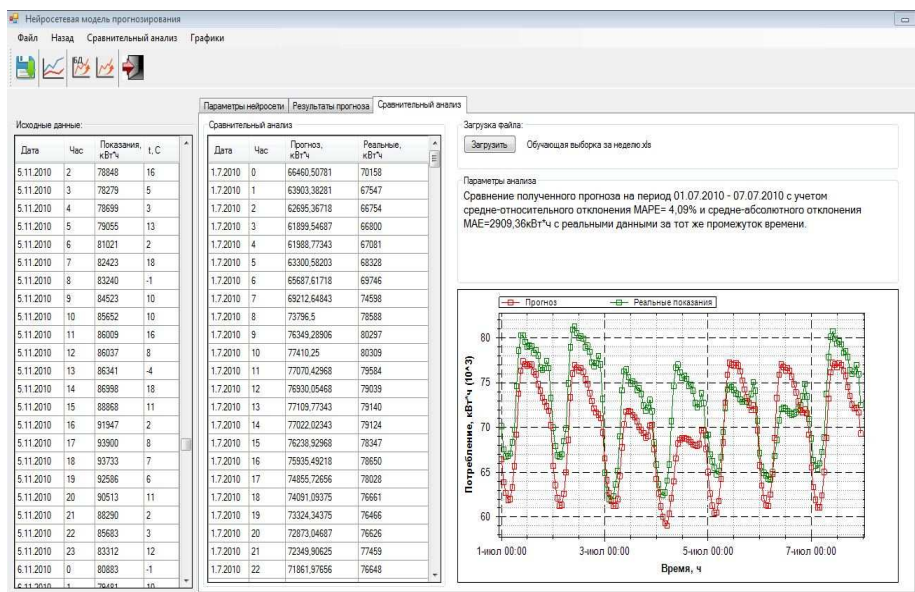


Рисунок 6 - Сравнительный анализ

Рассмотрим прогнозирование энергопотребления на основе регрессионных методов. Выбирая регрессионный анализ в главном меню, переходим к форме регрессионной модели прогнозирования. Устанавливаем необходимые параметры и нажимаем кнопку «Прогноз», результат представлен на рисунке 7.

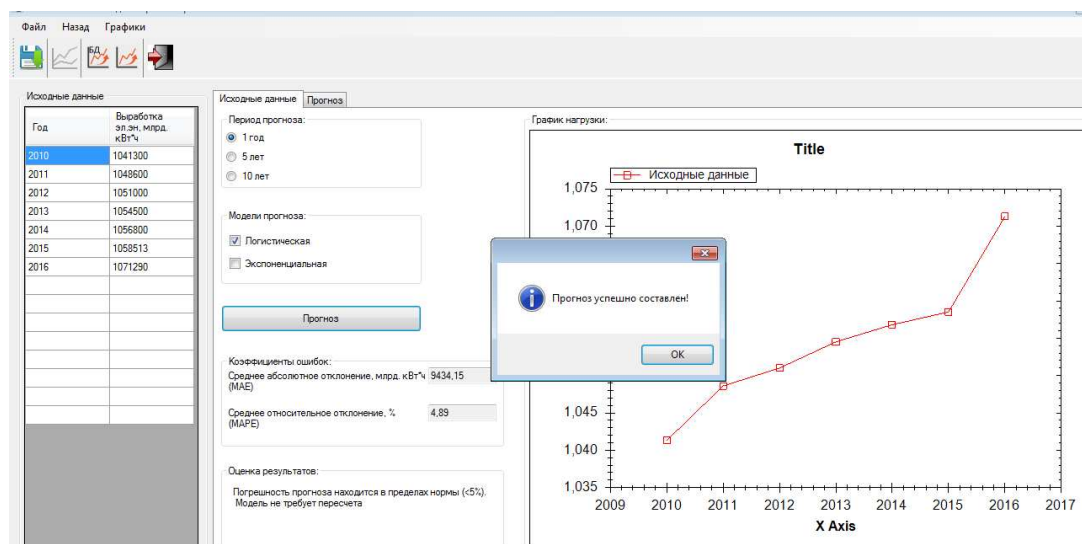


Рисунок 7 - Логистическая модель прогнозирования

С результатами прогноза можно ознакомиться на вкладке «Прогноз» рисунке 8.

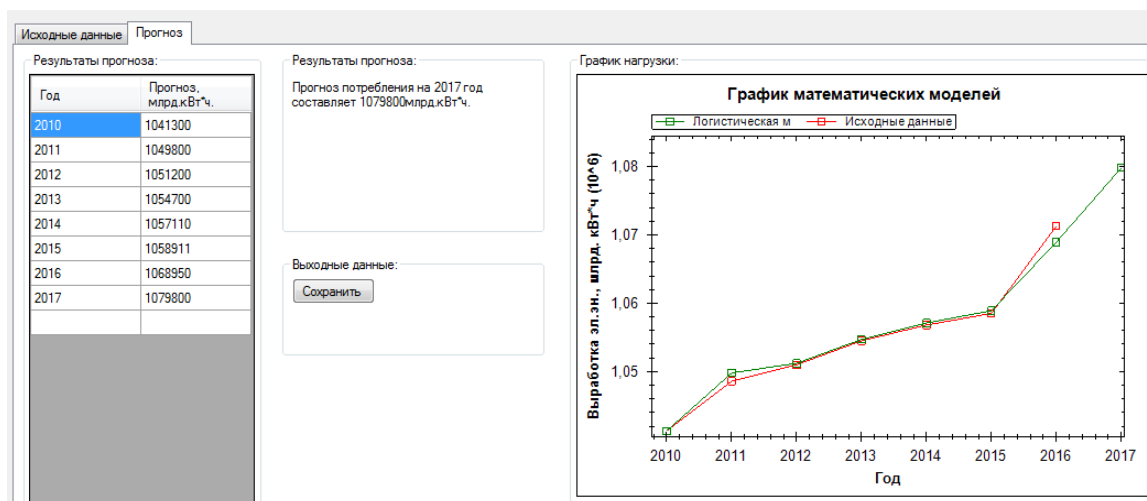


Рисунок 8 - Результат прогноза

В результате тестирования значение среднего относительного отклонения MAPE составило 4,89%, что так же, как и в случае с нейросетевым прогнозированием, является показателем адекватности работы используемой модели.

Модуль прогнозирования подготавливает результат и выводит пользователю, как в графическом, так табличном виде. Имеется возможность экспорта результатов прогнозирования в формат MS Excel.

Литература

1. Зуева В.Н., Никитина Ю.Ю. Анализ методов прогнозирования графиков нагрузки электрооборудования / В.Н. Зуева, Ю.Ю. Никитина // Сборник докладов победителей и лауреатов XXII студенческой научной конференции АМТИ 2016. С. 119-122.
2. Зуева В.Н. Регрессионные методы прогнозирования графика нагрузки электрооборудования // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 126. С. 119-130.
3. Зуева В. Н., Трухан Д. А. Нейросетевое прогнозирование графиков нагрузки электрооборудования предприятий, организаций и учреждений: монография / Кубан. гос. технол. ун-т. - Краснодар, Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2017. – 131 с.
4. Карлов Д.Н. Интеллектуальная многоконтурная система поддержки принятия решений аналитика : диссертация кандидата технических наук : 05.13.01 / Карлов Дмитрий Николаевич; [Место защиты: Кубан. гос. технол. ун-т].- Краснодар, 2010.- 131 с.
5. Практические расчеты по основам электроснабжения и электрооборудования промышленных предприятий: учебное пособие / Д.А.Трухан, Т.Ю.Белозерская, А.В.Хомяков, А.А.Москвитин. – Армавир: РИО АГПУ, 2017. – 152с. ISBN 978-5-89971-546-4.

6. Дубенко Ю.В., Дышкант Е.Е. Интеллектуальная система контроля и прогнозирования потерь электроэнергии //Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016.№ 3. С. 131-135.

References

1. Zueva V.N., Nikitina Ju.Ju. Analiz metodov prognozirovanija grafikov nagruzki jelektooborudovanija / V.N. Zueva, Ju.Ju. Nikitina // Sbornik докладов победителей i laureatov XXII studencheskoj nauchnoj konferencii AMTI 2016. S. 119-122.
2. Zueva V.N. Regressionnye metody prognozirovanija grafika nagruzki jelektooborudovanija // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 126. S. 119-130.
3. Zueva V. N., Truhan D. A. Nejrosetevoe prognozirovanie grafikov nagruzki jelektooborudovanija predpriyatij, organizacij i uchrezhdenij: monografija / Kuban. gos. tehnol. un-t. - Krasnodar, Izd. FGBOU VO «KubGTU», 2017. – 131 s.
4. Karlov D.N. Intellektual'naja mnogokonturnaja sistema podderzhki prinjatija reshenij analitika : dissertacija kandidata tehniceskikh nauk : 05.13.01 / Karlov Dmitrij Nikolaevich; [Mesto zashhity: Kuban. gos. tehnol. un-t].- Krasnodar, 2010.- 131 s.
5. Prakticheskie raschety po osnovam jelektronsabzhenija i jelektooborudovaja promyshlennyh predpriyatij: uchebnoe posobie / D.A.Truhan, T.Ju.Belozerskaja, A.V.Homjakov, A.A.Moskvitin. – Armavir: RIO AGPU, 2017. – 152s. ISBN 978-5-89971-546-4.
6. Dubenko Ju.V., Dyshkant E.E. Intellektual'naja sistema kontrolja i prognozirovanija poter' jelektoenergii //Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova. 2016.№ 3. S. 131-135.