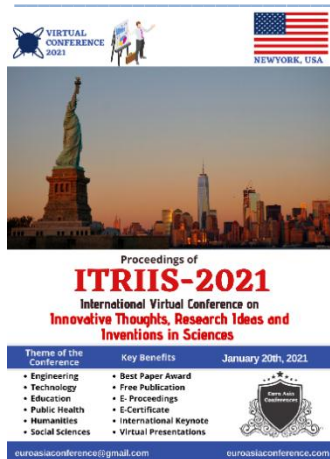




SUBSTANTIATION OF APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR CREATION OF HUMIDITY MEASURING DEVICES ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ВЛАЖНОСТИ

E. Ulzhaev¹, Sh.N. Narzullaev², O.N. Norboev³

¹Professor, Department of Information Processing and Management Systems, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan, 100095.

E-mail: e.uljaev@mail.ru;

²Doctoral student of the Department of Information Processing and Control Systems, Tashkent State Technical University named after Islam Karimov, Tashkent, Uzbekistan, 100095. E-mail: narzullayevsh1993@mail.ru

³Assistant of the Department of Automation and Control of Technological Processes, Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan, E-mail: o.norboyev@mail.ru

Э.Улжаев¹, Ш.Н.Нарзуллаев², О.Н.Норбоев³

¹профессор кафедры «Системы обработки информации и управления», Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан, 100095. E-mail: e.uljaev@mail.ru;

²докторант кафедры «Системы обработки информации и управления», Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова, Ташкент, Узбекистан, 100095. E-mail: narzullayevsh1993@mail.ru

³ассистент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами», Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан, E-mail: o.norboyev@mail.ru

Введение.

В настоящее время научными работниками, конструкторами различных областей разработаны и проектируются приборы для измерения температуры, влажности, давления и других параметров различных объектов. Среди из них больше всего распространены измерители влажности, сыпучих материалов, основанные на различных методах, а именно: диэлькометрические, кондуктометрические, ёмкостные и СВЧ методы, приборы ЯМР и др. В этих методах измерения, в основном, используется средневолновые и

коротковолновые диапазоны (0,3–30 МГц) частот. Среди них чаще всего применяется диэлькометрический метод измерения.

Принцип работы диэлькометрических измерителей влажности основан на зависимости диэлектрической проницаемости материала от его влажности. Метод основан на том, что диэлектрическая проницаемость ε и тангенс угла диэлектрических потерь $tg\delta$ твердых капиллярно-пористых материалов, относящихся, с точки зрения физики диэлектриков, к макроскопическим неоднородным диэлектрикам, в большой степени зависят от их влажности. Связь между этими величинами определяется комплексной диэлектрической проницаемостью [1,3,5,6,10,12]:

$$\tilde{\varepsilon} = \varepsilon' - j\varepsilon'' = \varepsilon'(1 - jtg\delta) = \varepsilon' - j\mu/\omega\varepsilon_0 \quad (1)$$

где ε' – активная составляющая диэлектрической проницаемости; ε'' – коэффициент диэлектрических потерь; μ – электрическая проводимость; ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума; ω – круговая частота приложенного электрического поля. Основная погрешность приборов 5–10 % диапазона измерения. К недостаткам – невозможность с высокой точностью контролировать остаточную влажность менее 1...0,5%.

Сверх высокочастотных метод. Радиоволны сверхвысоких частот (СВЧ) длиной от 20 см до нескольких миллиметров охватывают область дисперсии воды. Проходя через влажный образец, радиоволны ослабляются, что выражается в изменении амплитуды E_0 , и замедляются, что обуславливает фазовый сдвиг $\Delta\varphi$. Эти изменения, в зависимости от диэлектрических свойств среды (ε , $tg\delta$), толщины L плоскопараллельного слоя и длины волны λ , описываются выражениями [1,5]:

$$\Delta E = \frac{2\pi L}{\lambda} \sqrt{\frac{\varepsilon}{2} (\sqrt{1 + tg^2\delta} - 1)} \quad (2)$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi L}{\lambda} \sqrt{\frac{\varepsilon}{2} (1 + \sqrt{1 + tg^2\delta} - 1)} \quad (3)$$

Так как ε и $tg\delta$ для воды в десятки раз больше, чем для сухого материала, то с изменением содержания влаги в веществе резко меняются его диэлектрические характеристики.

Оптический метод. Анализ состава материалов оптическими методами основан на измерении потока излучения после взаимодействия его с контролируемым материалом [1-4]. При этом различают два вида потоков: прошедший через слой материала и отраженный от него. Диффузная составляющая потока зависит от влажности слоя. Коэффициент диффузного отражения для бесконечно толстого слоя материала приближенно описывается известным уравнением Гуревича-Кубелки-Мунке [1]:

$$R = 1 + \frac{k}{k_p} - \sqrt{\left(\frac{k}{k_p}\right)^2 + 2\frac{k}{k_p}} \quad (4)$$

Константа поглощения

$$k = \xi k_B W + k_0(1 - W) \quad (5)$$

где k_0 , k_B – константы поглощения основного вещества и воды; W – относительная влажность материала; ξ – коэффициент, учитывающий форму связи молекул воды с основным веществом.

Недостатком оптического метода измерения влажности по отражению является то, что информацию о влажности материала можно получить лишь с верхнего слоя толщиной 5-30 мм.

Метод ядерного магнитного резонанса. Метод основан на поглощении энергии радиочастотного магнитного поля ядрами атомов водорода (протонами) из воды, содержащейся в материале.

Интенсивность поглощения исследуемым образцом энергии при ЯМР пропорциональна числу протонов водорода в единице объема исследуемого вещества; следовательно, по величине поглощения можно однозначно оценить влагосодержание [5,11,13].

Универсальный широкополосный ЯМР-анализатор «СпинТрэк» удовлетворяет требованиям стандарта ISO 10565. Анализ характеризуется высокой точностью, воспроизводимостью данных и высокой степенью сходимости с результатами анализа, полученными при использовании других методов.

При использовании пробирок исследуемый материал необходимо размолотить, что усложняет проведение эксперимента.

Ёмкостной метод. В ёмкостных преобразователях измерителей влажности коаксиального вида уравнение зависимости ёмкости преобразователя от внешних факторов можно описать в следующей дифференциальной форме [6,7,9]:

$$dC = \frac{\partial C}{\partial W} dW + \frac{\partial C}{\partial T} dT + \frac{\partial C}{\partial \Gamma} d\Gamma + \frac{\partial C}{\partial X} dX + \frac{\partial C}{\partial \Pi} d\Pi + \frac{\partial C}{\partial t} dt, \quad (6)$$

где C – ёмкость ячейки; W , T , Γ , X – влажность и температура, гранулометрический и химический состав контролируемого материала; Π – плотность объема контролируемой пробы; t – температура окружающей среды.

Очевидно, что задача измерения влажности будет решаться тем лучше, чем полнее влагометрическая система в целом обеспечивает выполнение условий:

$$\frac{\partial C}{\partial W} \rightarrow \max \text{ и } \sum \left(\frac{\partial C}{\partial T}; \frac{\partial C}{\partial \Gamma}; \frac{\partial C}{\partial X}; \frac{\partial C}{\partial \Pi}; \frac{\partial C}{\partial t} \rightarrow \min \right). \quad (7)$$

С целью понижения погрешности измерения вводятся коэффициенты α_1 , α_2 , α_3 , ..., α_n корректирующие эти отклонения. Величины этих коэффициентов определяются экспериментальным путем.

Математическую модель зависимости ёмкости измерительного преобразователя от изменения коэффициентов возмущающих воздействий можно описать в следующем виде [6]:

$$C = \alpha_W W + \alpha_T T + \alpha_\Gamma \Gamma + \alpha_X X + \alpha_\Pi \Pi + \alpha_t t. \quad (8)$$

Анализ описанных методов и существующих измерительных приборов показал, что в этих приборах измерения не учтены внешние возмущающие воздействия, например, изменения температуры, плотности сыпучих материалов, влажности окружающей среды и др., непосредственно влияющие на погрешности измерения.

В связи с этим и по другим причинам в настоящее время во многих областях производства, допуск к погрешностям измерения слишком большой. Он колеблется в зависимости от важности контролируемого материала и лежит в пределах от 0,1 до 5-10 %. В частности, для измерительных приборов, основанных на экспресс методе, измерения влажности сыпучих материалов допуск погрешностям измерения находятся в пределах $\pm 0,5\%$. Эти недостатки связаны с трудностью методического обеспечения процесса измерения и применением простых корректирующих схем, и приборов отсутствующем компенсирующих средств изменения как внутренних параметров измеряемого вещества, так и внешних параметров окружающей среды.

Уменьшения погрешностей контроля и управления параметров приводят к повышению качества выпускаемых продуктов, снижает брак, улучшает отношение между клиентами и т.д. Это все вызывает необходимость разработки измерительных приборов на новой основе, с применением искусственных нейронных сетей (ИНС) и нейросетевых моделей (НСМ), которые дают возможность создать интеллектуальных измерительных приборов, осуществляющих измерения с учетом основных возмущающих параметров, влияющих на погрешности измерения. Проведение научно-исследовательских и опытно конструкторских работ в этом направлении подтверждает актуальность данной работы.

Основные перспективы использования искусственных нейронных сетей (ИНС) и нейросетевых моделей (НСМ) связаны с решением сложных практических задач. В измерительной технике отрасли системы контроля и управления они применяются при решении следующих важных задач [8]: оптимизация структуры построения измерительных систем, повышения точности измерения и регулировании параметров производственных процессов и др.

Решение любой задачи с использованием ИНС и НСМ традиционно включает в себя следующие этапы:

- разработка нейросетевой модели;
- формирование входного и желаемого выходного сигналов НСМ;
- формирование сигнала ошибок и функционала оптимизации;
- формирование структуры НСМ, адекватной решаемой задаче;
- разработка алгоритма настройки НСМ, эквивалентного процессу решения задачи в нейросетевом логическом базисе;
- решение задачи с использованием разработанной НСМ.

В связи с этим, в работе сделана попытка показать возможность применения искусственной нейронной сети ИНС для создания интеллектуального устройства экспресс метода измерения влажностей сыпучих материалов, на примере зерна. В связи с этим в работе проведено моделирование измерительного прибора, применением пакета – MATLAB 6.1, позволяющий представить обработанные материалы исследователю в виде графика и цифровом коде.

В работе рассмотрен вопрос, относящийся к ИНС прямого распространения, т.е. без обратных связей. В данной процедуре выполняется процесс обучения базы знаний НСМ. Согласно [8], возможность графического интерфейса пользователя NNTool позволяет выбирать структуры ИНС из всевозможного перечня и предоставляет множество алгоритмов обучения для каждого типа сети. Для продолжения моделирования ИНС решены вопросы, относящиеся к работе с NNTool: функции графических управляющих элементов; подготовка данных; создание нейронной сети; обучение сети и прогон сети.

Согласно формулы (8) влажность зерна зависит, кроме основного параметра «влажности», еще от плотности сыпучих материалов, температуры измеряемого зерна, химического состава, температуры окружающей среды, уровня магнитного поля и др. Среди перечисленных параметров температуры окружающей среды и магнитного поля можно пренебречь, т.к. их можно минимизировать или полностью исключить посредством экранирования, заземления и обеспечением условия эксплуатации.

Для решения поставленной задачи принято максимальное значение плотности сыпучих материалов равным «1» а минимальное значение «0». Отсюда, количество входных параметров получается равным трём, а выходной параметр – один. Согласно этих исходных данных создана искусственная нейронная сеть, выполняющий логические функции «И».

Согласно [8] выбрана ИНС, состоящая из одного персептрона с тремя входами. В процессе обучения ИНС на её входы подавались входные данные X1, X2 и X3, в виде

логических функций, а Y – желаемый выход (табл.1), и произведены сопоставление значений, полученные на выходе, с целевым. На основании результата сравнения (отклонения полученного значения от желаемого) вычислены величины изменения весов и смещения, уменьшающие эти отклонения.

Таблица 1

X1	X2	X3	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Для моделирования искусственной нейронной сети с тремя входами введены исходные данные, в виде приведенной на рис.1 и, на основе которого создана ИНС (рис. 2).

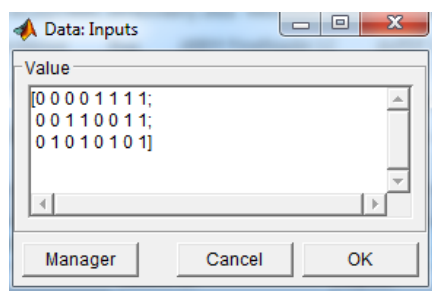


Рис.1. Исходные данные для моделирования ИНС

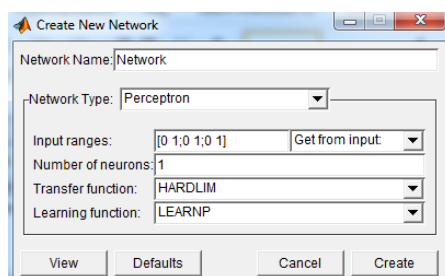


Рис. 2. Окно «Создание сети»

Далее в работе проведен этап обучения нейронной сети, подходящими подобранными значениями т.е. комбинациями входных сигналов. Для получения ИНС с минимальной ошибкой проведены серии экспериментов. При этом построили и использовали окна «Предварительный просмотр создаваемой сети» и «График кривой обучения», обработанные результаты наблюдали посредством построенных окон: «Ожидаемая цель» и «Полученный результат».

В результате проведенных опытов по шагу обучения сети, с разными начальными исходными данными, получены подходящие значения, удовлетворяющие установленной критерии по точности измерения

Заклучение

Обоснована актуальность работы, связанная необходимостью разработки измерительных приборов на новой основе, то есть с применением ИНС и НСМ, которые дают возможность создать интеллектуальные измерительные приборы, проводящие измерения с учетом существенных возмущающих параметров, влияющих на погрешности измерения. Описаны задачи, решаемые при построении оптимальной структуры ИНС и НСМ, включающие этап: разработки нейросетевой модели. В результате проведенных опытов по шагу обучения сети, с разными начальными исходными данными, получены подходящие значения, удовлетворяющие установленному критерию точности измерения.

Литература:

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. Изд. 3-е, перераб. И доп. -М., «Машиностроение», 1983. 424 с.
2. Юсупбеков Н.Р., Мухамедов Ш.М., Ғуломов Ш.М.Технологик жараёнларни назорат қилиш ва автоматлаштириш. –Т.: Ўқитувчи, 2011.
3. Берлинер М.А. Измерения влажности. Изд. 2-е, перераб. -М., «Энергия», 1973. 400 с.
4. Теория и практика экспрессного контроля влажности твердых и жидких материалов. Под ред. Е.С. Кричевского. -М.:Энергия, 1980.
5. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса. -М.: Мир, 1981.
6. Uljaev E., Ubaydullaev U.M., Narzullaev Sh.N. (2020). Capacity transformer of coaxial and cylindrical form of humidity meter. Chemical Technology, Control and Management, №4(94), 2020. –pp. 23-30. journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2020/iss4/4/>
7. Uljaev E., Narzullaev Sh.N., Erkinov S.M. Increasing calibration accuracy of the humidity control measuring device of bulk materials. Technical Science and Innovation, №3(05), 2020. –pp. 172-179. journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/btstu/vol2020/iss3/23/>
8. Семейкин, В. Д. Моделирование искусственных нейронных сетей в среде MATLAB / В.Д.Семейкин, А.В.Скупченко // Вестник Астраханского государственного технического университета / Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2009. – № 1. – С. 159–164.
9. Uljaev E., Narzullaev Sh.N., Xaydarov F.G. K voprosu razrabotki intellektualnogo kombinirovannogo ustroystva kontrolya vlajnosti sipuchix materialov // Materiali mejdunarodnoy nauchnoy konferensii «Innovatsionnie resheniya injenerno-technologicheskix problem sovremennogo proizvodstva». 2 TOM. 14-16 noyabrya 2019 g. Buxara-2019 [On the issue of developing an intelligent combined device for controlling the moisture content of bulk materials // Materials of the international scientific conference «Innovative solutions of engineering and technological problems of modern production». 2 vol. November 14-16, 2019 Bukhara-2019]. –S.204-206.
10. E.Uljaev, U.M.Ubaydullaev, Sh.N.Narzullaev, E.F.Xudoyberdiev, F.G.Haydarov. (2020). Classification of Detectors of Capacitive Humidity Transducers of Bulk Materials. International Journal of Advanced Science and Technology, 29(11s), 1949 - 1953. Retrieved from <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/21858>
11. T.U.Umarov, U.T.Mardonov, O.A.Khasanov, Sh.O.Ozodova, B.D.Yusupov. Research on the variation of firmness of pointed drills by the method of simulation modeling of the process of wear, International Journal of Psychosocial Rehabilitation, volume 24, issue 4. <https://www.psychosocial.com/article/PR201298/12155/>.

12. Uljaev E., Ubaydullaev U.M., Narzullaev Sh.N. (2020). Optimization of the sizes of the cylindrical measuring transducer. Chemical Technology, Control and Management, № 5-6(95-96). – pp. 29-33. journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2020/iss5/5/>
13. TU Umarov, SA Tursunbaev, UT Mardonov, “Novye texnologicheskie vozmojnosti povysheniya ekspluatatsionnoy nadejnosti instrumentov dlya obrabotki kompozitsionnyx materialov [New technological possibilities for increasing the operational reliability of tools for processing composite materials]”. Texnika i texnologiya, VII mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii. Omsk: 2018.