

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ РАСХОДОВ ЖИДКОСТИ

д.т.н., проф. Юсупбеков А.Н., д.т.н., проф. Абдукадыров А.А.,
магистрант каф АПП Ортиков Э.Э.

Ташкентский государственный технический университет

1. В данной работе рассматриваются вопросы интеллектуализации [1] учета малых (капельных) расходов жидкостей [2]. Высокая точность измерения малых расходов жидкости важна в отраслях химической, биохимической промышленности, медицине и т. д., например, при измерении расхода растворов лекарственных средств в фармацевтике.

Для автоматического управления малыми расходом необходимы высокоточные средства измерения, позволяющие обеспечивать преобразования сигнала для последующей его обработки, анализа и формирования управляющих воздействий.

2. Существующие способы измерения и устройства для их осуществления, например [3, 4], обладают рядом недостатков: большие размеры, сложность конструкции, невысокая точность измерения малых расходов жидкости, низкая чувствительность. Отметим, что наиболее широко распространенный контактный метод измерения, который используется практически во всех существующих устройствах, не позволяет использовать датчик в агрессивных, ядовитых и опасных средах.

Для решения задачи точного измерения малых расходов специализированных жидкостей разработан датчик [2] приведенный на рис. 1, который состоит из корпуса 1 с источником излучения (лазерный светодиод) 2 с выводами и фотоприемника (фототранзистор или фотодиод) 3 с выводами. После фотодиода 2 установлена рассеивающая линза 4, выполненная в виде стеклянного цилиндра, а перед фотоприемником 3 собирающая линза 5. Светопрозрачный элемент 6 имеет входной 7 и выходной 8 патрубки для жидкости и каплеобразователь 9. Две линзы 4 и 5 и две пластины со щелевидной горизонтальной прорезью 10 и 11 образуют оптическую систему 12, преобразующую световой поток от источника излучения 3 и формирующую измерительную плоскость 13 внутри светопрозрачного элемента 6.

К входному и выходному патрубкам подводятся трубки, по которым движется жидкость датчик светопрозрачного элемента. Жидкость из входного патрубка в виде капель, образованных каплеобразователем, проходит через измерительную плоскость светопрозрачного элемента и отводится через выходной патрубок. При этом сигнал от

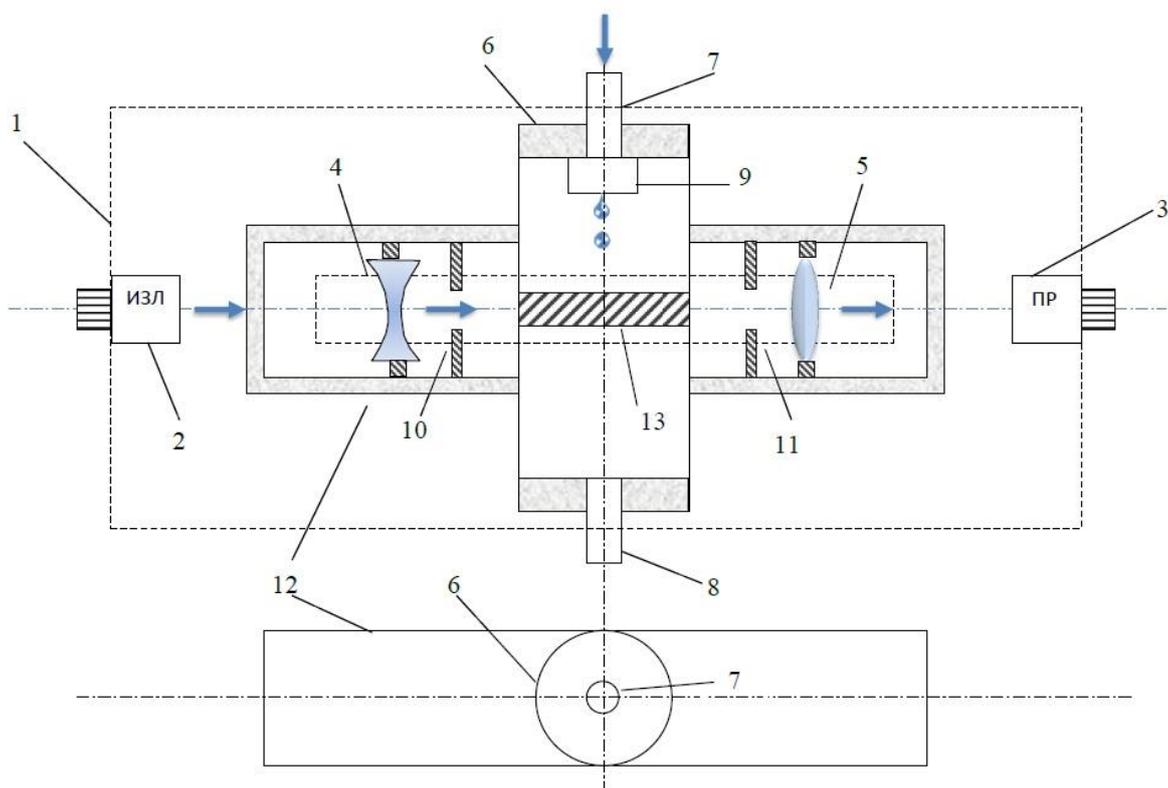


Рис. 1. Датчик малых расходов.

измерительной плоскости в виде искаженного светового луча попадает на фотоприемник и передается на АЦП, где преобразуется в расход жидкости.

3. Для обработки результатов измерений предлагается использовать методы искусственного интеллекта, в частности, нейросетевые технологии. Широкое применение на практике нашли ИНС прямого распространения, в которых нейроны

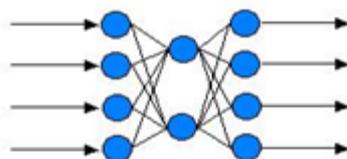


Рис. 2. Архитектура ИНС.

расположены слоями. Такие сети называются *многослойными перцептронами*. ИНС прямого распространения являются статическими. На заданный вектор входных сигналов они вырабатывают единственное значение вектора сигналов на выходе всех нейронов ИНС.

Теоретическое обоснование нейросетевого моделирования базируется на теореме А.Н.Колмогорова, доказавшего, что любую непрерывную многомерную функцию на единичном отрезке $[0;1]$ можно представить в виде конечного числа одномерных:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{p=1}^{2n+1} g\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \varphi_p(x_i)\right),$$

где g и φ_p - непрерывные и одномерные функции, $\lambda_i = const$.

Отсюда с помощью любой многослойной ИНС (даже всего с одним скрытым слоем) можно с любой точностью аппроксимировать любую многомерную функцию на единичном отрезке.

Учитывая специфичность каждой жидкости (вязкость, плотность, поверхностное натяжение, цвет и др.), целесообразно применить искусственную нейронную сеть с контролирующим обучением (обучение – прямое с «учителем») [1]. Обучение учитель производит отдельно для каждого типа жидкости, используемой в технологическом процессе (производстве). Результаты обучения и аппроксимационные характеристики каждой жидкости заносятся в базу данных.

3. Обучение искусственных нейросетей. Процедура идентификации синаптических весов называется *обучением* или *тренировкой ИНС*. Обучение ИНС обычно осуществляется или в процессе реальной эксплуатации или методами имитационного моделирования. При *контролируемом обучении* существует внешний "учитель", который наблюдает реакцию сети на заданный вектор входных воздействий и модифицирует её параметры. Предполагается, что существуют тренировочные данные, состоящие из эталонных входных и выходных векторов. В процессе обучения на входы "учителя" и нейросети поступает сигнал, совпадающий с одним из входных тренировочных шаблонов. "Учитель" сообщает сети, какова должна быть правильная реакция на поступившее воздействие. На основании величины ошибки между реальным и желаемым выходами сети по определенному алгоритму проводится настройка её весовых коэффициентов.

Для распознавания каждого класса предлагается использовать индивидуальный трехслойный перцептрон, для обучения которого генерируется собственная обучающая выборка. Число нейронов промежуточного слоя равно полусумме входных и выходных нейронов сети.

Принятая структура нейронной сети позволяет: проводить последовательное обучение ИНС; проводить выборочное переобучение ИНС; добавлять или удалять классы, подлежащие распознаванию, не изменяя межнейронные связи и не переобучая тем самым всю ИНС.

Подобный подход позволяет существенно экономить вычислительные ресурсы в процессе эксплуатации нейронной сети.

После выбора структуры нейронной сети, её необходимо обучить. В ходе обучения изменяются значения синаптических коэффициентов $w_{i,j}$ для каждого нейрона с целью

минимизации среднеквадратичной ошибки сети между выходным и эталонными векторами.

Настройка сети производится по принципу обучения с учителем (рис. 3).

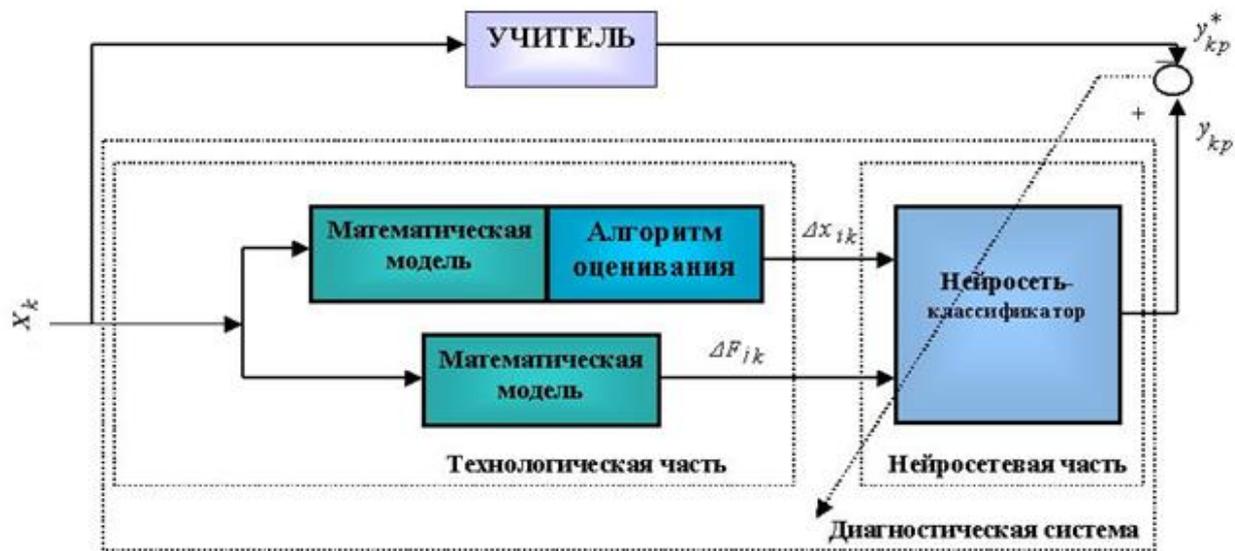


Рис. 3. Обучение нейросети с учителем.

Использование устройства [2], по сравнению с имеющимися, обеспечивает повышение точности измерения малых расходов жидкости, которая достигается увеличением количества дискретных преобразований, а также величины самой дискретизации сигнала при измерении за счет использования оптического метода измерения. Другим достоинством датчика является выполнение измерительной плоскости внутри светопрозрачного элемента, не контактирующего с оптической системой, что обеспечивает бесконтактный метод измерения и значительно расширяет область применения датчика, позволяет использовать его для измерения малых расходов практически любых жидкостей, а также проводить измерения в агрессивных и ядовитых средах. Отметим, что использование устройства для измерения малых расходов с образованием капель жидкости [2] и интеллектуальной обработкой результатов измерений [1], создает условия для полной автоматизации процесса высокоточного дозирования различных жидкостей, с возможностью управления процессом дозирования в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Р.Юсупбеков и др. Интеллектуальные системы управления и принятие решений / Ташкент: Государственное научное издательство «Ўзбекистон миллий энциклопедияси», 2014. – 490с.
2. Патент РФ на полезную модель № 136564 РФ, МПК G01F 3/00 Датчик малых расходов жидкости / В.П. Заярный, И.В. Волков, А.М. Макаров, Ю.П. Сердобинцев;

заявитель и патентообладатель Волгоградский государственный технический университет.– заявл. № 2013135341 от 26.07.2013; опубл. 10.01.2014.

3. Макаров А.М., Волков И.В., Гладков В.М. Измерение малых расходов и вязкости жидкости / International Scientific and Practical Conference “WORLD SCIENCE” N3(3) - Vol.1, November 2015 - С. 39-41.

4. И. В. Волков, В. П. Заярный, А. М. Макаров, Н. В. Кобзев. Бесконтактное измерение малых расходов жидкости / Измерительная техника, № 7, 2014, стр. 35-37.

Сведения об авторах:

Юсупбеков А.Н. . – д.т.н., проф., зав. кафедры АПП ТашГТУ, Университетская, 2

Ортиков Э.Э. – магистрант каф. АПП ТашГТУ тел. 90-109-29-08

Абдукадыров А.А. – д.т.н., проф. каф. АПП ТашГТУ