

# Применение нейросетевых алгоритмов на газоизмерительной станции

А. К. Петрова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
ak72p@yandex.ru

**Аннотация.** Технологический процесс учета расхода газа является основным на газоизмерительной станции. Результаты измерения используются при формировании величины баланса газа в газотранспортной системе и влияют на ее экономическую эффективность. Поэтому автоматизация контроля параметров это технологического процесса является важной задачей. В статье рассматривается возможность применить в автоматизированной системе управления процессом учета расхода газа на газоизмерительной станции методов машинного обучения, и в частности, алгоритмов искусственных нейронных сетей.

**Ключевые слова:** машинное обучение, нейронные сети, контроллер, технологический процесс, учет расхода, газоизмерительная станция

## I. ВВЕДЕНИЕ

Газоизмерительная станция (ГИС) - комплекс технологического оборудования, средств и систем для непрерывного измерения расхода и при необходимости качественных показателей природного газа, транспортируемого по магистральным газопроводам (МГП) [1]. ГИС предназначены для измерения расхода, приведенного к стандартным условиям, обработку, хранение и предоставление информации в соответствии с действующими нормативно-техническими документами, качественных показателей и коммерческого учета количества природного газа, транспортируемого по магистральным газопроводам и поставляемого потребителям.

В статье рассматривается ГИС «Долгодеревенское», которая имеет блочную структуру. В ее состав входят 11 измерительных трубопроводов. ГИС подключается к магистральному газопроводу через узел подключения. Для измерения расхода газа на ГИС «Долгодеревенское» используются счетчики турбинные TZ G6500 и вычислители Суперфлоу 2ЕТ, 11 комплектов по одной на каждой измерительной нитке.

Также обеспечивается сравнение значений текущих измеренных параметров и вычисленного значения расхода от двух измерительных комплексов «СуперФлоу-» одного измерительного трубопровода с выдачей сигнала рассогласования на экран мастер-компьютера. Сигнал рассогласования выдается при расхождении соответствующих значений параметров двух «СуперФлоу-» на величину удвоенной относительной погрешности

каждого из параметров. Расхождение параметров определяется как разность их средних значений, полученных за одну минуту [2].

## II. НЕБАЛАНС КАК ПРОБЛЕМА ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Задачи автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) учета расхода газа на ГИС заключаются в автоматическом измерении объемного расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям, а также определении показателей качества газа. На рассматриваемом объекте измерение расхода газа осуществляется при помощи турбинного метода, основанного на вращении турбинного колеса счетчика под воздействием потока измеряемого газа, скорость вращения которого пропорциональна объемному расходу [3].

АС должна обеспечивать [3]:

- повышение точности измерений количественных показателей газа за счет применения современных методов измерения и высокоточных датчиков с широким динамическим диапазоном;
- обеспечение безопасности технологического процесса учета газа;
- реализация дистанционного контроля всем комплексом оборудования при помощи АРМ оператора;
- контроль технологических параметров газа;
- модернизация существующей подсистемы измерения качественных показателей газа;
- повышение надежности существующей системы автоматизации за счет организации бесперебойного электропитания технических средств автоматизации и применения резервированных средств измерений.

В результате выполнения операций технологического процесса учета газа происходит формирование баланса газа за отчетный период (сутки, месяц, год). Баланс газа – количественное итоговое соотношение поступлений газа и отбора, в том числе на собственные нужды, и (или) отпуска газа, с учетом остатков [4]. В случае отклонений показаний поставленного и потребленного объема газа

возникает небаланс, как следствие, убытки для одной или другой стороны процесса обмена. Таким образом, возникает задача устранения небаланса для предотвращения экономических и репутационных потерь [5, 6].

### III. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ (ИНС)

Величина расхода газа определяется одновременным воздействием многочисленных, постоянно меняющихся нелинейных параметров внешней и рабочей сред. Задача состоит в контроле этих параметров и детектировании отклонений, или, другими словами, классификации данных по отклонению от установленных нормативов, для осуществления контроля показаний процесса учета расхода газа. Для решения этой задачи в настоящее время перспективным является применение алгоритмов машинного обучения, в частности, нейросетевых алгоритмов [7, 8].

Одной из задач при измерении расхода газа на параллельных нитках ГИС является не только измерение расхода, но обеспечение равенства результатов измерений на каждой нитке ГИС, то есть в каждой нитке должен протекать одинаковый объем газа с одинаковыми параметрами (давление, температура) и свойствами. Если этого не происходит, то можно рассмотреть несколько причин: неисправность измерительного оборудования, повреждение в трубопроводе, изменение свойств газа, влияние человеческого фактора. В настоящее время проверка осуществляется вручную постфактум, что может негативно сказываться на процессе учета расхода газа и величине небаланса. Для обнаружения отклонений показаний приборов на параллельных нитках ГИС, а также отклонений динамики значений расхода газа от ожидаемой, в работе предложен алгоритм на основе применения методов машинного обучения к накопленным статистическим данным региональной ГИС. Такие задачи являются для указанных алгоритмов задачами классификации.

С целью сравнения различных алгоритмов классификации, к статистическим данным по расходу и другим параметрам газа на ГИС, при помощи среды Матлаб, были применены различные алгоритмы машинного обучения [9, 10]. Сравнение результатов применения алгоритмов по количественным критериям демонстрирует табл. I.

ТАБЛИЦА I АЛГОРИТМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Модель	Ошибка модели	Длительность времени обучения, сек.
SVM	0.09	0.92
Наивный Байес	0.2	11.59
Деревья решений	0.06	2.83
К-средних	0.08	2.56
ИНС двумя полностью связными слоями	0.07	0.89

Лучший результат показала ИНС с двумя полностью связными слоями.

Далее, также в среде Матлаб, осуществлено сравнение различных архитектур искусственных нейронных сетей, табл. II.

ТАБЛИЦА II ПАРАМЕТРЫ ТОЧНОСТИ ИССЛЕДОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ

Модель	Ошибка ИНС	Время обучения, сек
Нейронная сеть с одним полностью связным слоем	0.05	10.5
Нейронная сеть с тремя полностью связными слоями	0,009	30
Нейронная сеть с двумя полностью связными слоями	0.07	15

Лучшие результаты показала простая двухслойная полностью связная нейронная сеть, которая и была синтезирована.

Методом последовательного сравнения параметров из перечисленных выше классов ИНС для решения задачи контроля параметров расхода газа на ГИС была синтезирована сеть со следующими характеристиками:

1. двуслойная полностью связная архитектура;
2. обучение с учителем, так как накоплены статистические данные;
3. в качестве алгоритма обучения выбран Стохастический градиентный спуск (сокращенно SGD) – итерационный метод оптимизации целевой функции;
4. правило коррекции по ошибке (дельта-правило);
5. функции активации RELU и softmax.

В решении, предлагаемом в данной работе, обучение нейросетевой модели производилось на накопленной статистической информации по учету газа за 6 месяцев года в 11 нитках ГИС

Проверка работы обученной нейронной сети осуществлялась на статистических данных, не задействованных в обучении, матрица спутанности имеет диагональный вид, что говорит об адекватности нейросетевой модели.

### IV. СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ТП УЧЕТА РАСХОДА ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНС

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решаются следующие задачи:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Для построения функциональной схемы автоматизации ТП учета расхода на ГИС с применением ИНС выбраны следующие устройства (табл. III).

ТАБЛИЦА III УСТРОЙСТВА И ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ КОНТРОЛЮ И РЕГУЛИРОВАНИЮ

Вид воздействия	Параметр	Приборы
Измерение	Давление газа	Счетчик турбинный Z G6500 и вычислители Суперфлоу 2ЕТ
Детектирование отклонений	Давление газа	Контроллер SIMATIC S7-1500CPU

В качестве контроллера предлагается использование нейропроцессорного модуля SIMATIC S7-1500 TM NPU [11]. Ввод данных в нейропроцессорный модуль осуществляется через USB / ETHERNET порты, так же возможен ввод данных непосредственно из CPU по шине Backplane. Модуль работает с заранее подготовленной нейронной сетью. После того как данные собраны, осуществляется их классификация и структурирование. Нейронная сеть должна быть подготовлена и обучена вне модуля и загружается с программой исполнения.

Фрагмент схемы автоматизации ТП учёта расхода газа на ГИС, выполненной в AutoCAD, приведен на рисунке.

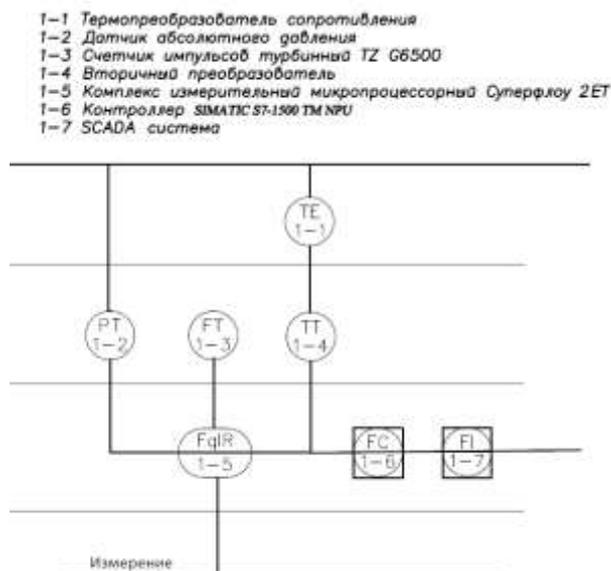


Рис. 1. Фрагмент схемы автоматизации ТП учета расхода газа на ГИС

Согласно схеме, датчики производят непрерывное измерение давления, температуры среды, текущей в измерительном трубопроводе. Данные обрабатываются вычислителем Суперфлоу 2ЕТ. Вычислитель осуществляет приём параметров, измеренных датчиками в цифровом виде, производит необходимые расчёты для получения значений расхода, массы, объёма измеряемой среды, архивирует основные измеренные и вычисленные параметры, отображает их значения и передает на контроллер и верхние уровни управления SCADA. Контроллер осуществляет сравнение текущих параметров с данными нейросетевой модели, и в случае отклонения, передает информацию об этом также на верхние уровни управления.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье обосновывается возможность применения нейросетевых алгоритмов в задачах контроля параметров технологического процесса учета расхода газа на газоизмерительной станции для повышения эффективности газотранспортной системы. Далее планируется моделирование эксперимента в среде Simulink с применением нейросетевых алгоритмов для контроля параметров технологического процесса учета расхода газа на 11 параллельных нитках газоизмерительной станции, поскольку вычислительный эксперимент показал перспективность этого направления исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Нефтегазовый портал. Электронный ресурс <https://neftgaz.ru/tech-library/oborudovanie-dlya-sbora-i-podgotovki-nefti-i-gaza/141824-gazoizmeritelnaya-stantsiya-gis/>
- [2] Сайт предприятия ООО «СовТИГаз». Электронный ресурс: <http://www.sovtigaz.ru>
- [3] СТО Газпром 097-2011 «Автоматизация. Телемеханизация. Автоматизированные системы управления технологическими процессами добычи, транспортировки и подземного хранения газа. Основные положения»
- [4] Организация, планирование и управление на предприятиях транспорта и хранения нефти и газа: учебник для вузов / А.Д. Бренц [и др.]. М. : Недра, 1980. 360 с.
- [5] Николаев В.П., Филиппов А.Д., Минченко А.В. Совершенствование оперативного учета газа // Газовая Промышленность Спецвыпуск № 2 (770).
- [6] Спорные ситуации, аварии и инциденты компаний нефтегазового сектора России в 2017 году [https://wwf.ru/upload/iblock/0db/neftisa-2017-q1\\_4.pdf](https://wwf.ru/upload/iblock/0db/neftisa-2017-q1_4.pdf)
- [7] Назаров А.В., Лоскутов А.А. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем: Монография. СПб.: Наука и Техника, 2003, 384 с.
- [8] Vapnik V.N. The nature of statistics. Learning theory. Second edition. Springer Verlag NY, 2005.
- [9] Haykin S. Neural networks. Complete course. Williams, 2018, 1104 p.
- [10] Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975
- [11] Сайт предприятия ООО Промэнерго Автоматика, электронный ресурс: <https://www.siemens-pro.ru/articles/siemens-articles-66.html>