

УДК 51-7

Нейросетевая модель определения потерь напора по длине трубопровода

Т.В. Володченко, В.В. Бронская, О.С. Харитонов*, Т.В. Игнашина,
Д.В. Башкиров, Р.И. Халиуллин

Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул.
Карла Маркса, 68, 420015, Казань, Россия

* E-mail: olga.220499@mail.ru

Аннотация. Построена нейросетевая модель гидродинамики трубопровода с помощью Wolfram Mathematica для определения потерь напора по длине. Проведен выбор структуры искусственных нейронных сетей и алгоритмов их обучения и тестирования. Определены потери напора опытным и расчетным путем при различных скоростях движения воды. Путем сравнение полученных опытных значений с вычисленными оценена адекватность нейросетевой модели. Нейросетевая модель может использоваться для определения сопротивления трубопроводов, анализа влияния скорости потока на путевые потери напора трубопровода и особенностей применения искусственных нейронных сетей для задач прогнозирования гидродинамики трубопроводной сети.

Ключевые слова: нейросетевая модель, потеря напора, трубопровод, гидродинамика, скорость потока

Neural network model for determination of the pressure loss along the length of the pipeline

T.V. Volodchenko, V.V. Bronskaya, O.S. Kharitonova *, T.V. Ignashina, D.V.
Bashkirov, R.I. Khaliullin

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx Street, Kazan,
420015, Russia

* E-mail: olga.220499@mail.ru

Abstract. A neural network model of pipeline hydrodynamics was built using Wolfram Mathematica to determine the pressure loss along the length. The choice of the structure of artificial neural networks and algorithms for their training and testing is carried out. The pressure losses were determined experimentally and by calculation at different speeds of water movement. By comparing the obtained experimental values with the calculated ones, the adequacy of the neural network model was assessed. The neural network model can be used to determine the resistance of pipelines, analyze the effect of the flow rate on the directional pressure loss of a pipeline and the peculiarities of using artificial neural networks for predicting the hydrodynamics of a pipeline network.

Keywords: neural network model, pressure loss, pipeline, hydrodynamics, flow rate

1. Введение

Увеличение оборотов промышленности ведет к повышению потока перерабатываемой информации. Возможность нелинейного моделирования и сравнительная простота реализации дают нейронным сетям отличное преимущество перед другими методами обработки информации. Главное отличие нейросетевых моделей от кривых роста или регрессионных методов состоит в том, что если указанные методы подгоняют реальный процесс или явление под стандартную математическую функцию, то нейронные сети подбирают параметры системы уравнений, приводя ее к реальной жизни [1-3].

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Схематически искусственная нейронная сеть состоит из слоя входных сигналов, выходного слоя и нескольких внутренних слоев. Слой входных сигналов составляет значения факторов, оказывающих наибольшее влияние на исследуемый показатель, т.е. значения независимых переменных. В качестве выходного слоя используются значения прогнозируемых показателей (зависимых переменных), соответствующие имеющемуся набору значений входных переменных.

Процессы построения и обучения сети в программном комплексе, поддерживающем создание нейронных сетей, происходит следующим образом: на вход подаются значения входных переменных, вид связи и весовые коэффициенты выбираются случайным образом, затем рассчитываются значения выходной переменной. Полученные значения сравниваются с реальными, после этого происходит корректировка весов и вида сети, направленная на уменьшение ошибки. Производя последовательные итерации, подобные описанной выше, сеть обучается на исторических данных.

3. Методы и материалы исследования

Определение гидравлических потерь по длине трубы необходимы при нахождении сопротивления трубопровода, выборе насоса, нахождении технико-экономических показателей. Гидравлические системы получили широкое применение в машиностроении, на транспорте, в технологических процессах и в других случаях [4-6]. Гидравлические потери напора по длине (путевые потери) при течении жидкости в прямой трубе обусловлены трением слоев жидкости друг о друга и о стенки канала и определяются по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta h_\ell = \lambda_\Gamma \frac{\ell \bar{w}^2}{d \cdot 2g} \quad (1)$$

где Δh_ℓ – величина потеряннного напора на прямом участке трубопровода длиной ℓ , м; d – внутренний диаметр трубы, м; \bar{w} – средняя скорость потока, м/с; λ_Γ – коэффициент гидравлического трения.

4. Полученные результаты

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты измерений и расчетов.

$\Delta P_{\text{от}}$	t	V^*	W	Re	λ_{Γ}	Δh_l	$\Delta h_{\text{эксперимент}}$
7500	14,01	0,007138	3,118287	168051,3905	0,0287	1,054688	0,766839802
7300	14,41	0,00694	3,031728	163386,5358	0,0287	0,996948	0,746390741
7100	14,61	0,006845	2,990226	161149,896	0,0287	0,96984	0,725941679
7000	14,78	0,006766	2,955832	159296,3451	0,0287	0,947658	0,715717149
6800	15,08	0,006631	2,897029	156127,3197	0,0287	0,910328	0,695268087
.....
2500	25,83	0,003871	1,691336	91149,82505	0,0287	0,310278	0,255613267
2300	27,15	0,003683	1,609105	86718,23135	0,0287	0,280841	0,235164206
2100	29	0,003448	1,506455	81186,20625	0,0287	0,246153	0,214715145
1900	30,76	0,003251	1,42026	76540,96168	0,0287	0,21879	0,194266083
1800	32,35	0,003091	1,350454	72778,97933	0,0287	0,197812	0,184041552
1600	34,28	0,002917	1,274422	68681,44636	0,0287	0,176165	0,163592491
1400	37,81	0,002645	1,15544	62269,24044	0,03	0,151365	0,14314343

На основе полученных экспериментальных данных построена нейромодель гидравлических потерь напора по длине (формула Дарси-Вейсбаха) в Wolfram Mathematica с использованием следующих функций:

```
net = NetChain[{1, Tanh, 10, Tanh, 1}, "Output" -> 1];
      |         |         |         |         |
      |Нейронная сеть | гипербол... | гиперболический тангенс
trained = NetTrain[net, hh1, BatchSize -> 1024]
      |Тренировать опреде... | размер группы данных
```

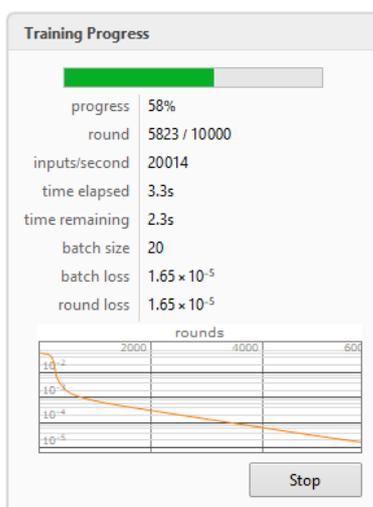


Рисунок 1. Фрагмент кода и функции Wolfram Mathematica.

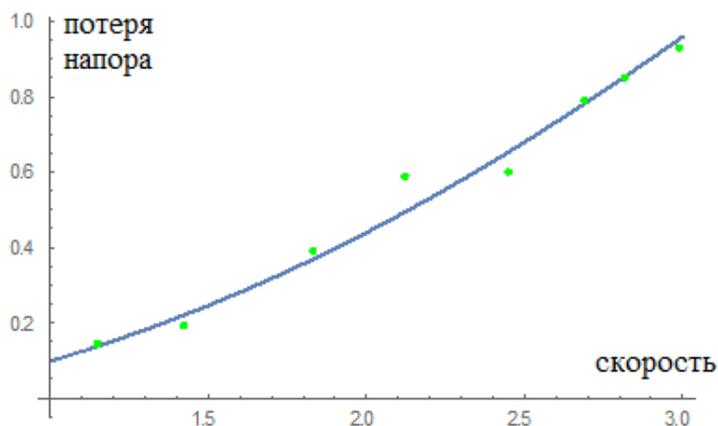


Рисунок 2. Зависимость потери напора от скорости (линия – расчет нейронной сетью, точки – эксперимент).

5. Выводы

Таким образом, построена нейросетевая модель определения потерь напора по длине трубопровода с помощью Wolfram Mathematica. Максимальное отклонение расчетных величин от экспериментальных данных 10,7 %, что говорит о хороших прогностических способностях разработанной нейросетевой модели. Математическая модель может использоваться для определения сопротивления трубопроводов и для анализа влияния скорости потока на путевые потери напора.

Список литературы

1. Нейросетевая модель процесса абсорбции углекислого газа водой / А.А. Цапаев, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина, П.П. Суханов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 2. – С. 7-11.
2. Нейросетевая модель процесса утилизации промышленных водных стоков / А.А. Цапаев, О.С. Харитоновна, В.В. Бронская [и др.] // В сборнике: Приоритетные направления развития науки и технологий. доклады XXVI международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.М. Панарина. – 2019. – С. 150-152.
3. Выбор оптимального типа теплоизоляционной конструкции на основе нейросетевого моделирования / И.Г. Ахметова, Е.Ю. Бальзамова, В.В. Бронская [и др.] // В сборнике: Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. 92-е заседание семинара, учрежденного при ИСЭМ СО РАН. В 3-х книгах. – 2020. – С. 186-190.
4. Влияние геометрии и способа ввода реагентов на гидродинамическую структуру потока в трубчатых турбулентных аппаратах / Р.Г. Тахавутдинов, А.Г. Мухаметзянова, Г.С. Дьяконов [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2002. – № 1-2. – С. 267
5. Минибаева Л.Р. Модели турбулентности для адекватного описания поля скорости в аппаратах с перемешивающими устройствами / Л.Р. Минибаева, А.Г. Мухаметзянова, А.В. Клинов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 9. – С. 469-477.

6. Balzamor D.S. Analysis of the technique of software products for the selection of heat-insulating materials for heat networks pipelines / D.S. Balzamor, E.Y. Balzamova, A.I. Khaibullina, L.S. Sabitov // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – С. 012009.