

УДК 533.5:621.52

EDN [ECZBKK](#)



## Оценка влияния влажности воздуха на рабочие характеристики вакуумного насоса с помощью нейронной сети

**М.И. Кондратьева\*, В.В. Бронская, Т.В. Игнашина, О.С. Харитонов**

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

\*E-mail: kondratteva@yandex.ru

**Аннотация.** В статье произведена оценка влияния влажности воздуха на рабочие характеристики водокольцевого насоса (ВКН) фирмы АО «ГМС Ливгидромаш» с помощью нейронной сети. В качестве рабочего тела использовался воздух. Рассматривались следующие рабочие характеристики: производительность и удельная мощность на валу. Для аппроксимации экспериментальных зависимостей применены встроенные в Wolfram Mathematica функциональные возможности и механизмы машинного обучения. Обучение нейронной сети (1-50-50-50-1) с функциями активации LogisticSigmoid, Tanh, Ramp, проводилось до тех пор, пока погрешность между рассчитанными значениями и экспериментом не достигла требуемого уровня погрешности. В ходе работы было проведено сравнение использования сухого и влажного воздуха при  $T=20^{\circ}\text{C}$  на мощность (2900 об/мин частота вращения вала) и производительность (970 об/мин частота вращения вала). Делается вывод о том, что влажный воздух, проходя через водокольцевой насос, увеличивает удельную мощность на валу насоса, что повышает коэффициент полезного действия (КПД) насоса. Показано, что при использовании влажного воздуха повысились рабочие характеристики ВКН, в то время как использование сухого воздуха наоборот снизили их.

**Ключевые слова:** вакуумный кольцевой насос, водокольцевой насос, рабочие характеристики, влажный воздух, нейросетевое моделирование.

## Evaluation of the effect of air humidity on the performance of a vacuum pump using a neural network

**M.I. Kondrateva\*, V.V. Bronskaya, T.V. Ignashina, O.S. Kharitonova**

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx str., Kazan,  
420015, Russia

\*E-mail: kondratteva@yandex.ru

**Abstract.** The paper assesses the effect of air humidity on the performance of a water ring pump from HMS Livgidromash using a neural network. Air was used as a working medium. The following operating characteristics were considered: productivity and specific power at the shaft. To approximate the experimental dependencies the functionality and machine learning mechanisms built into Wolfram Mathematica were applied. The training of a neural network (1-50-50-1) with LogisticSigmoid, Tanh, Ramp activation functions was carried out until the error between the calculated values and the experiment reached the required error level. A comparison was made between dry and moist air at  $T=20^{\circ}\text{C}$  on power (2900 rpm shaft speed) and performance (970 rpm shaft speed). It is concluded that moist air, passing through the water-ring pump, increases the specific power at the pump shaft, which increases the efficiency of the pump. It is shown that the use of moist air increases the performance of the WHC, while the use of dry air decreases it.

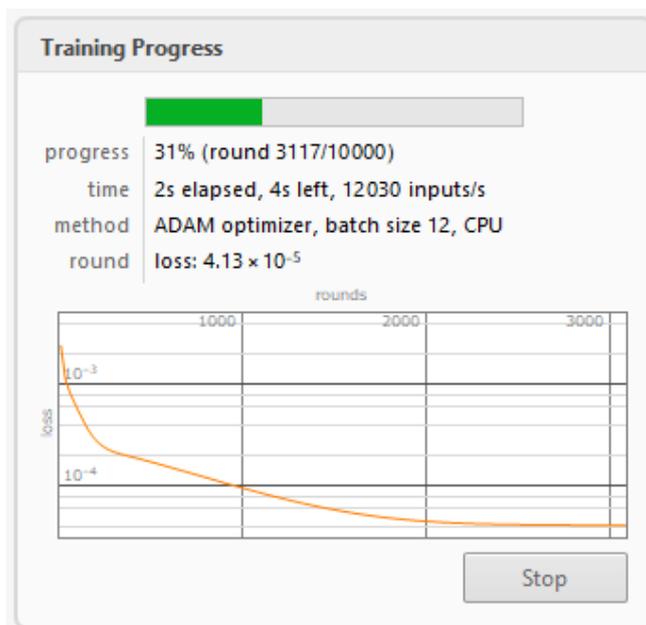
**Keywords** vacuum annular pump, water ring pump, performance, wet air, neural network modelling.

## 1. Введение

Вакуумный кольцевой насос (ВКН) – это гидравлическая машина, которая используется для создания вакуума в определенной области, путем откачки газов из этой области. ВКН обычно используются для перекачки жидкостей, которые содержат газы или пары, такие как водяной пар, летучие жидкости или аммиак. Они также широко применяются в химической, нефтяной и газовой промышленности [1-6], а также в системах вакуумной перекачки.

Целью данной работы является анализ рабочих характеристик насоса водокольцевого насоса. Рассматриваемыми рабочими характеристиками являются удельная мощность на валу и производительность ВКН.

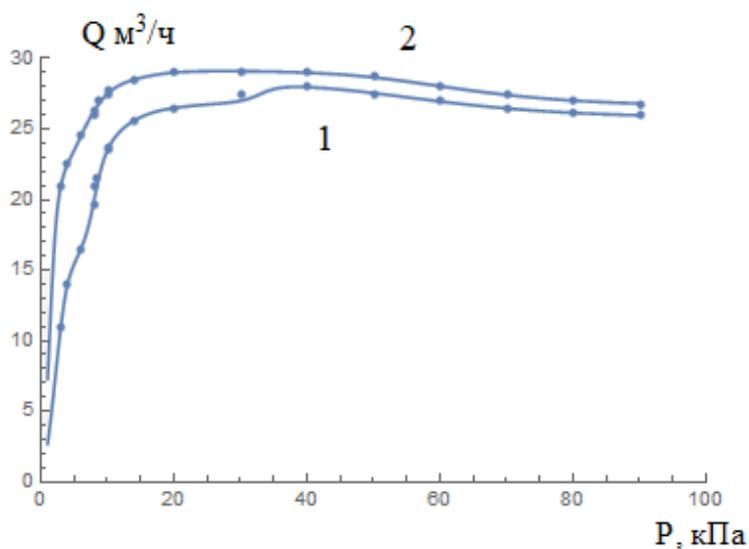
Для аппроксимации экспериментальных зависимостей применены встроенные в Wolfram Mathematica функциональные возможности и механизмы машинного обучения. Обучение нейронной сети с числом нейронов входного слоя, скрытых слоев и выходного слоя соответственно 1, 50, 50, 50 и 1 выполнено с использованием функций активации типа LogisticSigmoid, Tanh, Ramp. При этом оптимизация параметров производилась на основе минимизации среднеквадратической ошибки, до тех пор, пока достигался заданный уровень точности, определяемый мерой расхождения между значениями, полученными в эксперименте, и соответствующими расчётными значениями.



**Рисунок 1.** Обучение нейронной сети в Wolfram Mathematica.

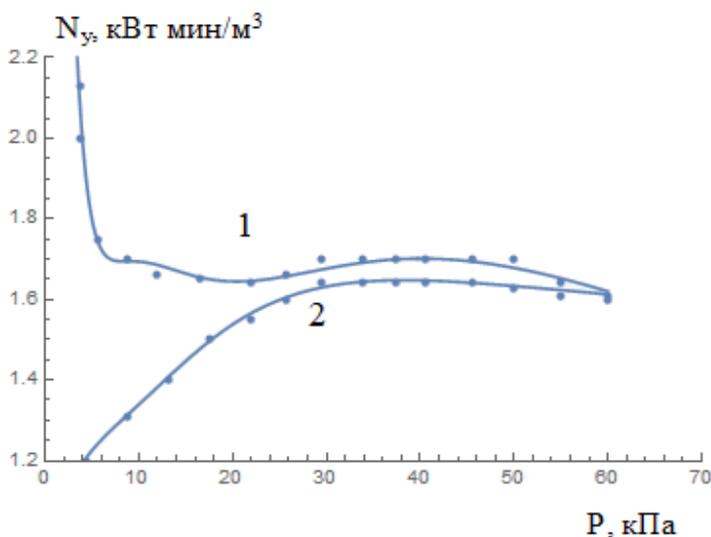
## 2. Полученные результаты

Для аппроксимации рабочих характеристик насоса с помощью нейронных сетей были использованы экспериментальные данные [7]. На рисунке 2 представлена зависимость производительности водокольцевого насоса от давления всасывания – сухого (1) и влажного (2) воздуха при температуре 20°C и 2900 об/мин частоте вращения вала, полученная с помощью нейронной сети путем аппроксимации экспериментальных данных.



**Рисунок 2.** Зависимость производительности насоса от давления всасывания – 2900 об/мин; 1 – сухой воздух, 2 – влажный воздух. Точки – экспериментальные данные, линии – результаты расчета нейронной сетью.

На рисунке 3 представлена зависимость удельной мощности на валу от давления всасывания – сухого (1) и влажного (2) воздуха при температуре 20°C и 970 об/мин частоте вращения вала, полученная с помощью нейронной сети путем аппроксимации экспериментальных данных.



**Рисунок 3.** Удельная мощность на валу насоса (970 об/мин): 1 – сухой воздух, 2 – влажный воздух. Точки – экспериментальные данные, линии – результаты расчета нейронной сетью.

### 3. Выводы

Влажный воздух, проходя через водокольцевой насос, увеличивает удельную мощность на валу насоса, что повышает коэффициент полезного действия (КПД) насоса, а также увеличивается и производительность насоса. При использовании влажного воздуха усиливается сцепление между водой и поверхностью насоса, что способствует повышению пропускной способности насоса и уменьшению потерь энергии на трение. Кроме того, влажный воздух охлаждается в процессе конденсации, что также может способствовать уменьшению потерь энергии на трение и повышению эффективности насоса. Это также может быть связано с тем, что влажный воздух имеет более высокую плотность и содержит больше кислорода, что позволяет увеличить эффективность насоса. Однако, перед использованием влажного воздуха необходимо убедиться в его качестве и соответствии требованиям.

Таким образом, использование влажного воздуха может повысить удельную мощность на валу насоса и производительность, в то время как использование сухого воздуха может снизить ее.

### Список литературы

1. Харитонов О.С. Расчет производительности вакуумного насоса / О.С. Харитонов, В.В. Бронская // В сборнике: Вакуумная техника и технология. Десятая Российская студенческая научно-техническая конференция: материалы конференции. Казань. – 2021. – С. 86-87.
2. Володченко Т.В. Расчет проводимости элементов вакуумных систем / Т.В. Володченко, Т.В. Игнашина // В сборнике: Вакуумная техника и технология. Десятая Российская студенческая научно-техническая конференция: материалы конференции. Казань. – 2021. – С. 50-51.
3. Володченко Т.В. 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 // В сборнике: Наука, технологии, общество - НТО-2021. Сборник научных статей по материалам Всероссийской научной конференции. Красноярск. – 2021. – С. 154-158.

4. Райзман И.А. Жидкостнокольцевые вакуумные насосы и компрессоры: моногр. / И.А. Райзман. – Казань: Изд-во Казанского государственного технологического университета, 1995. – 258 с.
5. Шилин В.А. Теоретические исследования работы водокольцевого вакуумного насоса / В.А. Шилин, О.А. Герасимова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2015. – № 1(17). – С. 142-158.
6. Великанов Н.Л. Динамические характеристики вакуумных насосов и компрессоров рыбонасосных установок / Н.Л. Великанов, В.А. Наумов // Рыбное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 79-83.
7. Наумов В.А. Влияние температуры и влажности воздуха на рабочие характеристики водокольцевых вакуумных насосов / В.А. Наумов // Научный журнал «Известия КГТУ». – 2020. – № 56. – С. 108-118.