УДК 004.032.26

DOI: 10.35211/1990-5297-2021-3-250-69-71

*А. И. Репников, Ю. П. Сердобинцев, М. П. Кухтик***РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КАВИТАЦИОННОГО ЗАПАСА НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: app@vstu.ru

Разработана нейронная сеть для системы водоснабжения. Собрана обучающая выборка и загружена в нейронную сеть. Разработан и описан алгоритм работы нейронной сети. Построенная нейронная сеть обеспечивает защиту насосного оборудования от явлений кавитации.

Ключевые слова: насос; кавитация; нейронная сеть; обучающая выборка.

*A. I. Repnikov, Yu. P. Serdobintsev, M. P. Kukhtik***DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK FOR DETERMINING
THE CAVITATION STOCK OF PUMPING UNITS****Volgograd State Technical University**

An automated emergency prevention system for the water supply system based on a neural network has been developed. The training sample is collected and loaded into the neural network. The algorithm of the neural network is developed and described. The constructed neural network protects the pumping equipment from cavitation.

Keywords: pump; cavitation; neural network; learning sample.

В настоящее время к системам водоснабжения предъявляются высокие требования по обеспечению надежности и долговечности. Основными исполнительными механизмами в этих системах являются насосные агрегаты, которые непосредственно осуществляют подачу воды.

Как и все механизмы и машины, насосные агрегаты и их основные части подвержены износу, возникающему по ряду причин. Особенно опасной является кавитация, которая может возникнуть как в рабочем колесе, так и в других механизмах, таких как направляющий аппарат и спираль. Вследствие кавитации уменьшаются коэффициент полезного действия и напор, а также происходит срыв потока и полное прекращение работы насоса.

Разработанная нейронная сеть внедрена в автоматизированную систему для того, чтобы на основе данных, полученных с насосного агрегата, предотвратить появление кавитации и предсказать, какой кавитационный запас он имеет [1].

Для построения нейронной сети была создана обучающая выборка, на основе которой сеть осуществляет свое обучение [2]. Для обучения нейросети необходимы такие показатели, как давление на входе и выходе насоса, расхода, а также значение вибрации, получаемое с датчика [3]. Кроме того, вносится предельное значение вибрации, допустимое для работы на

сосного агрегата. Согласно требованиям ГОСТ 55265.7–2012, это значение не должно превышать 4 мм/с [4].

Обучающая выборка, используемая для разрабатываемой нами нейронной сети, приведена в табл. 1.

Таблица 1

Обучающая выборка

Напор, м	Расход, м ³ /ч	Вибрация, мм/с
9,8	167,6	4,12
9,645	160,89	4,076
9	152,0	4,034
11	175,45	4,5
16	185,0	5,1
7,965	134,76	2,45
7,15	127,74	2,24
6,87	121,987	2,11
6,123	116,34	1,875
6	109,34	1,64

Как видно из обучающей выборки, входами нейронной сети являются напор, расход и вибрация. Выходом нейронной сети будет значение NPSH, из которого будет вычисляться значение кавитационного запаса.

Структура нейронной сети показана на рис. 1.

Рис. 1. Структура нейронной сети:
1 – входной нейрон; 2 – скрытый нейрон; 3 – выходной нейрон

Входной нейрон 1 представляет собой входные данные обучающей выборки, скрытый нейрон 2 – это нейрон, выполняющий математические операции над входными данными, а также рассчитывающий кавитационный запас системы. Выходной нейрон 3 представляет собой значение NPSH, помогающее вычислять кавитационный запас насосного агрегата [5]. NPSH представляет собой величину подпора насоса, которая необходима для работы насоса в нормальной точке без кавитации.

Алгоритм работы нейронной сети следующий: перед началом работы в систему вносятся номинальные точки расхода и NPSH, взятые из паспорта насоса (рис. 2).

Затем с интервалом в пять секунд в обучающую выборку в режиме реального времени подгружаются новые значения данных, поступающих с датчиков [6]. После этого нейронная сеть вычисляет текущее значение NPSH, после чего нейронная сеть сравнивает полученное значение с номинальным в той рабочей точке, в которой работает насосный агрегат, и вычисляет оставшийся кавитационный запас по следующей формуле:

$$H_{kav} = H_{act} - H_{th},$$

где H_{kav} – кавитационный запас насосного агрегата; H_{act} – текущее значение NPSH; H_{th} – номинальное значение NPSH.

Далее нейронная сеть строит график теоретической работы насоса, получаемый из его

1	(* NPSH насоса *)
2	
3	npsh[1] = 3.85
4	npsh[2] = 3.65
5	npsh[3] = 3.5
6	npsh[4] = 3.3
7	npsh[5] = 3.25
8	npsh[6] = 3.1
9	npsh[7] = 3.05
10	npsh[8] = 3.2
11	npsh[9] = 3.6
12	npsh[10] = 4.4
13	
14	(* Расход с расходомера *)
15	
16	flow[1] = 20.0
17	flow[2] = 40.0
18	flow[3] = 60.0
19	flow[4] = 80.0
20	flow[5] = 90.0
21	flow[6] = 100.0
22	flow[7] = 130.0
23	flow[8] = 150.0
24	flow[9] = 170.0
25	flow[10] = 190.0
26	

Рис. 2. Номинальные точки насосного агрегата

паспортных данных, и фактический график работы, получаемый из обучающей выборки. Затем нейросеть строит на графике предполагаемую рабочую точку, в которой находится работа насосного агрегата в настоящее время, а также выдает значение кавитационного запаса. Пример показан на рис. 3; данные, зафиксированные нейронной сетью – в табл. 2.

Рис. 3. График работы насоса

Таблица 2

Данные, зафиксированные нейронной сетью

Наименования	Показания
Текущий напор, м	9,0
Текущий расход, м³/ч	152,0
Текущее значение вибрации, мм/с	4,034
Номинальное значение NPSH, м	2,9
Текущее значение NPSH, м	2,6
Кавитационный запас, м	-0,3

Красным цветом на рис. 3 показан номинальный график работы насоса, зеленым — текущий. На данном рисунке, который показывает работу насосной станции города Нижнего Новгорода, а также из табл. 2 можно увидеть, что для насосного агрегата не обеспечивается кавитационный запас, поскольку он отрицателен.

Разработанная нейронная сеть в составе автоматизированной системы управления позволит повысить показатели надежности системы водоснабжения и предотвратить износ оборудования из-за кавитации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое бюро. Прогнозирование на ОРЭМ. Создаем нейронную сеть для прогнозирования временного ряда [Электронный ресурс]: сайт. — Режим доступа: <https://www.mbureau.ru/blog/sozdaem-neyronnuyu-set-dlya-prognozirovaniya-vremennogo-ryada> (дата обращения 28.12.2020)
2. Энциклопедия АСУ ТП. Нечеткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы [Электронный ресурс]: сайт. — Режим доступа: https://www.bookasutp.ru/Chapter5_7.aspx (дата обращения 02.01.2021)
3. Deep Learning [Электронный ресурс]: сайт. — Режим доступа: <https://www.deeplearningbook.org/> (дата обращения 08.01.2021)
4. ГОСТ 55265.7–2012. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях. Часть 7. Насосы динамические промышленные (с Поправкой). — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200097430> (дата обращения: 21.01.2021)
5. Новоженин, М. Б. Автоматизированная система контроля и управления насосным комплексом с применением прецедентного подхода : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / Новоженин М. Б. ; ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». — Уфа, 2020.
6. Инструкция: Создание нейронной сети без навыков программирования [Электронный ресурс]: сайт. — Режим доступа: <https://vc.ru/selectel/41002-instrukciya-sozdanie-neyronnoy-seti-bez-navykov-programmirovaniya> (дата обращения 23.01.2021)