

Уменьшение диаметра приводило к образованию большого количества низко концентрированного слива, что не соответствовало заданным параметрам, так как по технологическому регламенту производства требовалось отношение продукта $0,7 \div 0,9$.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

Номер опыта	Диаметр насадки мм	Длина насадки l, мм	Производительность Q м ³ /ч	Слив %	Пески %	Пульпа
Насадка №1	95	200	990	66,3	33,7	0,63÷0,81
Насадка №2	100	200	990	70,1	29,9	0,7÷0,9
Насадка №3	105	200	990	79,0	21,0	0,78÷0,99
Насадка №4	97	200	990	68,3	31,7	0,68÷0,87

Наилучшие показатели обеспечила насадка №2, использование которой приведет к повышению эффективности разделения и увеличению плотности песков.

Литература

1. Поваров, А.И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках / А.И. Поваров. – М.: Недра, 1978. 232 с.
2. Башаров, М.М. Устройство и расчет гидроциклонов / М.М. Башаров, О.А. Сергеева. – Казань: Вестфалика, 2012. 92 с.
3. Топоров О.А. Новое поколение гидроциклонов: высокая эффективность при малых затратах // Горный журнал. – 2005. – №2. С. 65–66.

УДК 66.023.02

Финогенов Т.А.
(БГТУ)

Крищанович С.Д.
(БГУИР)

ПРЕДСКАЗАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЦИКЛОНА С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТИ

Циклоны – это воздухоочистители, используемые в химической промышленности для очистки газов от взвешенных частиц (пыли). Универсальность, низкая стоимость и эффективность делают их наиболее распространенными промышленными пылеуловителями.

Однако в настоящее время существует проблема расчёта основных показателей их эффективности, таких как диаметр частиц, улавливаемых в циклоне с эффективностью 50% d_{50} и коэффициент гидравлического сопротивления ξ . Аналитические и эмпирические зависимости часто не дают точного результата, а погрешность расчетов может составлять несколько десятков процентов. Также, не существует универсальной формулы для расчёта этих показателей, то есть для каждого интервала переменных применяется своя отдельная формула, что делает процесс моделирования новый циклонов крайне неэффективным и неточным.

Для решения данной проблемы нами была разработана нейросеть, которая на основании представленных геометрических параметров циклона (реального либо проектируемого), предсказывает значения его показателей эффективности (d_{50} и ξ). Преимуществами данного метода являются простота использования, относительно высокая точность и возможность предсказания d_{50} и ξ в любом интервале его геометрических параметров.

Данная нейронная сеть обучалась по модели Feed Forward (FF). Это искусственная многослойная нейронная сеть, в которой сигнал распространяется строго от входного слоя к выходному, проходя при этом через несколько скрытых слоев нейронов. В обратном направлении сигнал не распространяется.

Выбор данной модели нейросети обусловлен наибольшей эффективностью её обучения при небольшом массиве исходных данных. Также нейросети данного типа наиболее эффективно себя показывают при поиске неявных математических зависимостей.

Число слоев, при котором погрешность предсказания нейросети была минимальной составило 11/30/60/30/2. Упрощенная модель разработанной нейросети представлена на рисунке 1.

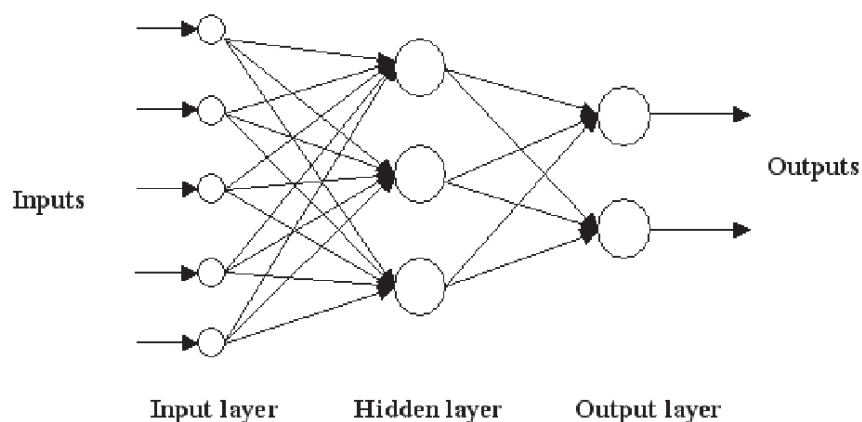


Рисунок 1 – Модель нейросети

Для обучения нейронной сети был взят массив данных, представленный в таблице 1.

Таблица 1 – Данные, используемые для обучения и проверки работы нейросети [1], [2]

	ЦН-24	ЦН-15у	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СЦН-40	ВЦНИИОТ	УЦ-38	РИСИ
α	24	15	15	11	0			0	0	0
D_E/D	0,59				0,334	0,34	0,4	0,5	0,38	0,5
a/D	1,11	0,66	0,66	0,48	0,535	0,515	0,38	1	0,25	0,5
b/D	0,2				0,264	0,214	0,16	0,25	0,25	0,25
b_F/D	0,26							0,25	0,56	0,25
D_O/D	0,3-0,4				0,334	0,229	0,2	0,1	0,18–0,21	1
L/D	0,6						0,5	0,6	1,3	0,93
H_{CYL}/D	2,11	1,51	2,26	2,08	0,535	0,515	1,6	2	0,8	1–1,33
H_{CON}/D	1,75	1,5	2,0	2,0	3,0	2,11	1,6	3	2,3	1–1,33
H_E/D	2,11	1,5	1,74	1,56	0,735	0,715	0,48	2,1	0,5	1
H/D	4,26	3,31	4,56	4,38	3,735	2,825	3,3	5,2	2,97	3,7–4,83
$ab/0,785D^2$	0,283	0,168	0,168	0,122	0,18	0,14	0,077	0,318	0,241	0,1528
$d_{50}, \text{ мкм}$	8,5	6	4,5	3,65	2,31	1,95	1,26	3,74	2,22	2,6
ξ	75	165	155	245	520	1050	1100	85	1640	237

Примечание:

α – угол наклона в-ходного патрубка циклона; D_E – внутренний диаметр выхлопной трубы; D_O – внутренний диаметр пылевыпускного отверстия; a – высота входного патрубка; b_F – ширина передней части входного патрубка (на входе в него газа); b – ширина задней части входного патрубка (на выходе из него в корпус); l – длина входного патрубка; H_{CYL} – высота цилиндрической части; H_{CON} – высота конической части; H_E – высота выхлопной трубы; H – общая высота циклона. Значения d_{50} в таблице соответствуют следующим условиям: $w = 3,5 \text{ м/с}$; $D = 0,6 \text{ м}$; плотность частиц 1930 кг/м^3 ; динамическая вязкость газа $22,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$. Для обучения нейросети были взяты средние значения данных, представленных в виде промежутка.

Значения предсказанных величин, а также погрешность предсказания, представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Данные, полученные с помощью нейросети

Циклон		Значения d_{50} , мкм	Погрешность определения d_{50} , %	Значения ξ	Погрешность определения ξ , %
Циклоны обучения	ЦН-24	8.36	1.76	76.9	2.66
	ЦН-15у	5.90	1.67	164	0.042
	ЦН-11	3.53	3.2	244	0.204
	СДК-ЦН-33	2.33	0.86	521	0.258
	СК-ЦН-34	1.96	0.51	1063	1,13
	СЦН-40	0.869	3.44	1106	0.560
Циклоны проверки	ЦН-15	4.71	4.82	176	13.99
	УЦ-38	2.33	5.29	2086	27.2
	РИСИ	2.63	1.32	290	22.3

В ходе проведения исследования было установлено, что точность предсказания значений для d_{50} составила более, чем 95% для всех циклонов, тогда как точность предсказания ξ начинается примерно от 70%. Такая погрешность обусловлена малым количеством данных для обучения нейросети и большим варьированием значений ξ для разных циклонов (от 75 до 1640).

Подводя итоги, можно отметить, что точность предсказания нейросети уже на такой малой выборке позволяет её использование для эффективного моделирования циклонов на основании предсказанных значений d_{50} . При этом увеличение массива данных для обучения нейросети будет повышать точность ее прогнозирования. Ещё одним плюсом является её универсальность. Разработанный код позволяет обучить нейросеть таким образом, чтобы предсказывать показатели эффективности и других аппаратов при наличии их геометрических параметров.

Литература

1. Лазарев, В.А. Циклоны и вихревые пылеуловители: Справочник. – 2е изд., перераб. и доп. – Нижний Новгород, 2006. – 320 с.
2. Ruzhov V. Improvement of the calculation method of cyclone dust collectors/ V. Ruzhov//Technology audit and production reserves – № 4/3(48), 2019. – P. 20–25.