

УДК 378:004.384

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНОВАНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН**

Л.Н. Ширин, К.Л. Мещеряков, А.А. Пименов  
(Україна, Дніпро, НТУ «Дніпровська політехніка»)

Шахтные подъемные установки (ШПУ) обеспечивают выдачу полезного ископаемого, перемещение людей и грузов. От надежности работы этого важнейшего звена технологической цепи зависит бесперебойность работы всего горнодобывающего предприятия. Любая аварийная ситуация на подъеме ведет к остановке предприятия. Поэтому вопросам обеспечения надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок всегда уделяли особое внимание.

За последние годы парк шахтных подъемных машин сильно состарился. Срок службы большинства из них превышает 25 лет. Такой же срок службы имеют привод шахтных подъемных машин, система управления этим

приводом, оборудование шахтного ствола, стволовая сигнализация и другие, жизненно важные элементы шахтных подъемных установок. В связи с тем, что одновременная замена всех шахтных подъемных машин и других элементов шахтных подъемных установок невозможна, весьма актуальной является задача применения современных технологий для обеспечения надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок.

В то же время уровень автоматизации шахтных подъемных установок остается достаточно низким, вследствие чего понижается качество контроля параметров и оперативности срабатывания защит от недопустимых режимов работы, понижается надежность их работы, а также эффективность самого технологического процесса в целом.

В связи с особой технологической важностью подъемных установок в шахтном производстве, большими размерами ущерба от аварий, а также высоким уровнем требований к безопасности подъема людей для управления и контроля такими установками допустимо применение лишь автоматизированных систем, предусматривающих обязательное участие человека. По мере совершенствования систем автоматизации шахтных подъемных установок объем функций, выполняемых человеком, неуклонно уменьшался, и в настоящее время за ними остались функции, трудно поддающиеся автоматизации либо более надежно выполняемые человеком в штатной и особенно в нештатной ситуации, а также функции общего контроля ситуации и принятия решений для экстренных мер.

Одними из эффективных методов, которые позволяют распознать формирующуюся нештатную ситуацию, или ненадлежащее состояние ШПУ в автоматическом режиме и принять соответствующие меры предупреждения - являются нейронные сети.

Таким образом, разработка системы на основе нейронной сети для анализа оперативных параметров ШПУ с сигналов датчиков, для оценки возможности возникновения нештатной ситуации на ШПУ или оценки текущего состояния на основе поступающих сигналов от датчиков ШПУ является актуальной и перспективной.

Необходимо отметить, что главным рабочим органом любой ШПУ является ее подъемный сосуд. Он движется по проводникам армировки ствола и от параметров режима его движения и взаимодействия с армировкой зависит безопасность и устойчивость работы всего подъемного комплекса. На рис. 1 приведена графическая схема, показывающая взаимосвязь между рабочими техническими воздействиями на подъемный сосуд со стороны подъемной машины и проводников, собственными характеристиками системы «сосуд – армировка» и параметрами, определяющими аварийную опасность всей системы подъема.

Из графа видно, что наиболее частые отклонения от стандартного нормального состояния можно определить посредством мониторинга сигналов от полученных диаграм движения ШПУ.

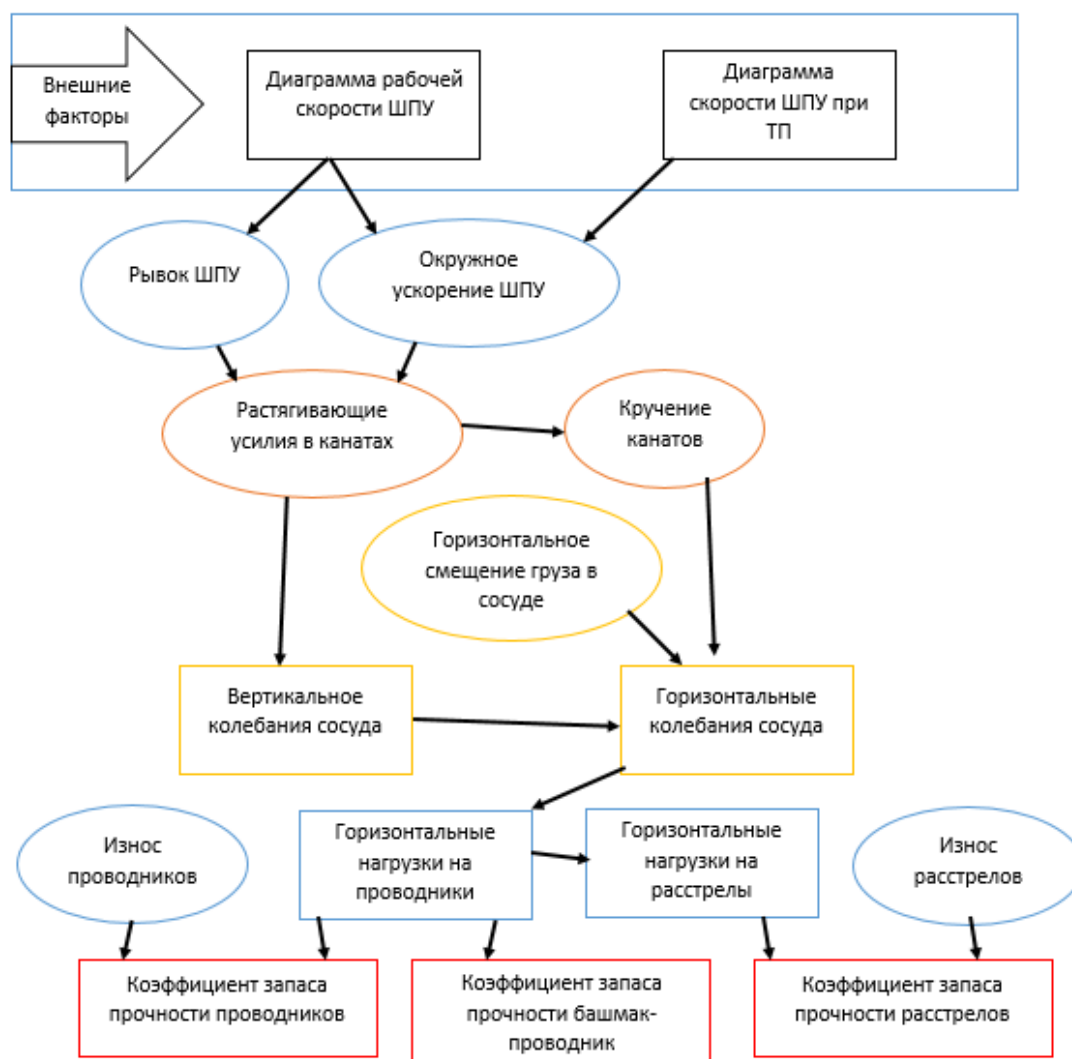


Рис. 1. Граф взаимосвязи между рабочими техническими воздействиями на подъемный сосуд со стороны подъемной машины и проводников, собственными характеристиками системы «сосуд – армировка» и параметрами, определяющими аварийную опасность системы подъема

При оценивании динамически обновляемых данных с датчиков ШПУ используются автоматизированные системы которые выполняют подсчеты для оценки лишь текущего состояния, однако возможность оценки воспроизведения нештатного состояния ШПУ им не доступна.

Основной источник информации об оперативном состоянии объекта несут в себе различные сопутствующие технологическим режимам сигналы. Так на рис. 2, рис. 3, рис. 4 представлены примеры нормального состояния сигналов подъемных установок в виде диаграмм циклов движения «Вперед», «Назад», а так же диаграмма скорости ШПУ. Таблицы 1, 2, 3 содержат данные для построения соответствующих диаграмм.

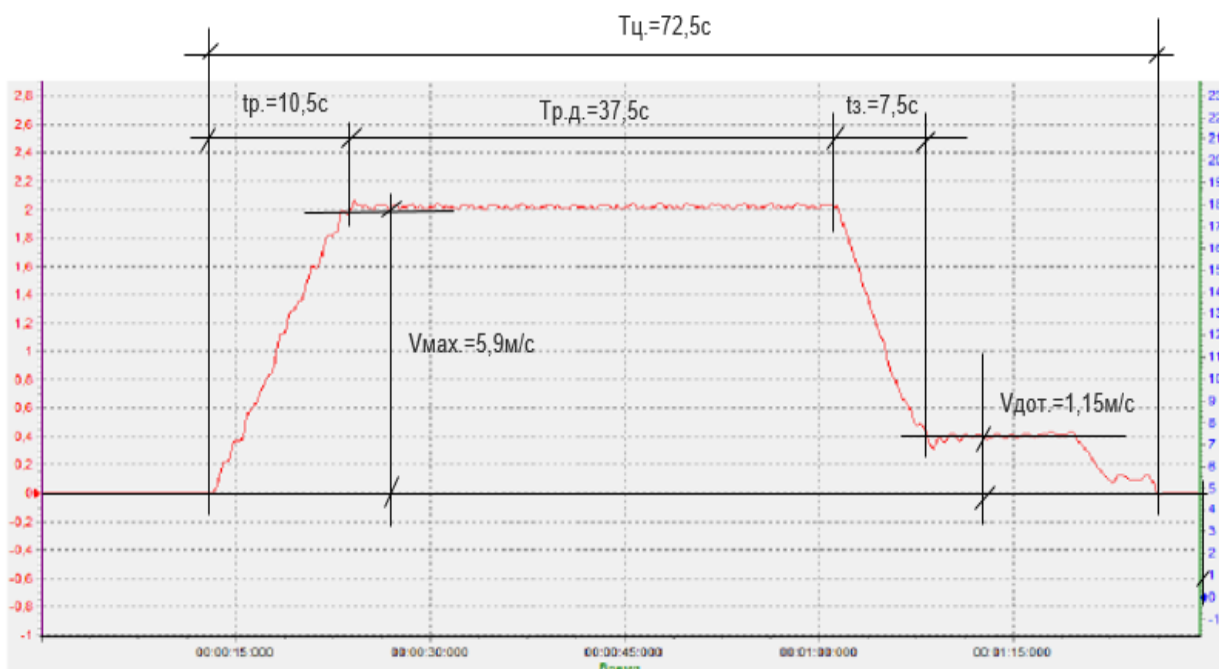


Рис. 2. Пример диаграммы движения «Вперед» при нормальном состоянии ШПУ данные см. Таб. 1)

Таблица 1

Данные для построения диаграммы движения «Вперед» при нормальном состоянии ШПУ.

Максимальная скорость	5,9 м/с
Скорость дотягивания	1,15 м/с
Максимальное ускорение	0,56 (А разг.=5,9:10,5=0,56м/с <sup>2</sup> )
Максимальное замедление	0,63 (А замедл.=(5,9-1,15):7,5=0,63м/с <sup>2</sup> )
Время цикла	72,5 с
Время разгона	10,5 с
Время замедления	7,5 с
Среднее время загрузки и разгрузки	25 с

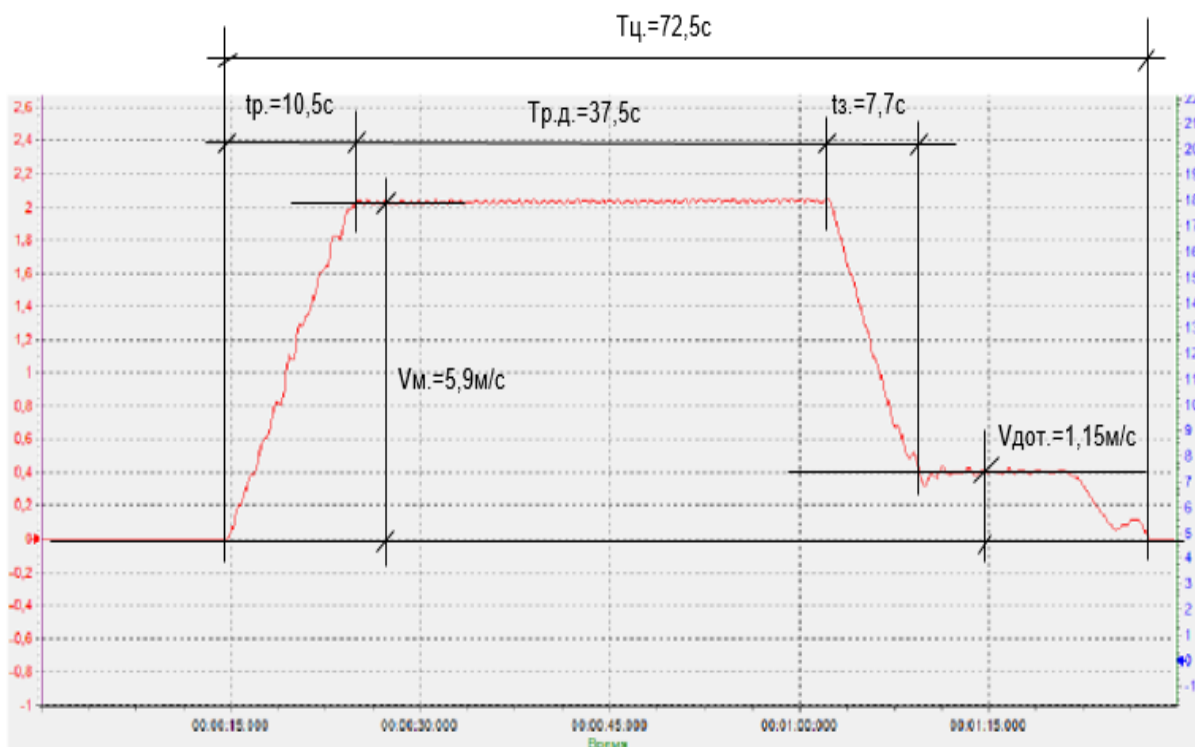


Рис. 3. Пример диаграммы движения «Назад» при нормальном состоянии ШПУ (данные см. таб. 2)

Таблица 2

Данные для построения диаграммы движения «Назад» при нормальном состоянии ШПУ.

Максимальная скорость	5,9 м/с
Скорость дотягивания	1,15 м/с
Максимальное ускорение	0,56 (Аразг.=5,9:10,5=0,56м/с <sup>2</sup> )
Максимальное замедление	0,62(Азамедл.=(5,9-1,15):7,7=0,62м/с <sup>2</sup> )
Время цикла	72,5 с
Время разгона	10,5 с
Время замедления	7,7 с
Среднее время загрузки и разгрузки	25 с

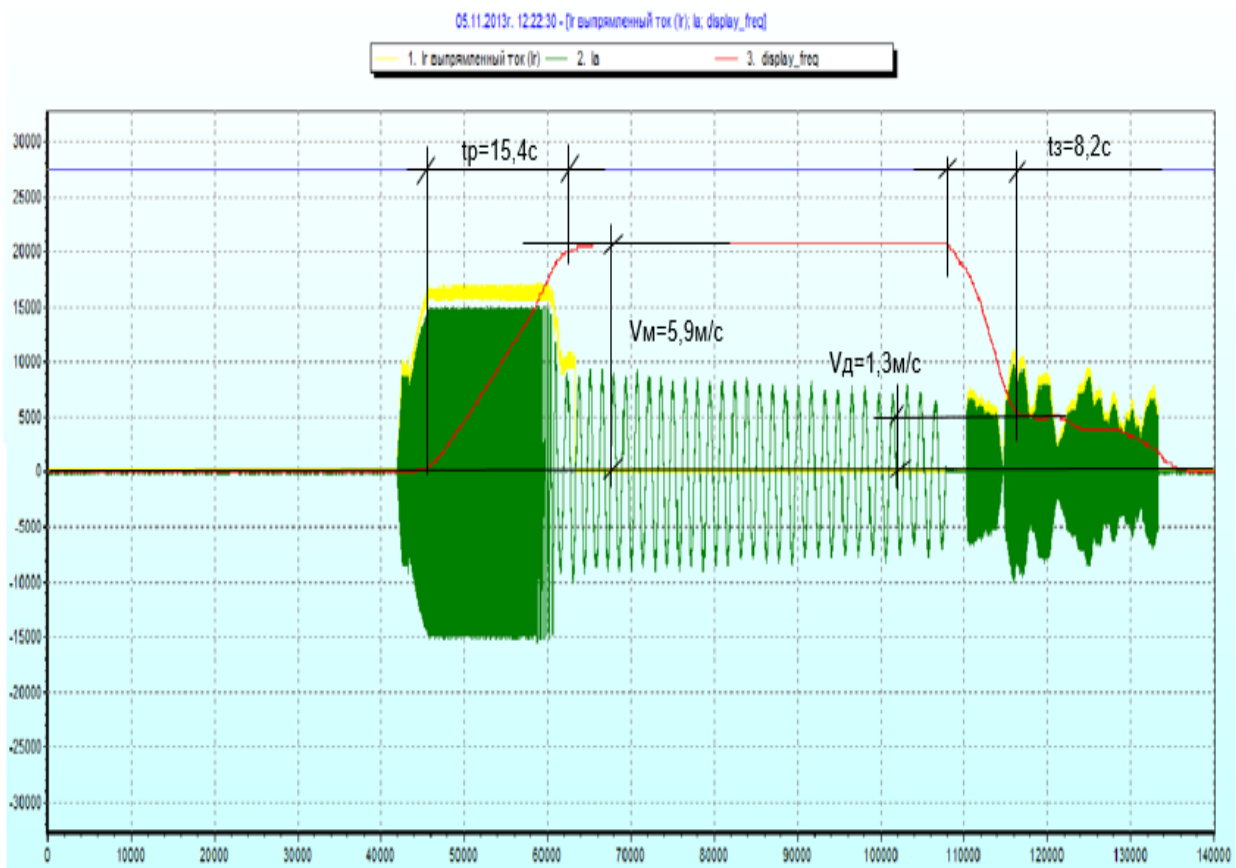


Рис. 4. Пример диаграммы скорости при нормальном состоянии ШПУ (данные см. таб. 3)

Таблица 3

Данные для построения диаграммы скорости при нормальном состоянии ШПУ.

1. Длительность цикла $T_c$	76 с
2. Максимальная скорость $V_{\max}$ .	5,9 м/с
3. Скорость подхода $V_p$	0,5 м/с
4. Скорость дотяжки $V_d$	1,3 м/с
5. Ускорение разгона	0,38 м/с <sup>2</sup>
6. Замедление	0.56 м/с <sup>2</sup>

Для определения нештатной ситуации ШПУ с помощью нейронной сети, необходимо обучить сеть на определение отклонений от нормального состояния любого из входных данных, выявить закономерности отклонений приводящих к нештатным ситуациям. В результате сеть будет определять

текущее состояние ШПУ и предсказывать изменения сигналов ШПУ приводящих к нештатным состояниям (Рис. 5).

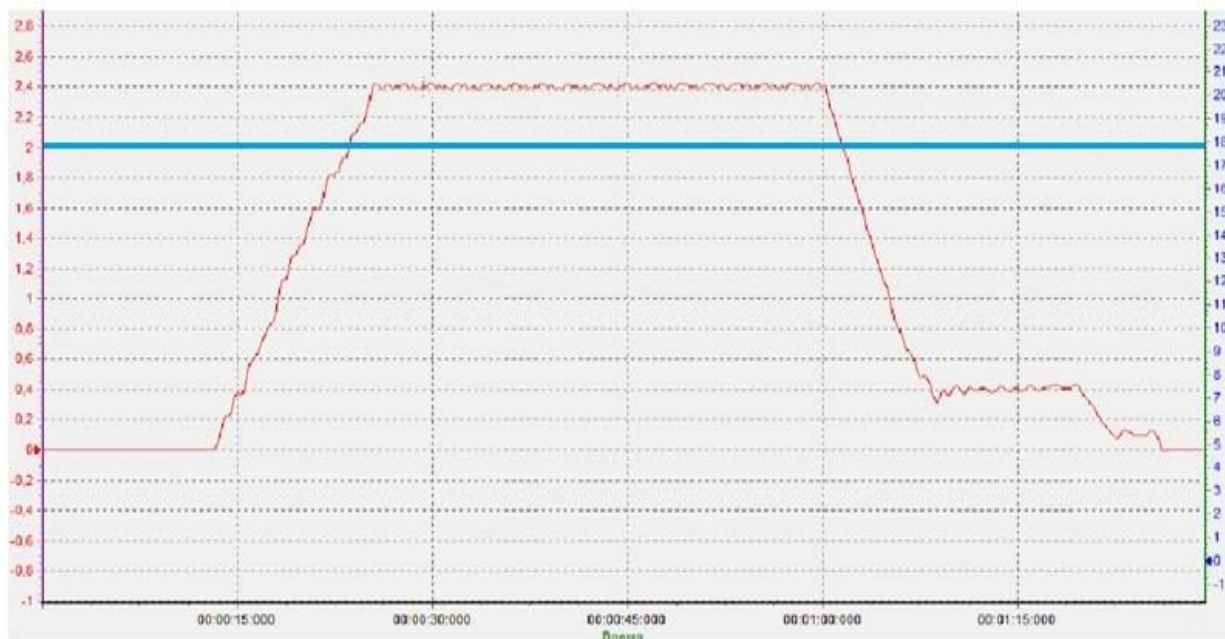


Рис. 5. Пример диаграммы движения «Вперед» нештатного состояния ШПУ. (где жирная полоса, нормальная скорость ШПУ)

Для решения задачи наиболее целесообразно использовать нейронную сеть прямого распространения (*feed forward neural networks, FF или FFNN*) (Рис. 6) для определения отклонений от нормального состояния ШПУ посредством мониторинга сигналов ШПУ.

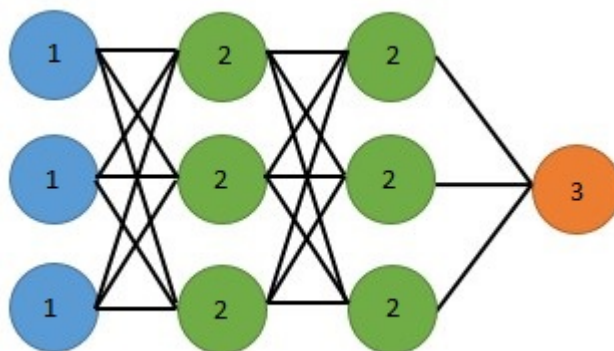


Рис. 6. Схема нейронной сети для определения текущего состояния ШПУ где: 1- нейрон входящих данных, 2 – скрытый нейрон (обработка входящих данных), 3 – выходящие данные (результат))

В разработанной программе для повышения быстродействия при обучении нейронной сети использовалась более простая структура нейронной сети, а именно использующая метод обучения – «обратного распространения ошибки» (рис. 7), что позволило подготовить основу данных для нейронной сети, которая выполняла основную роль.

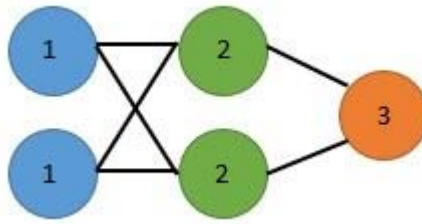


Рис. 7. Схема нейронной сети для обучения где: 1- нейрон входящих данных, 2 – скрытый нейрон (обработка входящих данных), 3 – выходящие данные (результат)

Блок-схема разработанной программы представлена на рис. 8.

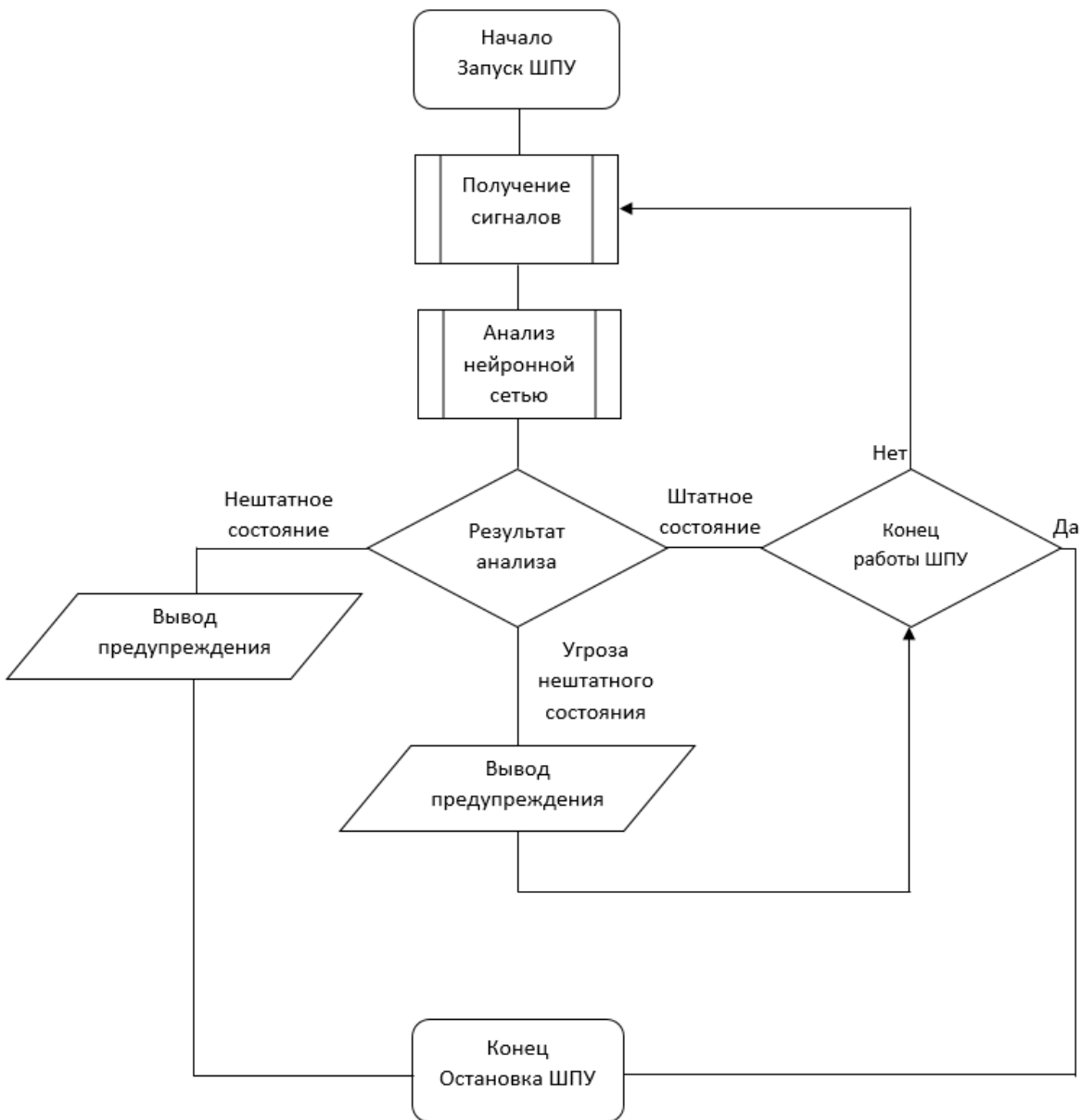


Рис. 8. Блок-схема программы

В таблице 4 и таблице 5 представлен пример реакции нейронной сети на входящие данные с ШПУ относительно данных нормального состояния.



Таблица 4

Данные для построения диаграммы скорости  
при нормальном состоянии ШПУ

Максимальная скорость $V_{\max}$ (м/с)	Скорость подхода $V_{\text{п}}$ (м/с)	Скорость дотяжки $V_{\text{д}}$ (м/с)	Ускорение разгона (м/с)	Замедление (м/с)
5.90	0.50	1.30	0.38	0.56

Таблица 5

Пример обобщенных входных данных для анализа

№	Максимальная скорость $V_{\max}$ (м/с)	Скорость подхода $V_{\text{п}}$ (м/с)	Скорость дотяжки $V_{\text{д}}$ (м/с)	Ускорение разгона (м/с)	Замедление (м/с)
1	6.69	0.66	1.31	0.33	0.57
2	6.66	0.40	1.18	0.39	0.52
3	5.25	0.45	1.19	0.35	0.65
4	6.68	0.55	1.36	0.40	0.53
5	5.33	0.49	1.27	0.36	0.56
6	6.44	0.49	1.23	0.34	0.63
7	5.34	0.50	1.25	0.52	0.67
8	6.30	0.39	1.35	0.35	0.56
9	5.94	0.44	1.16	0.34	0.63
1	5.37	0.55	1.15	0.40	0.55

При этом, светлое выделение - данные которые сильно уклонились от нормального состояния но не являются критическими, темное затемнение – данные воспринятые нейронной сетью как нештатная работа ШПУ.

Разработанная нейронная сеть призвана заменить математические вычисления параметров состояния ШПУ, основываясь на входящих сигналах датчиков ШПУ и позволяет быстрее и качественнее выдать результат о текущем состоянии ШПУ с возможностью предсказания отклонений сигналов от нормальных, при возникновении нештатных состояний ШПУ.

**Вывод:** Разработанное программное обеспечение на основе нейронной сети работает по принципу заложенных в нее моделей поведения ШПУ установленных опытным путем или симуляций поведения параметров ШПУ. Основываясь на входящих сигналах от ШПУ, нейронная сеть выдает текущее состояние ШПУ с возможностью определения отклонений параметров (сигналов) для предсказания возникновений нештатных ситуаций ШПУ. Таким образом можно заменить аналитические вычисления параметров входящих сигналов ШПУ при определении возникающих нештатных ситуаций на информацию распознавания нейронной сети.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК:

1. Корняков М.В. Защита шахтных подъемных установок от динамических нагрузок при зависании подъемных сосудов в стволе автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук специальность 05.05.06 «Горные машины» / М.В. Корняков - Иркутск, 2000. – 24 с.
2. Ильин С.Р. Механика шахтного подъема / С.Р. Ильин, С.С. Ильина, В.И. Самуся - Днепропетровск : Национальный горный университет, 2014. – 246 с.
3. Эксплуатация шахтных подъемных установок / Пермь : Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2015. – 315 с.
4. Ткач А.А. Динамика аварийных режимов многоканатной подъемной установки с машиной наземного расположения : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: специальность 05.15.16 «Горные машины» / А.А. Ткач - Днепропетровск, 1996. – 16 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание / С. Хайкин - Издательский дом Вильямс, 2008. – 1103 с.