

## **«ПОДГОТОВКА К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ РЕСУРСА СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ»**

Е.В. Сунгуров, студент гр. ЭА-101, V курс  
Научный руководитель: А.Н. Гаргаев, ст. преп., к.т.н.  
Кузбасский государственный технический  
Университет им. Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово, 2015

Стальные канаты карьерных грузоподъемных машин, подъемных кранов и других механизмов являются сложными по структуре и ответственными по своему назначению конструкциями, работающими в достаточно тяжелых условиях [1]. Так как разрушение каната может быть сопряжено не только с экономическими потерями, но и с человеческими жертвами, то требования, которые предъявляются к надежности функционирования кантов грузоподъемных машин и механизмов в процессе эксплуатации, являются весьма жесткими.

В процессе эксплуатации стальные канаты одновременно подвержены воздействию многих факторов, однако в 50-80% случаев достижения предельного состояния вызвано их усталостным повреждением.

Часто на предприятиях используют наиболее простую систему технического обслуживания, при которой ремонт или замена оборудования производится в двух случаях. Первый – внезапный выход оборудования из строя, при этом стоимость ремонта по факту аварии существенно превышает стоимость запланированного ремонта. Второй – руководствуясь сроком, называемым межремонтным интервалом, при этом не редки случаи преждевременного снятия канатов с недостаточной выработкой ресурса.

Существующие системы контроля технического состояния канатов не позволяют достаточно либо объективно, либо оперативно определять остаточный ресурс каната и момент его снятия [2,3]. Их основными недостатками являются:

- слишком большое время расчета;
- необходимость большого объема предварительных исследований для установления исходных данных;
- высокая погрешность прогнозирования;
- высокая стоимость.

В связи с этим задача разработки системы оценки технического состояния, а также прогнозирования остаточного ресурса канатов является достаточно актуальной.

Идея работы заключается в создании системы прогнозирования остаточного ресурса стальных канатов с использованием аппарата искусственных нейронных сетей.

Ресурс стальных канатов можно оценить по усталостным повреждениям, которые описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$\dot{U}(t) = f(U, S, q), \quad (1)$$

Согласно уравнению (1) скорость накопления усталостных повреждений зависит от характера нагрузки на деталь (вектор  $S$ ), прочностных свойств материала (вектор  $q$ ), истории нагружения (скаляр  $U$ ) [4].

С целью установления зависимости (1) для тросов малого диаметра и проверки принципиальной возможности применимости ИНС будет использоваться испытательный стенд (рис. 1).

Структурная схема испытательного стенда состоит из преобразователя частоты (ПЧ), двигателя (М), редуктора (Р), муфты (4), барабана (3), на который наматывается стальной канат (2), блока (1) и груза массой  $m$ . Редуктор соединен с барабаном при помощи муфты. Сигналы с датчиков усилия (ДУ), скорости (ДС), тока (ДТ), напряжения (ДН) с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) передаются в компьютер (ПК) для дальнейшей обработки с целью получения информации о техническом состоянии (ТС) стального каната.

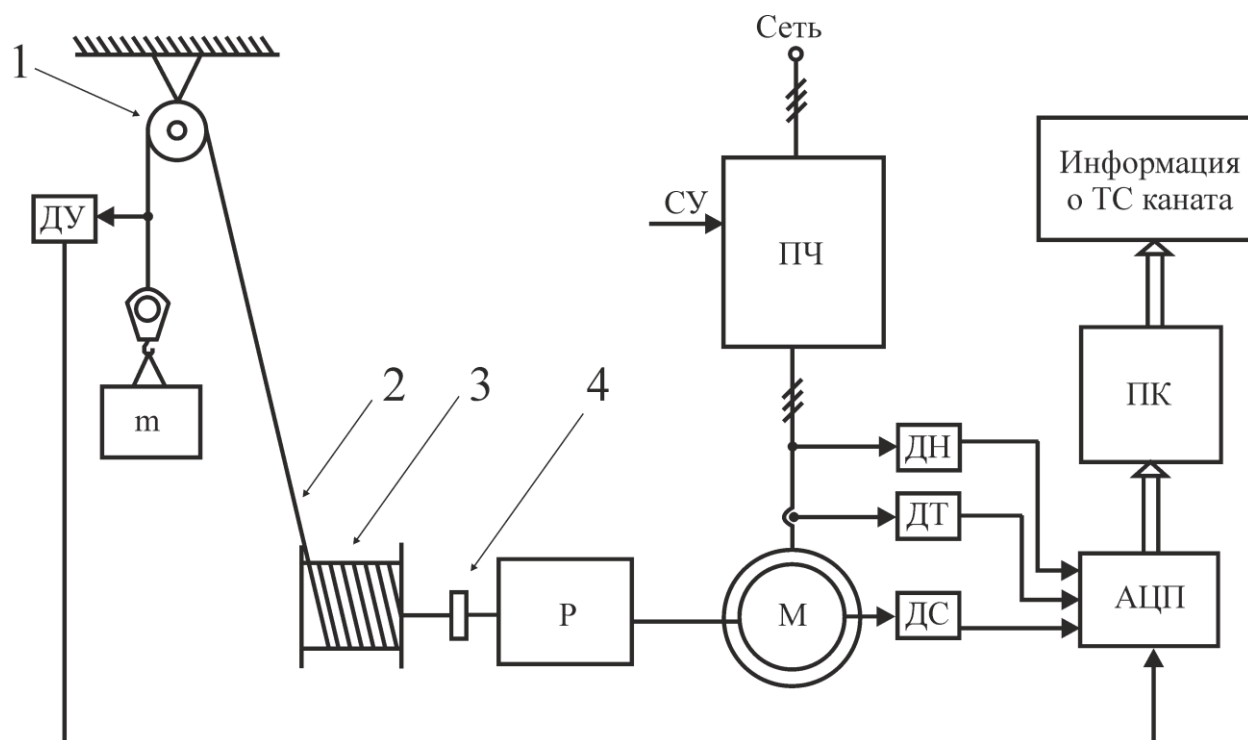


Рис.1. Структурная схема испытательного стенда.

Электропривод выполнен в виде асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Оператор задает управляющее воздействие, которое передается на электропривод, после предварительной обработки цифровым сигнальным процессором и преобразователем частоты.

Сигналы с датчиков образуют исходные данные для создания обучающей выборки, используемой при обучении искусственной нейронной сети.

Прогнозирование остаточного ресурса стального каната на основе аппарата ИНС происходит следующим образом. Сначала происходит обучение ИНС, т.е. нейронной сети предъявляется обучающая выборка (значения входных и выходных данных), состоящих из данных, снятых с экспериментальной установки. Далее происходит проверка работоспособности нейронной сети по новым данным, ранее не участвовавшим в обучении ИНС. С помощью алгоритма обучения осуществляется подстройка коэффициентов синаптических связей таким образом, чтобы рассогласование между выходными данными обучающей выборки и реакцией сети на соответствующие входные данные было минимальным.

Для исследования применимости ИНС с целью прогнозирования ресурса каната, на первом этапе будем считать, что его остаточный ресурс убывает по линейному закону, в зависимости от значения усилия в канате ( $P$ ) и количества циклов нагружения.

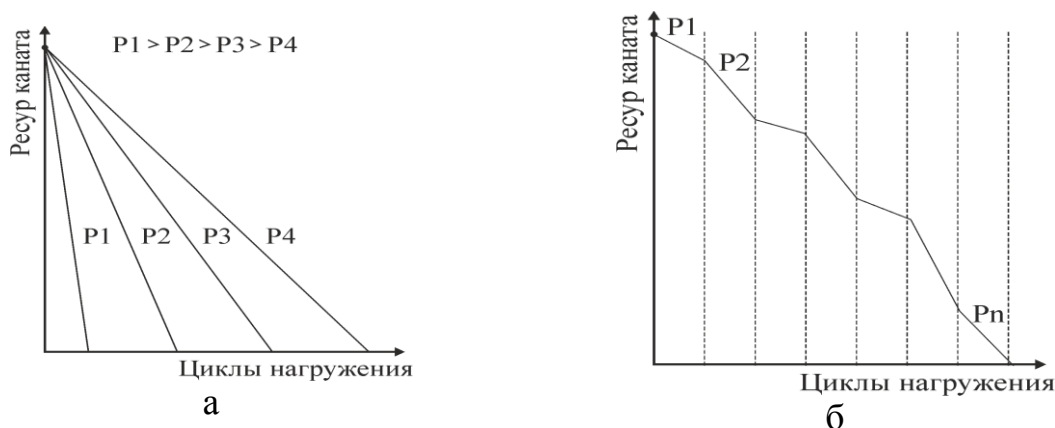


Рис. 2. Идеализированные зависимости ресурса каната от величин веса и количества циклов а) – при определенных весах, б) – при произвольных весах

Точка на оси ординат изображает исходный ресурс каната, задаваемый при его изготовлении, а точки пересечения графиков с осью абсцисс показывают момент времени исчерпания ресурса.

В ходе исследования были проведены опыты на компьютерной модели, показывающие способность нейронной сети осуществлять прогнозирование остаточного ресурса каната, убывающему по линейному закону. В опытах была реализована ИНС типа многослойный персептрон с обратным распространением ошибки. Разработанной ИНС была представлена обучающая выборка, состоящая из значений поднимаемого груза, числа циклов нагружения и остаточного ресурса. С увеличением значения веса число циклов нагружения до полного исчерпания ресурса уменьшается. Далее качество работы нейронной сети было испытано на новых данных, ранее не

участвовавших в обучении ИНС. Результаты проведенных опытов показывают возможность искусственной нейронной сети достаточно качественно аппроксимировать зависимость накопления усталостных повреждений, следовательно, остаточного ресурса от величины поднимаемого веса и количества циклов подъема груза (рис. 3).

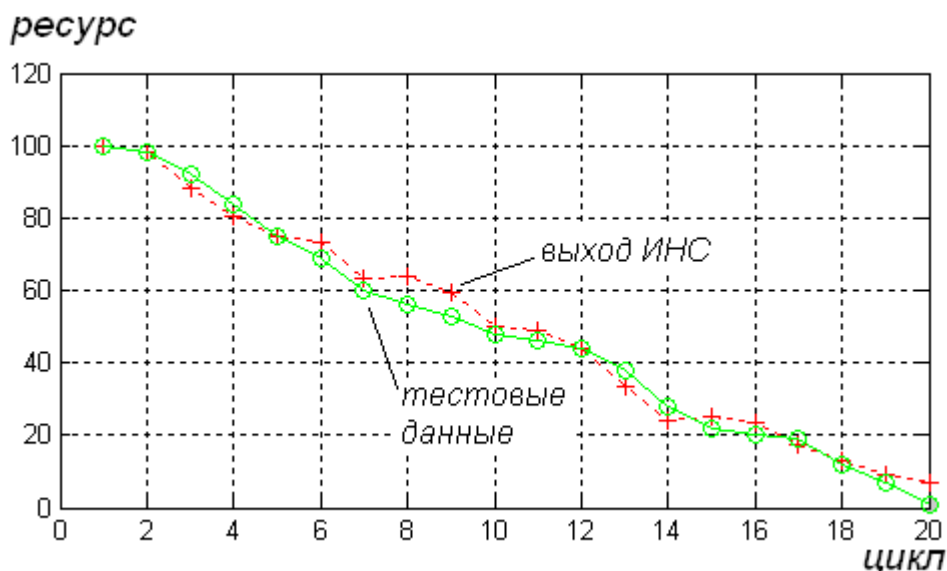


Рис. 3. Прогнозирование остаточного ресурса каната с помощью ИНС

Прогнозирование остаточного ресурса стальных канатов позволит рационализировать их техническое обслуживание, сделает возможным полное использовать ресурс каната, одновременно избегая внезапных поломок, повысить уровень промышленной надежности и производительность труда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Талтыкин В.С. Основные виды износа и разрушения стальных канатов, применяемых в шахтных подъемных установках [текст]. – М.: Изд-во МГГУ, 2008. – 333-337 с.
2. Современные средства и методики диагностики оборудования горнодобывающей отрасли. [Электронный ресурс]: - Режим доступа: <http://www.baltech.ru/catalog.php?catalog=140>, свободный.
3. Методические указания. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования по изменению параметров его технического состояния при эксплуатации: РД 26.260.004-91 от 01.01.92.
4. Филимонов С. Г. Управление ресурсом горных машин [текст] // Современные пути развития машиностроения и автотранспорта Кузбасса: Труды I Всероссийской научно-технической конференции, 24-25 октября 2007. – Кемерово: ГУ КузГТУ, 2007. – С. 376-380.