УДК 626:621.396

О реализации функции ограничения натяжения каната проходческой лебедки в аппаратуре АКНК-1

А. С. ЛЕВИЦКИЙ,
канд. техн. наук
(НПП «Украинская шахтная связь»)

В. А. КАЗАКОВ,
канд. техн. наук
(НПП «Украинская шахтная связь»)

Приведены функциональные и технические характеристики аппаратуры контроля напуска каната АКНК-1 (модификации 03), обеспечивающей контроль положения направляющей рамки на проходческой бадье, ограничение натяжения каната проходческой лебедки, симплексную радиосвязь подъемный сосуд–машинист и прием машинистом лебедки речевых команд управления, подаваемых по радиоканалу с любой точки ствола. Описаны результаты приемочных испытаний аппаратуры на шахтах Украины.

Ключевые слова: напуск каната, направляющая рамка, бадья, проходческая лебедка, контроль, ограничение натяжения каната, сигнализация, аппаратура, шахтная радиосвязь, безопасность, блокировка.

Контактная информация: ushcm@rambler.ru, www.ushcm.ru

Постановка проблемы. Неконтролируемое чрезмерное увеличение или ослабление натяжения стальных канатов проходческих лебедок, которые удерживают опалубку или проходческий полок, используемый при проходке вертикальных стволов шахт, нередко приводит к их обрыву, что вызывает аварии и травматизм находящихся на полке или в забое людей [1]. В связи с этим постоянный контроль натяжения канатов проходческих лебедок, защита от перегрузок (или чрезмерного ослабления натяжения, а затем напуска каната) и автоматическое отключение лебедок при увеличении или уменьшении натяжения канатов от установленных значений весьма актуальны, что отражено в требованиях ряда нормативных документов по безопасности труда, в частности [2, § 433; 3, п. VII.9.10; 4, пп.1.6.3, 1.6.4]. Однако в Украине в настоящее время устройства контроля натяжения канатов лебедок не производятся.

На шахтах и рудниках стран СНГ для контроля натяжения стального каната (троса) применяют переносной накладной динамометр – прибор контроля натяжения ПКН-644 (производитель – компания «ЭЛУСС», г. Саратов, Российская Федерация [5]). Для контроля натяжения канатов лебедок в основном используется ограничитель натяжения каната типа ОНК-1М.У1 (производитель – компания «СИБТЕНЗОПРИБОР», г. Топки, РФ [6]).

Динамометр ПКН-644 осуществляет оперативный контроль натяжения путем измерения и индикации в цифровой форме усилия натяжения троса, арматуры или провода без разрыва силовой цепи. Выпускается пять типоразмеров прибора в зависимости от номинального значения натяжения на канате (до 100 кН). Диаметры контролируемых тросов 5–25 мм. Основной недостаток прибора – контролирует натяжение неподвижного троса.

Ограничитель ОНК-1М.У1 предназначен для контроля натяжения канатов и автоматического отключения проходческих лебедок при увеличении или уменьшении натяжения канатов на 10 % установленных значений. Он применяется при проходке и углубке вертикальных стволов шахт. Ограничитель изготовляют трех типоразмеров в зависимости от номинального натяжения на канате (100, 200 и 450 кН) и исполнений – рудничного нормального и рудничного взрывозащищенного. Диаметры контролируемых канатов: 18–35, 35–45 и 45–66 мм.

В ограничителе тензорезисторный силоизмерительный датчик преобразует усилия натяжения канатов в пропорциональный электрический сигнал, индикация этого усилия – на пульте управления. Для преобразования значения натяжения каната в пропорциональное ему измеряемое усилие использована плавно регулируемая рычажно-роликовая система из трех роликов, между которыми канат располагается с небольшим перегибом на среднем ролике, двух кулис, передающих усилие с роликов на датчик и установленных на корпусе преобразователя, а также плавно перемещаемой каретки с закрепленным на ней средним роликом.

Недостаток этого ограничителя – в использовании рычажно-роликовой системы с тензорезисторным датчиком, постоянство точности работы которой при действии длительных динамических нагрузок во время движения каната обеспечить достаточно сложно. К недостаткам также можно отнести: ограниченные диапазоны диаметров контролируемых канатов и границ контролируемых нагрузок (60–110 % максимальной нагрузки); невысокую точность установления предела перенапряжения (погрешность составляет 10 % номинальной нагрузки ограничителя); относительно быстрый механический износ рычажно-роликовой системы и частый выход из строя датчика при динамических нагрузках каната.

Научно-производственное предприятие «Украинская шахтная связь» (г. Кривой Рог) выполнило комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию средств ограничения натяжения каната проходческой лебедки, не имеющих перечисленных выше недостатков. При этом использовались устройства разработанной этим же предприятием и серийно выпускаемой аппаратуры контроля напуска каната АКНК-1 [7] (*далее* – аппаратура).

Цель исследования – расширение возможностей многофункционального комплекса технических средств безопасности АКНК-1 путем введения функций постоянного контроля натяжения канатов проходческой лебедки, защиты от перегрузок или ослабления натяжения (напуска) и автоматического отключения лебедки при увеличении или уменьшении натяжения канатов от установленных значений, приема лебедчиком по радиоканалу команд управления с любой точки ствола.

Аппаратуру АКНК-1 выпускают в двух модификациях (01 и 02). Она обеспечивает:

- защиту шахтных подъемных установок от напуска каната в вертикальных стволах шахт фиксацией факта напуска каната и выдачи сигнала «Напуск» машинисту подъема [3, п. VII.7.5.г] (модификация 01);
- защиту людей при спуске и подъеме в проходческой бадье контролем положения рамки на бадье, фиксацией факта зависания рамки и выдачей сигнала «Рамка» в машинное отделение [3, п. VII.1.31.а] (модификация 02);
- ремонтную сигнализацию и симплексную двухстороннюю радиосвязь машиниста подъема с ремонтным персоналом, экипированным носимыми радиостанциями подъемного сосуда, а также для связи с подъемным сосудом в экстремальных ситуациях посредством этих же радиостанций [3, пп. VIII.9.8, VII.9.10] (все модификации).

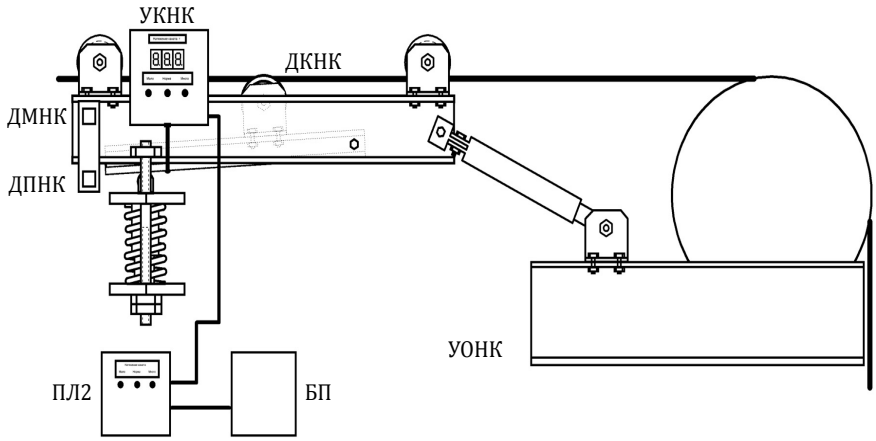

Рис. 1. Структурная схема аппаратуры АКНК-1 модификации 03: УОНК – устройство ограничения натяжения каната; ДКНК – датчик контроля натяжения каната; УКНК – устройство контроля натяжения каната; БП – блок питания; ДМНК – датчик минимального натяжения каната; ДПНК – датчик максимального натяжения каната; ПЛ*2* – пульт лебедчика.

Для расширения технических возможностей аппаратуры АКНК-1 (модификация 02) был разработан комплект устройств (модификация 03), обеспечивающий дополнительные функции контроля для проходческих лебедок, в частности: постоян-

ный контроль натяжения каната проходческой лебедки; защиту от перегрузок или чрезмерного ослабления натяжения (напуска) каната; автоматическое отключение лебедки при увеличении или уменьшении натяжения каната от установленных значений и возможность передачи с любой точки ствола по радиоканалу речевых команд управления на пульт лебедчику.

Аппаратура состоит из радиостанции машиниста подъема РМП с табло сигнальным ТС и антенно-фидерной системой, радиостанции подъемного сосуда РПСа с комплектом датчиков контроля (датчиков зависания рамки бадьи ДР и блокировки ДБ), радиостанций носимых РПС-1 и носимых облегченных РПС-1а, зарядного устройства АЗУ и пульта лебедчика (сигналиста) ПЛ, который был дополнен устройством ограничения натяжения каната УОНК в составе: датчика контроля натяжения каната ДКНК, устройства контроля натяжения каната УКНК, пульта лебедчика ПЛ2 и блока питания БП. Структурная схема аппаратуры и ее внешний вид показаны на рис. 1 и 2.

Аппаратура АКНК-1 (модификация 03) соответствует требованиям ДСТУ 7113, НПАОП 0.00-1.34–71, ГОСТ 24719–81, ГОСТ 22782.0–81, ГОСТ 22782.5–78, ГОСТ 22782.6–81 и обеспечивает:

- контроль положения рамки на проходческой бадье, выдачу сигнала «Рамка» в машинное отделение;
- выдачу в схему управления подъемной установки сигнала «Рамка» («сухой контакт» с замыканием или размыканием цепи) при срабатывании соответствующих датчиков;
- блокировку сигнала «Рамка» при уходе бадьи от рамки в технологически предусмотренных точках ствола;
- симплексную двухстороннюю радиосвязь машиниста подъема с ремонтным персоналом, находящимся на подъемном сосуде;
- контроль исправности устройств аппаратуры, линий связи (обрыв, короткое замыкание, снижение сопротивления изоляции) и датчиков, степени разряда аккумуляторных блоков питания этих устройств с сигнализацией информации машинисту подъема;
- контроль за натяжением и защитой канатов проходческой лебедки от перегрузок или чрезмерного ослабления натяжения (напуска) посредством защиты, введенной в схему управления электродвигателя лебедки;
- непрерывный контроль натяжения каната при его движении вверх или вниз, а также в состоянии покоя;
- выдачу сигнала на автоматическое отключение контролируемой лебедки в случае превышения или ослабления натяжения каната на более чем 10 % номинального установленного среднего значения;
- выдачу сигнала на автоматическое отключение лебедки при увеличении (ослаблении) натяжения канатов больше (меньше) установленного максимального (минимального) допустимого значения;
- контроль натяжения канатов на лебедках грузоподъемностью 5–10 т с использованием стальных прядных и закрытых канатов диаметром 25 и 29 мм;
- прием машинистом лебедки речевых команд управления, подаваемых по радиоканалу из любой точки ствола.

Аппаратура АКНК-1 (модификация 03) предназначена для применения при проходке и углубке вертикальных стволов шахт и рудников.

Комплект устройств контроля натяжения каната лебедки АКНК-1.03.1 выполняет только

Рис. 2. Внешний вид аппаратуры.

функции ограничения натяжения каната без обеспечения функций модификации 02.

Номинальное (предельное) значение нагрузки на канате – 100 (200) кН. Предельные габаритные параметры аппаратуры – 1000×600×320 мм, масса – 95 кг.

Питание аппаратуры осуществляется от сети напряжением 127–220 В (90–250 В) и частотой 50 Гц.

Исполнение устройств УКНК и ПЛ2 – РН2, IP 54, УХЛ 5, остальных (ДКНК, ДПНК, ДМНК, БП) – общего назначения.

Датчик контроля натяжения каната ДКНК с закрепленным на нем устройством контроля натяжения УКНК подвешивается на канате между лебедкой и направляющим шкивом и закрепляется посредством кардана на установочных швеллерах шкива.

Пульт лебедчика ПЛ2 с блоком питания БП устанавливается вблизи лебедки в месте расположения руководителя работ (пульта управления лебедкой).

Датчик контроля натяжения каната ДКНК состоит из рамы, подвижного рычага, пружинного блока и кардана. На раме закреплены два направляющих роликовых блока, подвижной рычаг с отклоняющим роликовым блоком и пружинный блок, прижимающий рычаг к контролируемому канату. Вблизи пружинного блока на раме закреплены устройство контроля натяжения каната УКНК, датчики предельного ДПНК и минимального ДМНК натяжения.

Под действием пружины рычаг с отклоняющим роликовым блоком смещается и изгибает участок каната между направляющими роликовыми блоками. Прогиб каната и соответственно отклонение рычага, пропорциональные натяжению каната, фиксируются устройством контроля натяжения каната УКНК. При изменении нагрузки на канат он выпрямляется или больше изгибается (при увеличении или уменьшении нагрузки), воздействуя на рычаг, который тоже отклоняется, что фиксируется УКНК. При отклонении нагрузки более чем на 10 % установленного среднего значения лебедка отключается.

Отключение лебедки (аварийное) также происходит в случае превышения нагрузки на канат более предельно установленной (150–250 кН) датчиком ДПНК и при снижении менее предельно установленной (20 кН) – датчиком ДМНК.

Устройство контроля натяжения каната УКНК состоит из датчика линейного перемещения ДЛП, адаптера датчика линейного перемещения А и табло сигнального ТС, размещенных в пластмассовом корпусе. В устройство входит также блок установок БУ, подключаемый к УКНК посредством разъема. Устройство контроля УКНК с помощью шахтного кабеля связи подсоединено к пульту лебедчика ПЛ2. Табло сигнальное ТС осуществляет индикацию натяжения каната трехзначным цифровым индикатором, а также одним из трех индикаторов «Норма», «Мало» и «Много». Пульт лебедчика ПЛ2 выполняет индикацию натяжения каната одним из этих индикаторов и звуковую сигнализацию перехода натяжения каната в аварийное состояние, а также воспроизводит речевые команды управления, подаваемые лебедчику по радиоканалу с любой точки ствола.

Блок питания БП предназначен для питания УКНК и ПЛ2 стабилизированным напряжением 12 В от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 127–220 В.

Датчик аппаратуры ДКНК проходил испытания в испытательном центре МакНИИ на аттестованной испытательной машине ГРМ-1 при статическом натяжении стальных канатов: диапазон нагрузок 10–200 кН, канаты стальные 25,0-ГЛ-В-Н-1770 (ГОСТ 16828–81) и 29,0-ГЛ-В-Л-НР-1570 (ГОСТ 7668–80). Подтверждена линейная зависимость отклонения рычага (0–80 мм) от натяжения каната (10–200 кН).

Эксплуатационные испытания аппаратуры контроля напуска каната АКНК-1 в режиме ограничения его натяжения (модификация 03) проводились в соответствии с Программой и методикой эксплуатационных испытаний АКНК1.015.000.01 ПМ3 в период с 7 июня по 28 сентября 2014 г. в ПАО «Кривбассжелезрудком» (г. Кривой Рог) в вертикальном стволе на шахте «Гвардейская», а также при углубке шахты «Новая» на горизонте 1350 м (головной канат Ø 25 мм ГОСТ 16828–81, лебедка ЛПЭ 5, глубина ствола 207 м).

Цель эксплуатационных испытаний аппаратуры в режиме ***ограничения натяжения каната*** – оценка ее работоспособности в условиях эксплуатации, выявление конструктивных и эксплуатационных недостатков, выработка рекомендаций для принятия решения о возможности функционирования аппарату-

ры при контроле натяжения канатов проходческих лебедок.

После работ по установке серийного образца аппаратуры АКНК-1 в режиме ограничения натяжения канатов проходческих лебедок проведено опробование. В соответствии с полученными данными наблюдений установлено, что аппаратурой обеспечивается:

- контроль изменения натяжения каната в определенных техническим заданием и ТУ У 32.2-24811358-001:2007 (Изменения 2) пределах натяжения;
- автоматическое отключение лебедки при увеличении или ослаблении натяжения канатов более чем на 10 % номинального установленного среднего значения;
- отключение контролируемой лебедки при увеличении (ослаблении) натяжения канатов больше (меньше) установленного максимального (минимального) допустимого значения (при срабатывании датчиков ДПНК и ДМНК);
- непрерывный контроль натяжения каната при его движении вверх или вниз, а также в состоянии покоя.

Во время испытаний выявлены и устранены следующие конструктивные и эксплуатационные недостатки:

- при технологическом перемещении полка наблюдалось проскальзывание каната, проходящего через роликовый блок – на осях роликов подшипники трения заменены на подшипники качения;
- отсутствовала звуковая сигнализация отклонения нагрузки более чем на 10 % установленного среднего значения – в пульт лебедчика ПЛ-2 введен звуковой сигнализатор запредельного отклонения нагрузки;
- отсутствовала возможность передачи речевых сообщений (команд управления) оператору лебедки (лебедчику) из забоя (с проходческого полка) по радиоканалу аппаратуры АКНК-1 – пульт ПЛ-2 дополнен функцией воспроизведения речевых радиосообщений, принимаемых радиостанцией машиниста подъема из забоя (с проходческого полка);
- трансформаторный блок питания аппаратуры работал только от сети переменного тока напряжением 220 В – в доработанном блоке питания предусмотрена возможность питания аппаратуры от сети переменного тока напряжением 127–220 В.

Выводы. Испытания показали работоспособность устройств контроля натяжения каната проходческой лебедки аппаратуры АКНК-1 (модификация 03). Приемочная комиссия рекомендовала ее к серийному производству. Аппаратура позволяет повысить безопасность работ в стволах шахт и рудников.

Опыт эксплуатации в ПАО «Кривбассжелезрудком» показал высокую эффективность аппаратуры, надежность и удобство технического обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бежок В. Р.* Шахтный подъем: [науч.-производ. изд.] / В. Р. Бежок, В. И. Дворников, И. Г. Манец, В. А. Пристром; общ. ред. Б. А. Грядущий, В. А. Корсун. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2007. – 624 с.
2. *Единые* правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом: НПАОП 0.00-1.34–71. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1977. – 223 с.
3. *Правила* безопасности в угольных шахтах: ДНПАОП 10.0-1.01–10. – К.: Госнадзорохрантруда, 2010. – 398 с.
4. *Правила* технической эксплуатации проходческих лебедок и подвесного оборудования. – Харьков: ВНИИОМШС, 1984. – 116 с.
5. *Машины* и оборудование для шахт и рудников: справочник / С. Х. Клорикьян, В. В. Старичнев, М. А. Сребный [и др.]. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2000. – 471 с.
6. *Руководство* по определению величин натяжения направляющих канатов при проходке стволов шахт. – Харьков: ВНИИОМШС, 1970. – 48 с.
7. *Казаков В. А.* Аппаратура контроля напуска каната АКНК-1 / В. А. Казаков, А. С. Левицкий // Уголь Украины. – 2014. – № 2. – С. 23–26.