

УДК 621.315.22

© М.В. Гришин, 2017

М.В. ГРИШИН

канд. техн. наук,

заведующий лабораторией

АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово

e-mail: mvgrishin@gmail.com



ЗАЩИЩЕННОСТЬ ШАХТНЫХ СИЛОВЫХ ГИБКИХ КАБЕЛЕЙ ОТ РАЗДАВЛИВАНИЯ

В статье показано, что безопасность применения гибкого шахтного кабеля в случае повреждения при раздавливании определяется его конструкцией, которая под действием электрических защит обеспечивает отключение кабеля до его полного разрушения и образования опасного искрения.

Ключевые слова: ШАХТНЫЕ ГИБКИЕ КАБЕЛИ, ЭКРАНИРОВАНИЕ, РАЗДАВЛИВАНИЕ, ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ОТКЛЮЧЕНИЕ.

Силовой гибкий кабель остается наиболее опасным элементом шахтного электрооборудования с точки зрения возможности возникновения источника воспламенения метана. Наиболее характерным повреждением является передавливание (смятие) при перемещении горного оборудования или обрушении пород. В связи с этим в пункт 417 ПБ в угольных шахтах [1] были внесены требования к конструкции кабелей по обеспечению их отключения в случае раздавливания еще до повреждения изоляции основных жил. Однако наиболее приемлемая для выполнения этого условия конструкция кабеля с гибкой металлической броней и специальным дополнительным блоком защиты вызывает значительные трудности [2] и, прежде всего, снижает надежность самого кабеля. Вместе с тем безопасность применения гибкого кабеля в условиях горных выработок со слоевыми скоплениями метана может быть обеспечена и другими способами.

В связи с этим для решения проблемы взрывобезопасности гибкого кабеля предлагается выполнение двух взаимосвязанных

условий, которые основываются как на совершенствовании самой конструкции кабеля, так и надежности электрических защит:

1) Повышение стойкости к раздавливанию до 5–10 т, причем без снижения других механических характеристик, таких как гибкость, ресурс на изгиб и кручение.

2) В случае превышения предельной нагрузки раздавливания (обрушение породы, передвижка секций и пр.) должно произойти отключение кабеля существующей защитой от однофазных замыканий (реле утечки). Причем важно, чтобы до момента срабатывания защиты не происходило разрушения кабеля и возникновения открытой искры.

Конечно, эти условия формально не полностью соответствуют п. 417 ПБ в угольных шахтах, где указано, что кабель следует отключать до повреждения изоляции. Однако конечная цель — устранение источника воспламенения — достигается без снижения надежности конструкции самого кабеля и за счет действующих относительно совершенных электрических защит контроля изоляции. Подтверждением этого могут быть и вышед-

шие разъясняющие письма Ростехнадзора № 13-00-03/221 от 13.07.2017 г. и № 13-00-04/252 от 01.09.2017 г., в которых приводятся временные меры, уже направленные «на снижение самой вероятности образования при повреждении кабеля открытой искры за счет конструкции кабеля и использованных при его изготовлении материалов, обеспечивающих повышение гибкости, долговечности и надежности кабелей».

Шланговая оболочка — основной элемент конструкции, обеспечивающий механическую прочность кабеля. Чтобы сделать кабель механически прочным, конструкция должна предусматривать двухслойную оболочку, упрочненную оплеткой из полиэфирных нитей или кевларового волокна. Однослойные оболочки имеют невысокую стойкость к механическим повреждениям, небольшие трещины и порезы на поверхности шланга приводят к повреждению кабеля до токопроводящих жил.

Усиление механической прочности кабеля также связано с использованием профилированного эластичного сердечника, который уменьшает давление на основные жилы ввиду прокладки их на большую площадь вогнутой поверхности сердечника, в противоположность тому концентрированному давлению, которое имеет место, когда выпуклые поверхности проводников соприкасаются друг с другом.

Для обеспечения опережающего отключения в момент превышения предельной раздавливающей нагрузки изолированные жилы кабеля должны находиться в пространстве профилированных полупроводящих экранов сердечника и внутренней оболочки (заполнения) кабеля. Так как механическая прочность изоляции ниже прочности оболочки, то при предельном раздавливании будет повреждаться изоляция внутри кабеля, что вызовет срабатывание защиты и снятие напряжения. Поэтому дальнейшее раздавливание и разрушение кабеля будет происходить уже после его отключения.

С целью обеспечения безопасности при случайном раздавливании гибкого шахтного кабеля под напряжением можно рекомендовать следующие особенности конструкции:

- наличие в оболочке упрочняющего элемента из синтетических нитей или стальных и медных проволок;
- наличие в центре кабеля опорного элемента в виде гибкого профилированного сердечника из полупроводящего материала;
- внутренняя оболочка или заполнение кабеля выполнено из полупроводящего материала.

Примеры таких конструкций кабелей показаны на рис. 1.



Рис. 1. Примеры конструкции гибких шахтных кабелей с повышенной защитой от раздавливания: а — кабель марки КГЭПШ (ТУ 16.К73.050-98); б — кабель марки NTSKCGWÖU 0,6/1 kV (DIN VDE 0250 p. 813)

Критерием защищенности шахтных гибких кабелей от раздавливания являются испытания. В настоящее время технические условия на отечественные кабели не содержат требований к стойкости на раздавливание. Вместе с тем в стандартах 1930–1970 гг. такие требования существовали. Так, в разработанном М.И. Озерным стандарте [3] испытание гибкого кабеля на раздавливание производится следующим образом. Отрезок кабеля длиной 1,5–2 м укладывается поперек двух рельсов и через него проезжает четыре раза 7-тонная вагонетка или тележка со скоростью 1 м/сек. При указанных испытаниях, во время которых кабель находится под рабочим напряжением, не должны иметь место замыкания между жилами, а также между жилами и рельсовым путем.

В ГОСТ 5013-49 «Кабели шахтные гибкие шланговые» этот вид испытаний имитировал деформации, которым подвергаются кабели при наезде вагонеток, комбайнов и других машин в условиях эксплуатации [4]. Испытание кабелей на раздавливание производят на отрезке кабеля, уложенном между матрицами гидравлического пресса, из которых профиль одной соответствует профилю рудничного рельса типа 24 кг/м, а другой — профилю колеса шахтной вагонетки. Ось матрицы и ось кабеля должны пересекаться под прямым углом. Путем постепенного нагнетания жидкости в гидравлическую систему кабель сжимают до тех пор, пока не произойдет замыкание между жилами, находящимися под рабочим напряжением переменного тока частотой 50 Гц. При замыкании между жилами фиксируют давление по манометру. Такие испытания производят на участках кабеля, расположенных друг от друга на расстоянии 150–200 мм. После испытания поврежденные участки кабеля отрезаются. Кабель считают выдержавшим испытание, если среднее ариф-

метическое результатов испытания в пяти местах будет не менее 3 Т.

В действующем ГОСТ 12182.6-80 [5] передевливание кабеля осуществляется гидравлическим прессом между цилиндром диаметром 30 мм и плоскостью.

Оценку безопасности гибкого кабеля в случае его раздавливания можно производить на гидравлическом прессе (рис. 2) на основе методики действующего ГОСТ 12182.6-80.



Рис. 2. Гидравлический пресс для раздавливания кабелей
ПАО «НИКИ г. Томск»

Дополнительно предлагается следующая методика испытаний. Перед раздавливанием на испытываемый отрезок кабеля подается рабочее напряжение и подключается электрическая защита. Процесс сжатия кабеля происходит до момента повреждения изоляции и отключения пресса под действием защиты. Фиксируется предельное значение раздавливающей нагрузки, а затем изучается состояние кабеля. Если оболочка осталась целой, а замыкание произошло внутри кабеля на заземленные экранированные части, то это должно обеспечивать отсутствие внешнего искрения и безопасность эксплуатации гибкого кабеля в условиях подземных выработок со слоевыми скоплениями метана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безопасности в угольных шахтах: федер. нормы и правила в обл. пром. безопасности (с изменениями на 31 окт. 2016 г.) // Электронный фонд нормативной и правовой документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499060050> (дата обращения: 21.10.2017).
2. Гришин М.В. О совершенствовании конструкции шахтных гибких кабелей и их оценке как источника воспламенения метана // Вестник ВостНИИ. — 2017. — № 2. — С. 50–55.
3. Озерной М.И. Стандартизация гибких кабелей для подземных выработок каменноугольных шахт. — Харьков: Вугілля і руда, 1932. — 44 с.
4. Озерной М.И., Соболев В.Г. Шахтные гибкие кабели. — М.: Недра, 1966. — 256 с.
5. ГОСТ 12182.6-80. Кабели, провода и шнуры. Метод проверки стойкости к раздавливанию. — Введ. 01.01.1982. — М.: Филиал ИПК Издательство стандартов — тип. «Московский печатник», 2003. — 7 с.

UDC 621.315.22

© M.V. Grishin, 2017

M.V. Grishin

Candidate of Technical Sciences,

Laboratory Head

JSC «NC VostNII», Kemerovo

e-mail: mvgrishin@gmail.com

PROTECTION OF FLEXIBLE MINING CABLES FROM CRUSHING

The construction of flexible mining cables in cases of crushing damages determines its safe use. The construction, which is under electric protection, produces the cable disconnection till its complete destruction and hazard sparks production.

Key words: FLEXIBLE MINING CABLE, SCREENING, CRUSHING, ADVANCED DISCONNECTION.

REFERENCES

1. Pravila bezopasnosti v ugolnykh shakhtakh: feder. normy i pravila v obl. prom. bezopasnosti (s izmenenijami na 31 okt. 2016.) (Safety Rules in Coal Mines: Federal Norms and Rules in the Field of Industrial Safety) // Jelektronnyj fond normativnoj i pravovoj dokumentacii. URL: <http://docs.cntd.ru/document/499060050> (accessed date: 21.10.2017).
2. Grishin M.V. O sovershenstvovanii konstrukcii shakhtnykh gibkikh kabelej i ikh ocenke kak istochnika vosplamnenija metana (Improvement of flexible mining cables design and their estimation as the source of methane ignition) // Vestnik VostNII, 2017. № 2. pp. 50–55.
3. Ozernoj M.I. Standartizacija gibkikh kabelej dlja podzemnykh vyrabotok kamennougolnykh shakht. Harkov: Vugillja i ruda, 1932. 44 p.
4. Ozernoj M.I., Sobolev V.G. Shakhtnye gibkie kabeli. M.: Nedra, 1966. 256 p.
5. GOST 12182.6-80. Kabeli, provoda i shnury. Metod proverki stojkosti k razdavlivaniju (Cables, wires and cords. Method of control of crushing resistance). Vved. 01.01.1982. M.: Filial IPK Izdatelstvo standartov — tip. «Moskovskij pechatnik», 2003. 7 p.