

## НЕКОТОРЫЕ ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАБЕЛЕЙ РУЧНЫХ ЭЛЕКТРОСВЕРЛ

В. М. ВЫСОЦКАЯ, В. И. ЕЛГАЗИН

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

Наиболее часто встречающейся причиной аварии ручных электро-сверл является повреждение их кабелей во вводе. Этот вид аварии особенно опасен, если электрифицированный инструмент эксплуатируется во взрывоопасной среде. К такому инструменту, в частности, относятся и ручные электросверла, применяемые для бурения шпуров в горнодобывающей промышленности. Указанные сверла работают под щитами, в печах, в лавах, т. е. в местах наибольшего скопления метана и угольной пыли. Кабели этих сверл находятся в наиболее неблагоприятных условиях. Они постоянно перемещаются вдоль забоя, подвергаясь систематическому изгибу и случайным механическим воздействиям.

Как показали наши наблюдения, срок службы применяемого для этой цели бурильного кабеля типа ГРШС  $3 \times 4 + 1 \times 2,5 \text{ мм}^2$  колеблется от нескольких смен до 2—3 недель. Затем наступает излом жил, часто сопровождающийся их коротким замыканием, которое может воспламенить взрывоопасную окружающую среду.

Анализ характера развития аварии бурильного кабеля показал, что под действием систематического изгиба в проволоках жил возникают напряжения, опасные для целостности металла, и начинается разрушение жил. В первую очередь разрушаются жилы, находящиеся на вогнутой части участка кабеля. Это объясняется тем, что растяжение для жил менее опасно, чем сжатие, так как последнее приводит к продольному изгибу. Рассматривая места обрыва, можно заметить, что обрыв наступает вследствие  $z$ -образной деформации.

По мере излома проволок их загнутые острые концы, воздействуя в момент изгиба на изоляцию жилы, прокалывают ее. Подобное же явление происходит и с соседней жилой. Этот момент хорошо виден на рис. 1, где изоляция нижней жилы уже проколота, а верхней—вспучена и скоро будет нарушена. Образовавшиеся при коротком замыкании расплавленные куски меди прожигают и воспламеняют шланговую оболочку.

Проведенные нами исследования показали, что основной причиной быстрого повреждения кабеля является его неудовлетворительная конструкция. Выбор конструкции кабеля необходимо тесно увязать

с условиями его эксплуатации, что не было сделано при проектировании существующего бурильного кабеля.

Качество кабеля, в первую очередь, определяется его правильным геометрическим построением, выбором необходимого диаметра проволоки и угла свивки проволок в стренгах, а стренг в жиле. Не менее важным является установление угла свивки жил в кабеле. Угол свивки и, как следствие этого, шаг свивки, принятый для изготовления кабеля, в значительной мере влияют на отдельные его

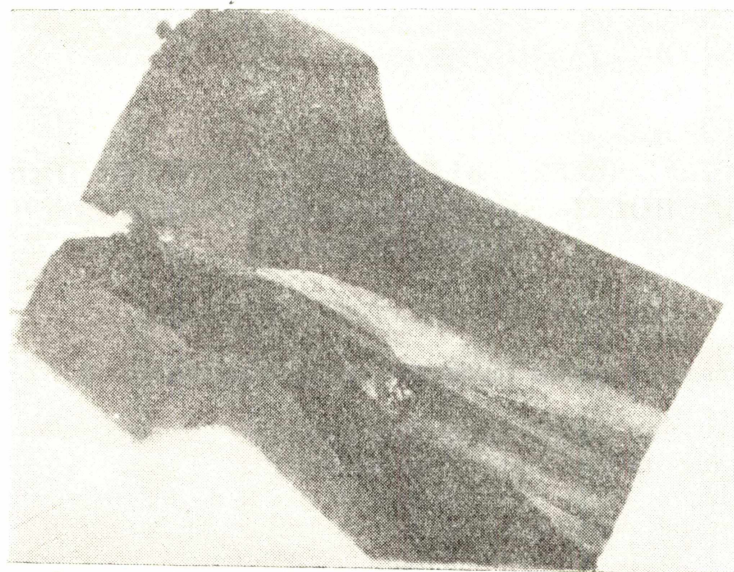


Рис. 1. Момент развития аварии в кабеле ГРШС  $3 \times 4 + 1 \times 2,5$  мм<sup>2</sup>.

свойства: прочность, упругость, гибкость. Кабели, подверженные систематическим изгибам, что в первую очередь относится к кабелям, устанавливаемым на ручные бурильные машины, должны выполняться с минимально возможным шагом скрутки жил. Так, в Англии, в соответствии с Британским стандартом, шаг навивки жил предусмотрен от 2,5 до 6 наружных диаметров кабеля, в то время как кабель марки ГРШС  $3 \times 4 + 1 \times 2,5$  мм<sup>2</sup> имеет шаг скрутки, равный 12,2 диаметра кабеля.

Уменьшение шага скрутки необходимо для того, чтобы каждая жила в зоне изгиба была расположена попеременно сверху и снизу от оси. Это, во-первых, уменьшает растягивающие и сжимающие нагрузки, которые частично заменяются менее опасными нагрузками кручения жил, и, во-вторых, что самое основное, ведет к компенсации растягивающих нагрузок сжимающими. Действительно, один и тот же виток жилы в одном месте стремится удлинить, а в другом — сжаться. Результатом этого является некоторое перемещение его вдоль своей оси без наличия остаточной деформации. Но такое перемещение может иметь место лишь при наличии хорошей подвижности элементов кабеля. В кабеле ГРШС этого нет. Здесь как жила относительно своей изоляции, так и изоляция жилы по отношению к шланговой оболочке при изгибе не имеют возможности перемещаться вследствие их прочного сцепления.

Недостаточная подвижность элементов кабеля объясняется тем, что при наложении резиновой изоляции горячим способом (на шприц-прессах) большое количество разогретой резины западает между проволоками.

Кроме конструкции кабеля, на механическую прочность жил влияет и конструкция кабельного ввода. Недостатком существующей конструкции кабельного ввода ручных электросверл являются способ крепления кабеля и неудобство его зарядки. Крепление кабеля осуществляется местным пережатием с помощью зажимного кольца. При этом механическое усилие затяжки передается через оболочку кабеля на жилы и ликвидирует их частичную подвижность.

При изгибе кабеля жилы, не имея возможности перемещаться вдоль оси, деформируются и, как следствие, ломаются.

Работа над увеличением долговечности и безопасности эксплуатации бурильного кабеля ручных электросверл проводилась нами совместно с Томским филиалом НИИКП и электромеханическим заводом имени В. В. Вахрушева.

Для ликвидации пережатия жил и уменьшения деформации в месте выхода кабеля из сверла было решено применить специальное крепление кабеля только за наружную защитную оболочку без передачи механического усилия затяжки на жилы, а также повысить жесткость шланговой оболочки.

Идея крепления кабеля заключается в том, что на вводный конец кабеля крепится дополнительное конусообразное резиновое покрытие с буртом (рис. 2). Бурт предназначен для предохранения кабеля от

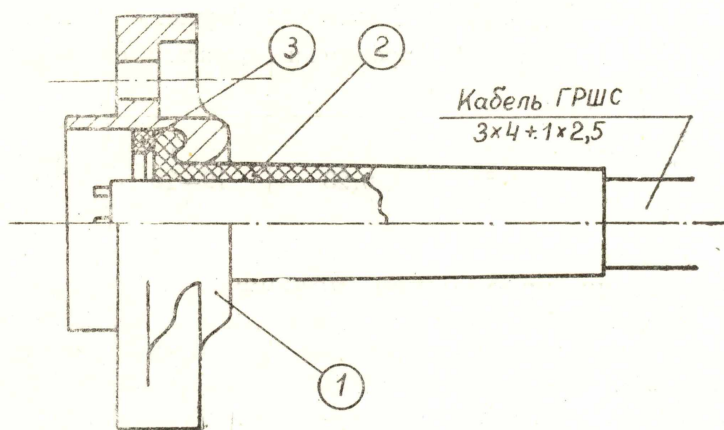


Рис. 2. Улучшенная конструкция кабельного ввода с дополнительным защитным резиновым покрытием: 1 — кабельная воронка; 2 — конусообразное резиновое покрытие; 3 — уплотнительная шайба.

возможности выдергивания и для уплотнения стыка, а конус для создания увеличенной жесткости участка кабеля, наиболее подверженного изгибу. Резиновое покрытие предполагалось делать путем гуммирования или же путем приклейки заранее отвулканизированной заготовки.

Опытные образцы резинового покрытия были выполнены путем нагуммирования на кабель.

Промышленные испытания опытных образцов кабельного ввода проводились в наиболее тяжелых условиях щитовых забоев на пластах крутого падения в городе Прокопьевске. Испытания были сравнительными и проводились по специальной методике. На основании полученных данных можно сказать, что проведенная модернизация кабельного ввода позволила увеличить срок службы кабеля примерно в 2,5 — 3 раза.

Основное внимание при разработке новых конструкций бурильного кабеля было обращено на увеличение механической прочности жил.

Были разработаны три разновидности кабеля: КТГ  $4 \times 4 \text{ мм}^2$ , ГИ  $4 \times 4 + 1 \times 10 \text{ мм}^2$  и ГИ  $5 \times 4 \text{ мм}^2$ .

Кабель КТГ  $4 \times 4 \text{ мм}^2$  по количеству жил соответствует серийному кабелю ГРШСН  $3 \times 4 + 1 \times 2,5 \text{ мм}^2$ , но отличается повышенным сечением заземляющей жилы, а также системой скрутки жил.

Кабель ГИ  $4 \times 4 + 1 \times 10 \text{ мм}^2$  предназначен для установки на электрифицированный инструмент, работающий с дистанционным управлением. Он имеет новую спиральную систему скрутки токопроводящих жил, обладающих повышенной стойкостью к изгибам и кручениям, а также имеет увеличенное сечение заземляющей жилы.

Кабель ГИ  $5 \times 4 \text{ мм}^2$  выполнен облегченным. Его конструкция подобна кабелю ГИ  $4 \times 4 + 1 \times 10 \text{ мм}^2$ . Заземляющая жила кабеля более гибка, чем силовая. Этим обеспечивается ее повышенная механическая прочность.

Характеристики кабелей КТГ и ГИ в сравнении с кабелем ГРШС приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Марка кабеля	Шаг скрутки жил (диаметр кабеля)	Диаметр проволоки	Диаметр шланга, мм	Вес, кг/км	Примечание
ГРШС $3 \times 4 + 1 \times 2,5 \text{ мм}^2$	12,2	0,32	21,8	620	большая подвижность жил
ГИ $5 \times 4 \text{ мм}^2$	4,5	0,23	19—20	639	
КТГ $4 \times 4 \text{ мм}^2$	12,8	0,32	18	474	

Для обеспечения наибольшей подвижности изолирование токопроводящих жил нового кабеля производилось на холодном прессе, причем при скрутке и ошланговывании жил производилось их обильное талькирование. Проводники кабеля подвергались лужению, что, помимо увеличения подвижности жил относительно изоляции, в значительной степени улучшило микроструктуру металла.

Опытные образцы кабеля испытывались на шахте им. Калинина треста „Прокопьевскуголь“. Испытания показали, что проведенные мероприятия, направленные на увеличение механической прочности кабеля, привели к желаемому результату. Если серийный кабель ГРШС  $3 \times 4 + 1 \times 2,5 \text{ мм}^2$  работал при испытании до обрыва жил 3—4 дня, то опытные образцы трех разновидностей кабеля, проработав в среднем по 20 дней каждый, не вышли из строя.

Последующее вскрытие кабелей показало, что только у кабеля КТГ  $4 \times 4 \text{ мм}^2$  имелось частичное повреждение токоведущих жил (14%), в кабелях же ГИ  $4 \times 4 + 1 \times 10 \text{ мм}^2$  и ГИ  $5 \times 4 \text{ мм}^2$  все проволоки в жилах были целыми.

Проведенные нами впоследствии испытания моделей кабеля со сплошной спиральной скруткой жил (наподобие пружины) показали огромное увеличение срока службы кабеля по сравнению с серийным (в 60—70 раз). Но даже и такое огромное увеличение срока службы кабеля полностью не исключает возможность повреждения кабеля и появление открытого очага пламени, поэтому наряду с увеличением механической прочности жил кабеля следует разрабатывать облегченные конструкции экранированного кабеля и надежную аппаратуру защиты.