

УДК 622.621.31-213.34:622.86

В. М. Друй, Г. И. Разгильдеев

РАСЧЕТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДНИЧНОГО ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДО ПРОВЕДЕНИЯ РЕВИЗИИ СРЕДСТВ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ

В угольных шахтах, опасных по газу и пыли, основой электрификации производственных процессов служит рудничное взрывобезопасное электрооборудование (РВЗЭО) – взрывозащищенное электрооборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при признанных вероятных повреждениях, определяемых условиями эксплуатации, кроме повреждений средств взрывозащиты (СВЗ).

Из этого определения (ГОСТ Р 51330.0) очевидно, что основным условием безопасного применения РВЗЭО является безопасное состояние СВЗ.

Для сохранения свойств безопасности РВЗЭО в процессе эксплуатации нормативными документами (НД) предусмотрено техническое обслуживание в виде осмотров с регламентированной периодичностью:

- лицами, работающими на машинах и механизмах и дежурными электрослесарями – ежеминутно;
- механиком участка (его заместителем) – еженедельно с занесением результатов в оперативный журнал участка;
- главным энергетиком (главным механиком) шахты или назначенным им лицом – не реже одного раза в три месяца с занесением результатов в «Книгу регистрации состояния электрооборудования и заземления»;
- специальной группой электрослесарей шахты под контролем главного энергетика (главного механика) шахты или назначенного им лица по графику, утвержденному техническим руководителем шахты [1].

Перед спуском в шахту электрооборудование (ЭО) должно подвергаться ревизии и проверке его взрывобезопасности в порядке, установленном Гостротехнадзором России и отраженным в [2].

Опыт и выполненные исследования, в том числе НЦ ВостНИИ и в ГУ КузГТУ свидетельствуют, что действующая система осмотров не исключает эксплуатации РВЗЭО с поврежденными СВЗ, то есть в опасном для окружающей взрывоопасной среды состоянии.

Исследования, выполненные в 2006 – 2008 гг. в КузГТУ на шахтах Кузбасса [3], показали, что повреждения СВЗ при эксплуатации РВЗЭО являются следствием нескольких причин, основны-

ми из которых являются:

- ошибочные или преднамеренные действия персонала при выполнении демонтажно-монтажных работ, при первичном монтаже и при переноске ЭО на новое место установки вслед за подвиганием горных работ;
- ошибочные или преднамеренные действия персонала при ремонтах в случае отказов ЭО в порядке текущей эксплуатации;
- коррозия (ржавчина) на взрывозащитных поверхностях РВЗЭО из-за отсутствия антикоррозийных покрытий и низкой эффективности применяемых средств ее предотвращения.

Из числа приведенных выше периодических осмотров выявить повреждения СВЗ, вызванные ошибочными или преднамеренными действиями персонала, можно при еженедельных осмотрах механиком участка (его заместителем) при условии вскрытия оболочек и кабельных вводов ЭО, которое оказалось под воздействием оперативного или оперативно-ремонтного персонала, то есть это ЭО, оболочки или кабельные вводы которого этот персонал вскрывал по разным причинам.

Если механик участка не смог по разным причинам выявить поврежденные СВЗ, то ЭО будет эксплуатироваться в опасном состоянии либо до новой проверки через неделю, либо до ревизии, которую проводят по графику.

Повреждения СВЗ в силу медленных коррозионных процессов могут быть выявлены при централизованных ревизиях РВЗЭО.

Таким образом, действующая периодичность осмотров РВЗЭО с целью проверки исправности СВЗ не привязана к воздействиям, вызванным подвижным характером горных работ и объективным процессам, приводящим к повреждениям СВЗ, и требуют корректировки.

В настоящее время методов расчета периодичности проведения осмотров и ревизий РВЗЭО нет.

В [4] было показано, что РВЗЭО в отличие от ЭО общего исполнения обладает функциональной избыточностью, то есть в процессе эксплуатации выполняет две функции – технологическую (ТФ) и функцию безопасности (ФБ).

Технологическая функция характеризуется отказными признаками, а действующие показатели надежности по ГОСТ 27.002 количественно

Показатели свойств безопасности РВЗЭО

Наименование показателя	Обозначение	Характеризуемое свойство
Вероятность опасного состояния	R_{OC} комплексный	Опасное для эксплуатации состояние
Вероятность исправного состояния	R_{IC} комплексный	Безопасное (исправное) состояние
Вероятность повреждения СВЗ (СВЗ) (вероятность нарушения БФ)	$Q_B(t)$ единичный	Событие, состоящее в повреждении СВЗ (нарушение БФ)
Среднее время восстановления исправного состояния СВЗ	T_{BS} единичный	Ремонтопригодность РВЗЭО и СВЗ
Вероятность восстановления исправного состояния СВЗ	G_R единичный	Ремонтопригодность СВЗ, квалификация персонала и качество выполняемой работы при ТО РВЗЭО
Длительность пребывания РВЗЭО с неисправным СВЗ	T_{OC} единичный	Ремонтопригодность СВЗ, квалификация персонала и качество выполняемой работы при ТО РВЗЭО

выражают все ее свойства.

Методика их получения и применения хорошо отработана и не представляет трудностей [4].

Функция безопасности (ФБ) отказными признаками не обладает и поэтому требует для количественной оценки иного подхода.

В [4] было предложено несколько показателей функции безопасности РВЗЭО, которые в систематизированном виде приведены в таблице.

С помощью этих показателей можно оценить безопасные свойства любого взрывозащищенного электрооборудования или безопасность их применения.

Вероятности исправного состояния R_{uc} СВЗ и опасного состояния R_{oc} для любого вида РВЗЭО могут быть получены расчетным путем, если известны вероятности повреждений СВЗ каждого вида. Определяются они путем статистической обработки результатов ревизий РВЗЭО [5].

Вероятность повреждения одного вида СВЗ при монтажных и демонтажно-монтажных работах P_{Im} также может быть получена расчетным путем.

Среднее время восстановления исправного состояния СВЗ T_{bs} (среднее время ремонта) можно получить статистическим путем для каждого вида СВЗ на ремонтных предприятиях.

Повреждение даже одной единицы СВЗ РВЗЭО переводит его в опасное состояние. Зная вероятность повреждения каждого вида СВЗ для различного РВЗЭО, по теореме умножения вероятностей можно определить вероятность исправного и неисправного состояния вида электрообо-

рудования в целом.

Состояние СВЗ РВЗЭО может быть оценено при экспертизе промышленной безопасности, когда требуется дать заключение о возможности продления срока безопасной эксплуатации [6]. При этом вероятностными методами может быть оценено время его безопасной эксплуатации T_{bs} .

Для вывода аналитической зависимости T_{bs} и его количественного определения введем следующие:

- P_u – вероятность, что РВЗЭО (объект обследования), признанное по результатам обследования исправным, действительно исправен (не имеет поврежденных СВЗ) т.е. это вероятность правильного диагностирования исправного состояния;
- P_p – вероятность исправного состояния РВЗЭО непосредственно в процессе эксплуатации.

Тогда фактическая вероятность исправного состояния равна:

$$P_\phi = P_u \cdot P_p. \quad (1)$$

Допустим, что в процессе эксплуатации повреждения СВЗ возможны (как указано ранее):

- при переносках РВЗЭО на новое место установки (производятся демонтажно-монтажные работы со вскрытием взрывонепроницаемых оболочек) за счет ошибочных или преднамеренных действий ремонтного персонала;

- при восстановлении работоспособности отказавшего РВЗЭО в порядке текущей эксплуатации, когда при отказах вскрываются взрывонепроницаемые оболочки и повреждения СВЗ возможны

также за счет ошибочных или преднамеренных действий персонала.

Обозначив через λ_1 и λ_2 - потоки указанных выше воздействий (потоки повреждений СВЗ), получим вероятность исправного состояния РВЗЭО в процессе эксплуатации (при экспоненциальном законе распределения наработок на повреждение СВЗ):

$$P_p = \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2)t] \quad (2)$$

После подстановки (2) в (1) получаем

$$P_\phi = P_u \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2)t] \quad (3)$$

С помощью соотношения (3) можно получить среднее время исправной работы РВЗЭО (среднее время эксплуатации без повреждений СВЗ), то есть прогнозируемое время T_{ϕ} работы без повреждений СВЗ:

$$\begin{aligned} T_{\phi} &= \int_0^t P_u \cdot P_p(t) dt = \\ &= \int_0^t P_u \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2)t] dt = \frac{P_u \cdot \exp[-(\lambda_1 + \lambda_2)t]}{\lambda_1 + \lambda_2}. \end{aligned} \quad (4)$$

где t – ожидаемое время эксплуатации объекта (РВЗЭО).

Если заключение экспертизы о безопасной эксплуатации РВЗЭО выдается сроком на 3 года, тогда $t = 3 \cdot 8760 = 26280$ час, где 8760 – число ч в году; если в заключении указан срок 2 года, то $t = 2 \cdot 8760 = 17520$ час.

Статистические оценки λ_1 и λ_2 для различного РВЗЭО приведены в [3]. Для магнитных пускателей конвейеров они равны соответственно:

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Правила безопасности в угольных шахтах (ПБ 05-618-03). Серия 05. Выпуск 11 / Кол. авт. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России». 2003. – 296 с.
- Правила безопасности в угольных шахтах. Инструкции. Кн. 2 / Постановление Госгортехнадзора России от 30.12.94 г., №67. – М.: Недра, 1996. – 254 с.
- Разработка руководящего документа, определяющего порядок освидетельствования состояния средств взрывозащиты рудничного взрывозащищенного электрооборудования и устанавливающего сроки и условия его дальнейшей безопасной эксплуатации. Отчет о НИР. Государственный контракт от 22 февраля 2007 г. № 26 – ОП-07. Научн. руковод. д-р техн. наук, проф. Г.И. Разгильдеев. – Кемерово, 2007.
- Разгильдеев Г. И. Безопасность и надежность взрывозащищенного электрооборудования // Разгильдеев Г. И., Серов В. И. – М.: Недра, 1992– 207 с.
- Разгильдеев Г. И., Друй В. М. Метод определения вероятности опасного состояния рудничного взрывозащищенного электрооборудования. // Вестн. Кузбасского гос. тех. унив., № 4, 2008. С. 49-52.
- Положение о порядке продления срока безопасной эксплуатации технических устройств на опасных производственных объектах (РД03-484-02). Серия о3. Выпуск 21 / Кол. авт. – М.: 2005. – 16 с.

$0,765 \cdot 10^{-4}$ и $0,0765 \cdot 10^{-4}$. Подставляя значения λ_1 и λ_2 в (4) при $t = 26280$ получим $T_{\phi} = 10600P_u$.

Метод определения вероятности исправного состояния СВЗ магнитного пускателя P_u и его расчет показан в [5]. Значение ее составляет $R_{uc} = P_u = 0,33$.

Тогда прогнозируемое время безопасной эксплуатации магнитного пускателя составит $T_{\phi} = 10600 \cdot 0,33 = 3498$ час.

Если проводить ревизии с периодичностью 3498 час., то вероятность безопасной работы в годовом цикле будет равна

$$P(3498) = \exp(-3498/8760) = . 0.6776$$

Число ревизий при этом

$$n_p = 8760 / 3498 = 2,5,$$

а периодичность составит

$$T_p = 12 / 2,5 = 4,8 \text{ мес.}$$

Выводы

1. При планировании осмотров РВЗЭО с целью контроля исправного состояния его СВЗ целесообразно исходить из факта действий ремонтного и оперативно-ремонтного персонала, вызванных переноской ЭО на новое место установки или ремонтом в случае отказов в порядке текущей эксплуатации.

2. Периодичность осмотров по графикам, утверждаемых техническим руководителем шахты, может быть рассчитана по прилагаемой методике.

Авторы статьи:

Друй

Владислав Михайлович

- ст. преп. каф. электроснабжения
горных и промышленных
предприятий КузГТУ.
Тел.: 8(3842)39-63-20

Разгильдеев

Геннадий Иннокентьевич

- докт. техн. наук, проф. каф.
электроснабжения горных
и промышленных предприятий КузГТУ,
Email: rgi.egpp@kuztu.ru