

УДК 621.313.333.019.3-213.34.

Надежность комбайновых асинхронных двигателей типа ЭКВК4-220

Приведены результаты эксплуатационных испытаний на надежность двигателей типа ЭКВК4-220, предназначенных для привода исполнительного органа очистных комбайнов УКД200 и УКД200-250.

Разработка и реализация мер по обеспечению заданной надежности взрывозащищенных асинхронных двигателей (АД) для электропривода основных видов горношахтного оборудования нового поколения повышенной энерговооруженности в качестве первого этапа исследований предусматривает эксплуатационные испытания таких АД в целях оценки эффективности использования в их конструкции технических решений, а также оценки влияния качества их изготовления на надежность, проверки применения изделий по их прямому назначению в соответствии с техническими условиями на поставку и проведение своевременного технического обслуживания.

Двигатель ЭКВК4-220 (рис. 1), разработанный ГП «УкрНИИВЭ» по техническому заданию ГП «Донгипроуглемаш», изготавливаемый ЧАО «Горловский машиностроитель» и опытно-экспериментальным производством института [1], один из новых и перспективных типов АД для электропривода исполнительного органа очистных комбайнов повышенной энерговооруженности типа УКД200 и УКД200-250.

Впервые в Украине создан комбайновый асинхронный двигатель высотой корпуса 400 мм и мощностью 220 кВт для режима работы S1 по ГОСТ 183-74, имеющий короткозамкатель для повышения уровня безопасности обслуживания АД и комбайна.

Вращающие моменты двигателя: номинальный – 1424, начальный пусковой – 2844 и максимальный – 3646 Н·м.

Превышение температуры обмотки статора над 25 °С при расходе воды 20 л/мин составляет всего 125 °С. Подобные характеристики обеспечивают как высокую производительность комбайна при выемке пластов угля мощностью 0,85 – 1,3 м, так и достаточную надежность обмотки статора, имеющей изоляцию типа «монолит» класса нагревостойкости H (180 °С) и снабженной двумя термореле типа SQ1.180.05.0300/0300, отключающими АД при его длительной перегрузке. Аналогичные термореле установлены и на подшипниковых щитах.

Известны результаты эксплуатационных испытаний на надежность серийно выпускаемого взрывозащищенного и рудничного электрооборудования для горных машин [2 – 4]. Однако надежность АД нового поколения не исследовали, а в отдельных публикациях (например, в статье [5]) рассматривались первооче-



Б. Н. ВАНЕВ,
канд. техн. наук
(ГП «УкрНИИВЭ»)



А. В. КУКУЛЕВСКИЙ,
инж.
(ГП «УкрНИИВЭ»)

редные задачи изучения видов и причин их отказов для разработки и реализации наиболее актуальных мер по повышению работоспособности первых серийных образцов таких АД.

Цель статьи – исследование эксплуатационной надежности АД нового поколения типа ЭКВК4-220 и оценка соответствия достигнутых во время эксплуатации показателей надежности этого типа АД требованиям, заданным в ТУ [6].

Эксплуатационные испытания АД проводили по методике и требованиям нормативных документов КНД3-09-48-95 [7] и ГОСТ 27.410-87. Испытывали 25 образцов АД, изготовленных опытно-экспериментальным производством ГП «УкрНИИВЭ» в 2009 – 2011 гг. Образцы отбирали на основании данных об от-

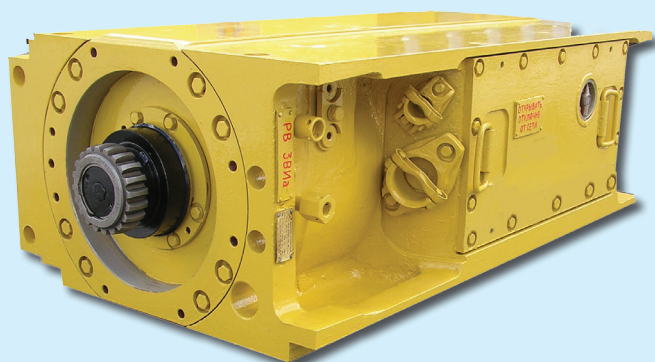


Рис. 1. Электродвигатель типа ЭКВК4-220.

Показатели надежности ЭКВК4-220 [6]

Средний ресурс до первого капитального ремонта T_p , ч	15000
Средняя наработка на отказ T_o , ч	5000
Гамма-процентный срок сохраняемости до переконсервации (при $\gamma = 90\%$) $T_{сох\gamma}$, лет	1
Средний срок службы до списания $T_{сл}$, лет	8
Срок гарантии, лет	1

грузке шахтам как отдельных АД, так и укомплектованных ими комбайнов УКД200 и УКД200-250. Сведения предоставлены опытно-экспериментальным производством ГП «УкрНИИВЭ» и ЧАО «Горловский машиностроитель». Двигатели эксплуатировались на 16 шахтах Днепропетровской, Донецкой и Луганской областей.

По результатам эксплуатационных наблюдений за работой АД совместно с представителями энергомеханических служб шахт составлены акты обследования АД либо заполнены «Опросные листы» по установленной форме [7].

За время испытаний ЭКВК4-220 зафиксировано 12 учитываемых отказов (r_o), из них четыре отка-

за привели к капитальному ремонту (r_k), три неучитываемых отказа произошли по вине персонала шахты. Случаев списания ($r_{сп}$) двигателей не отмечено. Претензий по поводу отказов ЭКВК4-220 за период их хранения ($r_{хр}$) на шахте перед вводом в эксплуатацию также не предъявлялось. Выявленные повреждения и основные отказы АД приведены в табл. 1.

Наработки АД за время наблюдения определяли как в календарном времени (в сутках), так и в часах машинного времени по формуле из КНДЗ-09-48-95 [7]:

$$T_i = t_r D_i / 365 = 2300 D_i / 365 = 6,3 D_i$$

где $t_r = 2300$ ч – нормативная годовая наработка АД очистных узкозахватных комбайнов согласно таблице Б.4 [7];

D_i – наработка i -го испытуемого АД от начала испытаний до отказа или до окончания наблюдений за работоспособным АД, сут.

В результате общая наработка всей выборки ЭКВК4-220 составила в календарном времени $D_{\Sigma} = 7494$ сут = 20,5 года, в машинном – $t_{\Sigma} = 6,3 \cdot 7494 = 47212$ ч.

Достигнутые на протяжении эксплуатации значения показателей надежности ЭКВК4-220 оценивали одноступенчатым методом контрольных испытаний в соответствии с ГОСТ 27.410-87, для которого важное значение имеет вид распределения наработок изделий.

Во время ранее проведенных определительных испытаний на надежность близких по конструкции и назначению АД типа ЭКВ4У [2] было установлено, что для их наработок характерно распределение Вейбулла-Гнеденко с параметром формы $b = 1,2$

Таблица 1

Вид отказа или повреждения	Количество отказов или повреждений	
	шт.	%
Износ подшипников	8	25,0
Поломка короткозамыкателя	7	21,8
Износ зубчатых полумуфт	5	15,5
Корпусное замыкание обмотки	3	9,4
Поломка:		
лопаток внутреннего вентилятора	2	6,3
вала	2	6,3
силовой клеммной колодки	2	6,3
Снижение сопротивления изоляции	2	6,3
Дефект вала	1	3,1

Таблица 2

Показатель	Значение при оценке		
	T_p	T_o	$T_{сл}$
Приемочное значение T_{α}	18000 ч	6000 ч	9,6 года
Браковочное значение T_{β}	4600 ч	2300 ч	2 года
Количество учитываемых отказов r	4	12	0
Расчетные значения:			
T_{α} / T_{β}	3,913	2,609	4,800
$t_{\Sigma} / T_{\alpha} (D_{\Sigma} / T_{\alpha})$	2,620	7,870	2,140
Табличные значения:			
T_{α} / T_{β}	4,032	2,631	4,651
t_{max} / T_{α}	2,613	6,924	1,970
$r_{пр}$	6	12	5

и коэффициентом формы $K_b = 0,94$. Асинхронные двигатели типа ЭКВК4-220 отличаются от ЭКВ4У тем, что в них изоляция класса нагревостойкости F заменена на более надежную класса H , а вместо режима работы $S4$ с частыми пусками АД используются в длительном режиме $S1$ [6]. Это уменьшило скорость старения изоляции, следствием чего стал переход распределения наработок от Вейбулла-Гнеденко к экспоненциальному ($b = 1$; $K_b = 1$), наблюдаемый неоднократно.

Средние показатели надежности T_p , T_o и $T_{сл}$ оценим по плану типа T при следующих исходных данных:

- приемочное значение показателя T_α ;
- браковочное значение показателя T_β ;
- риски поставщика и потребителя $\alpha = \beta = 0,05$;
- количество отказов r (r_k , r_o или $r_{сп}$).

Проведем необходимые вычисления:

отношение приемочного значения показателя к его браковочному значению T_α / T_β ;

отношение опытной суммарной наработки выборки испытуемых изделий к приемочному значению показателя t_Σ / T_α (или D_Σ / T_α).

В соответствии с табл. 4 ГОСТ 27.410-87 при ближайшем к полученному расчетному табличном значении T_α / T_β и рисках $\alpha = \beta$ находим параметры плана испытаний: требуемой относительной наработки – t_{max} / T_α ; предельного допустимого количества отказов – $r_{пр}$.

Если $t_\Sigma / T_\alpha > t_{max} / T_\alpha$ (или $D_\Sigma / T_\alpha > t_{max} / T_\alpha$), а $r \leq r_{пр}$, то в соответствии с ГОСТ 27.410-87 результаты испытаний положительны и ЭКВК4-220 имеют в процессе эксплуатации оцениваемый средний показатель надежности не менее заданного. Результаты оценки средних показателей надежности приведены в табл. 2.

Поскольку во всех случаях расчетные значения t_Σ / T_α (или D_Σ / T_α) больше табличных t_{max} / T_α , а количество отказов r меньше или равно предельному значению $r_{пр}$, то согласно ГОСТ 27.410-87 результаты испытаний положительные и ЭКВК4-220 имеют значения T_p , T_o и $T_{сл}$ не менее заданных.

Гамма-процентный срок сохраняемости до переконсервации $T_{сох \gamma}$ оценим по плану типа P при условии, что согласно статистическим данным среднее время от момента отгрузки комбайновых АД потребителям до их ввода в эксплуатацию составляет $D_{хрi} = 8 \text{ мес} = 0,67 \text{ года}$.

При указанном объеме выборки суммарный срок хранения 25 образцов составил: $D_{хр\Sigma} = 0,67 \cdot 25 = 16,75 \text{ года}$. Тогда в соответствии с ГОСТ 27.410-87 количество полных циклов хранения $n_{хр} = D_{хр\Sigma} / T_{сох \gamma} = 16,75 : 1 = 16$.

По ГОСТ 27.410-87 (табл. 35) при приемочном значении $r_{хр} = C_o = 0$ и рисках $\alpha = \beta = 0,20$ рассматриваемому количеству циклов хранения $n_{хр} = N = 16$ соответствует браковочный уровень доверительной вероятности данного показателя $P_\beta = 0,900$. Поскольку P_β не ниже значения γ ($0,900 = 0,9$), то гамма-процентный срок сохраняемости до переконсервации ЭКВК4-220 равен заданному значению, т. е. одному году при вероятности 90 %.

Вывод. Показатели надежности двигателей типа ЭКВК4-220 в эксплуатации полностью соответствуют требованиям технических условий [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Электродвигатель ЭКВК4-220 для привода угольного комбайна УКД200-250* / [Ю. И. Дмитренко, А. В. Кукулевский, О. Л. Абара и др.] // Взрывозащищенное электрооборудование: сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: Юго-Восток, Лтд, 2006. – С. 295 – 300.
2. *Ванеев Б. Н.* Надежность комбайновых электродвигателей ЭКВ4У с изоляцией «монолит» / Б. Н. Ванеев, В. М. Гостищев, А. Г. Ручкин // Уголь Украины. – 1978. – № 11. – С. 36 – 37.
3. *Захарченко П. И.* Обеспечение надежности асинхронных двигателей / П. И. Захарченко, И. Г. Ширнин, Б. Н. Ванеев, В. М. Гостищев. – Донецк: УкрНИИВЭ, 1998. – 324 с.
4. *Ванеев Б. Н.* Эксплуатационная надежность взрывозащищенного и рудничного электрооборудования по результатам исследований 2005 – 2006 годов / Б. Н. Ванеев, В. М. Гостищев // Взрывозащищенное электрооборудование: сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: Юго-Восток, Лтд, 2007. – С. 402 – 408.
5. *Ванеев Б. Н.* Разработка и реализация мероприятий по повышению работоспособности и других характеристик шахтных электродвигателей нового поколения / Б. Н. Ванеев, А. В. Кукулевский // Взрывозащищенное электрооборудование: сб. науч. тр. УкрНИИВЭ. – Донецк: Юго-Восток, Лтд, 2008. – С. 212 – 215.
6. *Двигатели асинхронные типа ЭКВК4-220*: ТУ У 31.1-00217159-069:2005. – Донецк: УкрНИИВЭ, 2005. – 39 с.
7. *Электрооборудование взрывозащищенное и рудничное.* Надежность. Контроль надежности при эксплуатационных наблюдениях. Планирование, сбор и обработка информации: КНД3-09-48-95. – К.: Минмашпром Украины, 1995. – 40 с.