



Л. А. РОМАНЧУК,
инж.



В. А. КОНОНЕНКО,
инж.



Л. Г. БОРОДУЛИНА,
инж.

История создания электродвигателей для угольных очистных, проходческих комбайнов и скребковых конвейеров

ленную серию комбайнов из пяти машин типа Б6-39, которые работали на шахтах Донбасса до начала Великой Отечественной войны. Впоследствии конструктивные решения А. И. Бахмутского были использованы во многих типах советских комбайнов, таких, например, как «Донбасс», «Горняк» и др.

Другой знаменитый наш земляк – Н. А. Чихачев – изобретатель первого в мире проходческого комбайна. В 1934 г. на базе центральных механических мастерских был изготовлен образец проходческого комбайна Ч-1, в марте-апреле 1936 г. – комбайн Ч-3. Принцип работы исполнительного органа, предложенный Н. А. Чихачевым, использован и в более поздних отечественных конструкциях.

Этот небольшой экскурс в историю создания очистного и проходческого комбайнов, наверно, уместен, чтобы понять историю создания электродвигателей для первых механизмов, обеспечивающих значительный рост производительности труда и увеличение добычи угля.

Проектным планом 1946 г. Гидроэнергопрома СССР предусматривалась организация на заводе производства взрывозащищенных электродвигателей. Первыми из них были электродвигатели, предназначенные для

угольных врубовых машин. В феврале 1947 г. по проектной документации Харьковского электромеханического завода изготовили первые пять электродвигателей МАД-191/11 (рис. 1), за последующие три года – 1626 подобных электродвигателей.

После образования в 1943 г. в Донецке института «Донгипроуглемаш» началось создание более совершенных угольных комбайнов. Благодаря коллективным усилиям научных работников института и механиков шахт угольная промышленность СССР первой в мире перешла к массовому применению угледобывающих комбайнов. Разработанный институтом комбайн «Донбасс» начали серийно выпускать с 1949 г. В разных модификациях он был наиболее совершенной в мировой практике угледобывающей машиной подобного класса. Его широкое применение на шахтах страны в разнообразных горно-геологических условиях показало, что производительность выемки и общую эффективность работы можно повысить за счет дальнейшего совершенствования конструкции и увеличения энерговооруженности.

В 50-х годах взамен электродвигателя МАД-191/11 коллективы Донгипроуглемаша и ПЭМЗ им. К. Маркса создали новый, более мощный и совершенный

Первомайск – типичный шахтерский город на востоке Украины – родина первых очистных и проходческих угольных комбайнов. Один из изобретателей первого очистного комбайна – А. И. Бахмутский, главный механик Первомайского рудоправления. 17 августа 1932 г. в шахте «Альберт» был успешно испытан первый очистной комбайн Б1. После ряда усовершенствований Горловский машиностроительный завод им. С. М. Кирова выпустил в 1939 г. промыш-

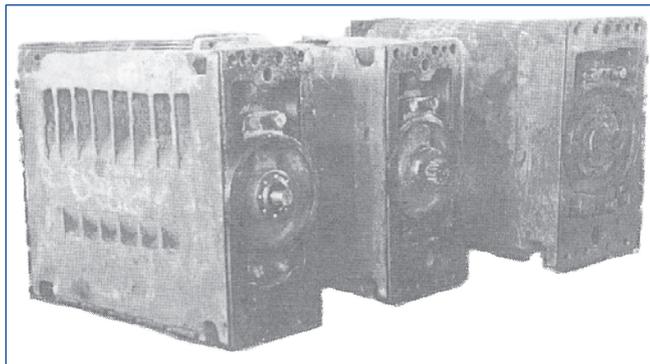


Рис. 1. Электродвигатель МАД-191/11.

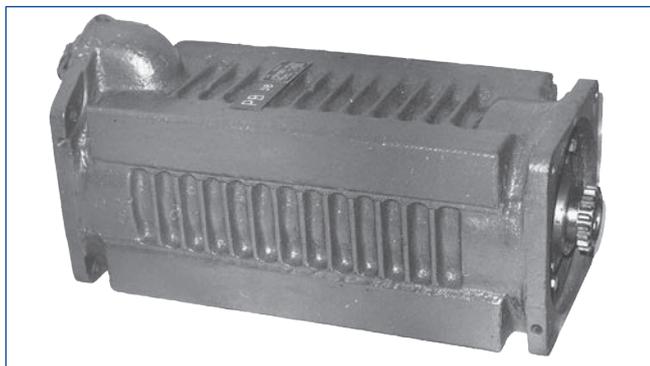


Рис. 2. Электродвигатель ЭДК3,5-Т.

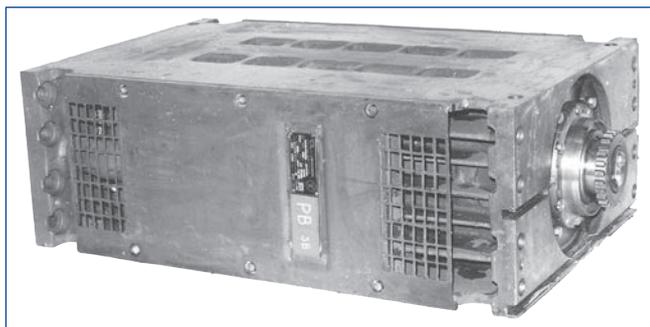


Рис. 3. Электродвигатель ЭДКО4-100.

электродвигатель типа ЭДКО (главный конструктор В. Н. Хорин) с наружным обдувом. Однако совершенствование конструкций и методов эксплуатации комбайнов потребовало дальнейшего повышения мощности электродвигателей. В результате специалисты института и завода разработали электродвигатели серии ЭДК с внутренней вентиляцией часовой мощностью 120 кВт и длительной – до 40 кВт. Повышения мощности комбайновых электродвигателей при тех же габаритах и предельных температурах достигали путем применения тепло-

стойкой кремнийорганической изоляции и других конструктивных и электротехнических новшеств.

Выпустив в 50-е годы уникальные электродвигатели ЭДК-120 для очистного комбайна «Донбасс» и ЭДК-3г для его грузчика, коллективы завода и института заложили основы создания новых электродвигателей для горной техники серий ЭДК и ЭДКО, систематизировав их в параметрический ряд по высоте корпусов 300, 310, 350, 400, 450 мм.

С 1960 г. для привода комбайнов УКР «Темп» выпускали электродвигатели ЭДК3,5-Т (рис. 2), с 1970 г. – ЭДК3,5-ТМ, с 1991 г. – ЭДК 4-40; для привода комбайнов «Кировец», 2КЦТГ – электродвигатели ЭДК4-1, с 1966 г. – ЭДК4-1КМ, по настоящее время – ЭДК4-75; для привода комбайнов 1К101, 2К52, КШ1КГУ с 1963 г. – ЭДКО4-Л, с 1966 г. – ЭДКО4-2М, ЭДКО4-4М; с 1982 г. – ЭДКО4-100 (рис. 3), с 1986 г. – 2ЭДКО4-110, с 1993 г. – 4ЭДКО4-110, с 2001 г. и по настоящее время – 4ЭДКО4-120.

Разработчик двигателей ЭДК3,5-Т, ЭДК4, ЭДКО4 – институт «Донгипроуглемаш». Электромагнитные расчеты, конструкторская документация были выполнены главным конструктором проекта В. Л. Азархом, руководителем бригады Г. Н. Фрадкимым, инженерами А. С. Емченко и А. Г. Исая. Позже комбайновые двигатели разрабатывали В. К. Баций, В. Г. Шейко, Н. А. Василенко, А. К. Перепелюк, Б. Н. Лихтенштейн. На заводе успешно сотрудничали с работниками института В. А. Кононенко, В. Г. Диренко, А. А. Герасимовой, а также Ю. П. Костянец, В. Г. Купершток, Л. А. Романчук, Н. С. Передрий, В. Г. Потаповым, И. В. Фурцевой, Л. Г. Бородулиной, В. Л. Шаповаловой. Все комбайновые двигатели типа ЭДК, ЭДКО4 проходили стендовые испытания в машинной лаборатории ОГК, где в разное время работали М. И. Островский, В. Н. Оприян, В. В. Моисеенко, Л. И. Кравченко, Г. Г. Папук, Л. М. Бурлака, И. В. Журавлев, В. В. Никитченко, А. Ф. Дятлов, Е. И. Старченко.

В 70-х годах начинается широкое освоение комбайновых и струговых двигателей с охлаждением корпуса водой – ЭКВ (Э – электродвигатель, К – комбайновый, В – водяное охлаждение корпуса). Охлаждение водой значительно увеличило их мощность при тех же габаритах. В 1974 г. поставлен на серийное производство двигатель ЭКВ4У для привода комбайна ГШ68 (Горловский машиностроительный завод). Форма корпуса, системы водяных каналов были выбраны очень удачно. В таких корпусах до сих пор выпускают двигатели ЭКВ4У,

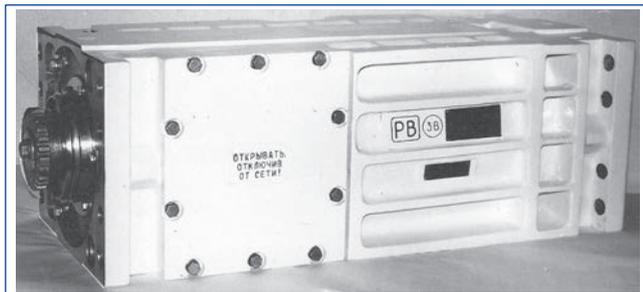


Рис. 4. Электродвигатель ЭКВ4-140.

ЭКВ4УС, ЭКВ4-160-2, ЭКВ4-125-2, ЭКВ4-160-3, ЭКВ4-200, 2ЭКВ4-200, ЭКВ4-125 (ЭКВ4-140) (рис. 4).

Корпус создан работниками Горловского машиностроительного завода (в те годы – главный инженер В. А. Юргилевич, начальник СКБ В. Е. Романенко, начальник отдела А. И. Смирнов, начальник бюро Н. М. Тимошенко, инженеры И. Р. Бабаевский, Т. М. Шапиро).

В 1974 г. в двигателе ЭКВ4У применили систему изоляции «монолит». До этого (некоторые и до сегодня) комбайновые электродвигатели имели класс изоляции Н (нагрев обмотки статора до 180 °С). Основной изоляцией была микалента и пропитка в кремнийорганическом лаке. Система изоляции «монолит» – это лента стеклослюдинитовая непропитанная ЛИ-Ру-ТТ и пропитка в эпоксидной смоле с отвердителем в специальной установке под низким давлением. Возросла надежность изоляции обмотки статора, улучшилась теплоотдача от меди статора к ярму станины и к охлаждающей воде. В разработке и внедрении изоляции «монолит» принимали участие от ВНИИВЭ – заведующий отделом Б. П. Зернов, научный сотрудник В. П. Хорхота, а на заводе – руководитель группы изоляционных работ М. К. Оверчук.

В 1974 г. изготовлены опытные образцы и до 1986 г. серийно выпускали двигатели ЭДКЗ,5-40 для привода комбайна А-70, который предназначался для безлюдной выемки угля.

В эти же 70-е годы впервые прозвучало словосочетание «шахта будущего». Прежде всего – это переход от напряжения питающей сети 660 В на шахтах к 1140 В. Так как рост мощностей комбайновых двигателей при напряжении 660 В привел к значительным и часто недопустимым по аппаратуре, номинальным и пусковым токам, необходимо было перейти на более высокое напряжение. Один из первых двигателей на напряжение 1140 В – ЭКВ4-160-2. Их опытные образцы, изготовленные в 1975 г., серийно выпускали до 1994 г., а затем за-

менили двигателями ЭКВ4-185, предназначенными для очистного комбайна ГШ68Е. В 1975 – 1976 гг. изготовлены опытные образцы двигателей на 1140 В: ЭКВ4-125-2, ЭДКО4-55, ЭКВ5-200-2, ЭКВ4-200, но не все попали в серийное производство.

Для комбайна К103 в 1977 г. завод изготовлял двигатели ЭКВЗ,5-55-2 (в цехах их называли «поросятами» за необычную форму корпуса). После испытаний комбайна и двигателей, корректировки документации с 1984 г. начинается серийный выпуск для этого комбайна двигателей ЭКВЗ,5-75. Мощность увеличилась с 55 до 75 кВт, но и такой было недостаточно, поскольку на комбайне устанавливали два двигателя на режущую часть.

В 1988 г. институт ВНИИВЭ (Ю. И. Дмитренко, Л. Б. Ландкоф, А. К. Бондаренко, И. Е. Краснопольский) разработал электродвигатели 2ЭКВЗ,5-90 (рис. 5). С 1990 г. начинается их серийный выпуск. Электродвигатели изготовляли с литой медной короткозамкнутой обмоткой ротора. Отметим, что технология заливки роторов медью была уникальна не только в Советском Союзе, но и во всем мире. От ВНИИВЭ работами по ее внедрению на заводе занимался руководитель разработки В. А. Чувашев, от завода – главный технолог Л. П. Гиндес, начальник бюро Л. Р. Сычевский, мастер роторного участка В. Л. Ткаченко, заливщик Н. Н. Анголенко.

Одновременно с электродвигателем ЭКВ4У с 1974 г. выпускают электродвигатели ЭКВ4УС для привода струговых установок. После модернизации в 1987 г. электродвигатель назывался ЭКВ4-140-3. Для струговых установок СО-75, СН-75, УС-2У с 1981 г. изготовляли электродвигатель ЭКВ4УС2 (110 кВт при 160 пусках в час); в 1994 г. – 3ЭКВ4УС2 (160 кВт при 120 пусках в час); с 1984 по 1996 г. –



Рис. 5. Электродвигатель 2ЭКВЗ,5-90.

мощный струговой электродвигатель ЭВ5УС (160 кВт). Их разработчики во ВНИИВЭ – главный конструктор проекта Л. Б. Ландкоф, ведущие инженеры А. К. Бондаренко, И. Е. Краснопольский, Р. К. Гаенко.

В середине 80-х годов специалисты угольного машиностроения разрабатывают ряд унифицированных комбайнов РКУ. И снова потребовались электродвигатели производства завода как единственного в СССР производителя комбайновых электродвигателей. Для комбайнов РКУ была разработана конструкция электродвигателя типа ЭКВЭ4-200, в котором в одном корпусе были и двигатель, и энергоблок комбайна.

Повышение энерговооруженности комбайнов потребовало повышения мощности комбайновых электродвигателей в тех же габаритах. Появляются электродвигатели ЭКВЖ, ЭКВЖЭ с заполнением полости статора и ротора диэлектрической жидкостью. Перемешиваясь внутри статора турбинкой, жидкость более интенсивно, чем воздух, отводит тепло обмоток статора и ротора к воде, охлаждающей корпус. В 4-м габарите была достигнута мощность 315 кВт (вместо 200 кВт в электродвигателях ЭКВ). Отличительной особенностью электродвигателей ЭКВЖ, ЭКВЖЭ было наличие торцовых уплотнений для предотвращения вытекания диэлектрической жидкости из полости статора.

С 1983 по 1990 г. для различных комбайнов и механизмов были изготовлены электродвигатели с жидкостным заполнением: ЭКВЖ4-250, ЭКВЖ4-315, ЭКВЖЭ4-280, ЭКВЖЭ4-315, ЭКВЖ3,5-110, ЭКВЖ3,5-220 (рис. 6), ЭКВЖВС4-280, ЭКВЖ5-280-6. Однако до серийного производства доведены только электродвигатели ЭКВЖЭ4-280 и ЭКВЖЭ4-315, остальные из-за трудностей в эксплуатации, сложности производства, распада СССР (требовались значительные капитальные вложения) изготовле-



Рис. 6. Электродвигатель ЭКВЖ3,5-220.



Рис. 7. Электродвигатель ЭКВ3,5-132.

ны как опытные образцы или партии. Разработчики электродвигателей – сотрудники ВНИИВЭ: начальник отдела Ю. И. Дмитренко, руководитель разработки К. А. Дорошкевич, ведущие инженеры В. И. Кириленко, А. Ф. Пышняк. В освоении торцовых уплотнений на заводе активное участие принимал технолог цеха № 1 И. В. Митрофанов. Последние несколько лет не изготавливают электродвигатели ЭКВЖ(Э) с заполнением охлаждающей жидкостью.

Для шахт Украины, где мощность угольных пластов достигает 0,8 – 1,2 м, востребованы электродвигатели больших мощностей габарита 350 мм. Для комбайна КА-80 разработан двигатель ЭКВ3,5-132 (рис. 7), который серийно выпускали с 1987 г., в 1990 г. он заменен на ЭКВ3,5-180, с 1997 г. – на 1ЭКВ3,5-200. Как вариант изготовляли электродвигатель с медным ротором.

В разработке электродвигателей в габарите 350 мм принимали участие от института «Донгипроуглемаш» начальник отдела К. П. Бочаров, главный конструктор проекта В. Л. Азарх, руководитель бригады Г. Н. Фрадкин, инженеры В. Г. Шейко, Н. Василенко, В. К. Баций, Б. Н. Лихтенштейн, А. Перепелюк, от ПЭМЗ им. К. Маркса – начальник бюро В. Г. Купершток, инженеры Л. А. Романчук, Л. Г. Бородулина, Г. Д. Дубицкая.

Завод выпускает электродвигатели габарита 500 мм, с 1969 г. серийно – электродвигатель 1ЭДКО5Р (рис. 8) мощностью 105 кВт в длительном режиме работы, его устанавливали на очистных комбайнах К58М, «Караганда-7/15», КШЗМ. Эти комбайны эксплуатировали на мощных угольных пластах шахт России и Казахстана – Кузнецкого и Карагандинского бассейнов. В 1984 г. заменены на более мощные электродвигатели ЭКВ5-200-2 (рис. 9). В 1992 г. изготовлены опытные образцы электродвигателей ЭКВ5-250. Из-за распада СССР электродвигатели ЭКВ5-250 серийно не производили

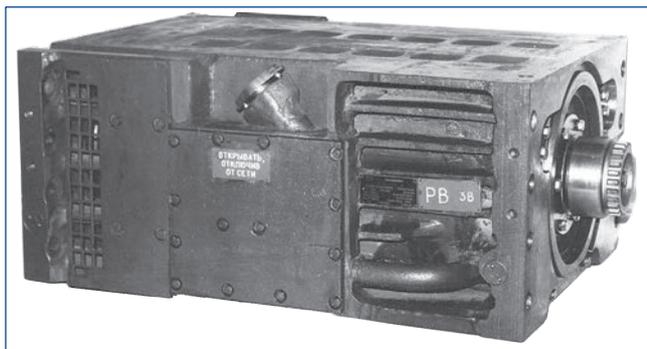


Рис. 8. Электродвигатель 1ЭДКО5Р.

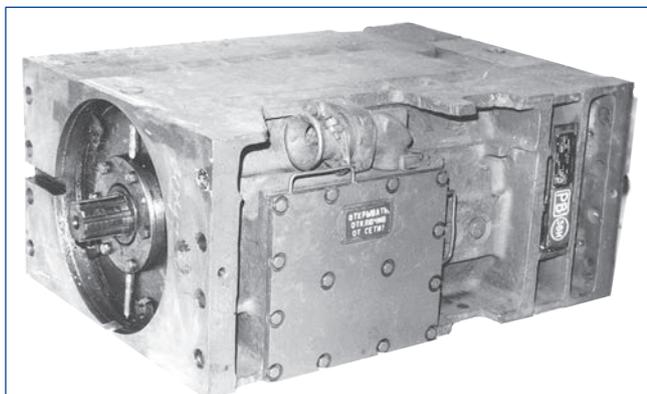


Рис. 9. Электродвигатель ЭКВ5-200-2.



Рис. 10. Электродвигатели ЭДКОФ4-41/4, ЭДКОФ4-42/4, ЭДКОФ4-43/4.

(в Украине указанные комбайны не эксплуатируются).

В 1990 г. на заводе впервые изготовлены двухскоростные электродвигатели ЭКВ5-110/55-4/8

для привода очистного комбайна (разработчики от ВНИИВЭ – начальник отдела Ю. И. Дмитренко, главный конструктор проекта К. А. Дорошкевич, инженеры А. Ф. Пышняк, В. И. Кириленко).

За внедрение в производство комбайновых двигателей многие работники завода награждены медалями ВДНХ СССР (А. М. Ильин, В. Е. Канзеба, Л. А. Романчук, В. Г. Купершток, В. Г. Диренко и др.).

В 2002 г. специалисты Донгипроуглемаша создали новые очистные комбайны УКД300, КДК500, КДК700 повышенной энерговооруженности. Для привода очистных комбайнов специалисты УкрНИИВЭ (Ю. И. Дмитренко, А. В. Кукулевский, А. П. Грига, а на заводе – инженеры Л. Г. Бородулина, Г. Д. Дубицкая) разработали электродвигатели ЭКВ4-150 мощностью 150 кВт, ЭКВ5-250В мощностью 250 кВт, ЭКВ6-355 мощностью 350 кВт в цилиндрическом корпусе с водяным охлаждением. Для уменьшения габаритных размеров электродвигатели имели полый вал, внутрь которого входил торсионный вал редуктора. В кратчайшие сроки завод подготовил к производству образцы, которые были представлены в составе угольных комбайнов на выставке «Уголь/Майнинг – 2002» в Донецке.

В настоящее время завод может изготавливать около 20 типоразмеров комбайновых электродвигателей, но из-за сокращения темпов добычи угля и закрытия шахт их количество с каждым годом уменьшается.

В связи с ростом нагрузки на лаву по добыче угля возросла потребность в увеличении мощности электродвигателей привода скребковых конвейеров, так как мощность выпускаемых на тот момент электродвигателей КОФ-32/4 (г. Кемерово, Россия) была небольшой. Поэтому в 1968 г. институт «Донгипроуглемаш» совместно с ПЭМЗ им. К. Маркса принял решение создать специальные электродвигатели для привода скребковых конвейеров. Отдел привода Донгипроуглемаша собрал и обработал данные о работе скребковых конвейеров во многих шахтах Донбасса. Это дало возможность определиться по характеристикам будущих электродвигателей и прежде всего мощности, пускового и максимального момента. В сентябре-октябре 1968 г. была подготовлена документация, а в ноябре изготовлено шесть опытных образцов.

По результатам испытания на шахте «Горская» откорректирована документация и в 1969 г. получено разрешение на серийный выпуск электродвигателей ЭДКОФ4-41/4, ЭДКОФ4-42/4, ЭДКОФ4-43/4 соответственно мощностью 37, 45, 55 кВт (рис. 10).

В 1976 г. их заменили электродвигателями ЭДКОФ4-37,-45,-55. В создании конструкции принимали участие В. А. Кононенко, Е. Г. Крейдун, Ю. А. Федосов, В. Н. Оприян.

В 1986 г. вместо электродвигателей ЭДКОФ4-37, ЭДКОФ4-45, ЭДКОФ4-55 разработали серию 2ЭДКОФ(В)250 с диапазоном мощностей от 55 до 110 кВт. В ее разработке принимали участие сотрудники ВНИИВЭ В. В. Каика, Ф. К. Зинзивер, на заводе конструированием занимались В. А. Кононенко, Е. Г. Крейдун.

Для шахт с угольными пластами мощностью до 1,5 м в начале 90-х годов разработана конструкция электродвигателей ЭДКОФВ315М4 мощностью 160 кВт в модификациях для конвейеров ЭДКОФВ315М4-2 и проходческих комбайнов ЭДКОФВ315М4 (уменьшены пусковой и максимальный моменты). В работе принимали участие специалисты Донгипроуглемаша В. Л. Азарх, Г. Н. Фрадкин и работники завода В. А. Кононенко, Е. Г. Крейдун, Л. Г. Бородулина.

В последующие годы условия работы шахт изменились как технически, так и экономически. Особенно повысилась трудоемкость добычи, поскольку уголь начали добывать на более глубоких горизонтах, кроме того, увеличилась протяженность транспортирования, а с повышением цены на электроэнергию увеличилась себестоимость. Предприятия стремятся снизить энерговооруженность количественно и повысить качественно.

Для удовлетворения потребности угольных предприятий в электродвигателях в 2003–2007 гг. модернизированы серии 2ЭДКОФ250 и ЭДКОФВ315. Новая серия в габарите 250 мм получила наименование 3ЭДКОФ250 (рис. 11) мощностью от 75 до 160 кВт при синхронной частоте вращения 1500 мин^{-1} и от 75 до 90 кВт при 1000 мин^{-1} . В серии ЭДКОФВ315 (рис. 12) предусмотрены мощности 160, 200, 250, 315 кВт при синхронной частоте вращения 1500 мин^{-1} . Двигатели можно использовать в качестве привода как для скребковых и ленточных конвейеров, так и для проходческих комбайнов.

Электродвигатели изготовлены в цилиндрической оребренной сварной станине с фланцем увеличенной толщины, применен также стальной фланцевый щит, что значительно увеличивает эксплуатационную надежность при повышенных механических воздействиях. Электродвигатели имеют воздушное охлаждение внешним стальным сварным вентилятором. Обмотка статора выпол-

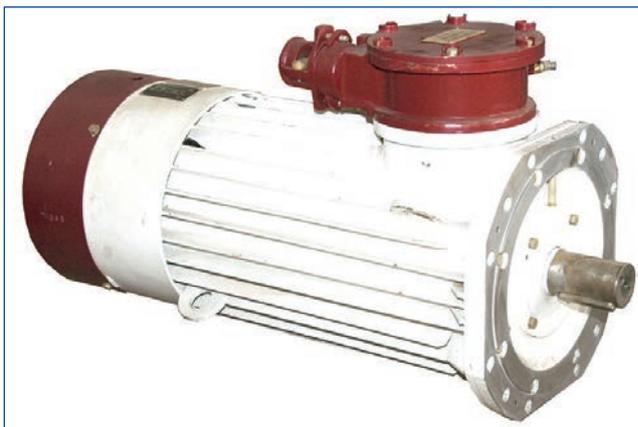


Рис. 11. Электродвигатель 3ЭДКОФ250.



Рис. 12. Электродвигатель ЭДКОФВ315.



Рис. 13. Электродвигатели ЭДКВФ355.

нена жесткими катушками с изоляцией класса нагревостойкости Н, защита от недопустимого перегрева обмотки осуществляется с помощью температурных реле или позисторами в зависимости от требований заказчика. Для защиты переднего подшипникового узла от попадания пыли или жидко-

сти в случае аварийных срабатываний турбомуфты в электродвигателях установлены манжетные уплотнения. Выступающий конец вала цилиндрический, но возможно изготовление шлицевого вала по заказу потребителя.

Повышение мощности электродвигателей уже не обеспечивалось воздушным охлаждением, требовалось более эффективное, что привело к созданию конвейерных электродвигателей с водяным охлаждением (рис. 13) в габаритах 250, 315, 355 мм, условно обозначенных ЭДКВФ250, ЭДКВФ315, ЭДКВФ355 (ЭД – электродвигатель; К – конвейерный; В – водяной; Ф – фланцевый; 250, 315, 355 – высота оси вращения). Электродвигатели выполнены в цилиндрической сварной станине с фланцем и фланцевым щитом, водяное охлаждение ICW37 (ГОСТ 20459). Система водяного охлаждения рассчитана на испытательное давление 3 МПа. Рабочее давление для собранной системы охлаждения до 2 МПа, расход охлаждающей воды 20 л/мин, перепад давления между входом и выходом 0,25 МПа. Мощности электродвигателей ЭДКВФ250 составляют от 110 до 200 кВт, ЭДКВФ315 – от 200 до 375 кВт, ЭДКВФ355 – от 400 до 500 кВт.

В габаритах 315 и 355 мм выпускают односкоростные электродвигатели с синхронной частотой вращения 1500 мин^{-1} и двухскоростные с синхронной частотой вращения 1500 и 500 мин^{-1} . Необходимость в двухскоростных электродвигателях возникла в связи с тем, что односкоростной привод имел недостатки при проведении регламентных и ремонтных работ на конвейерах. Нужны были электродвигатели с нормальной и пониженной скоростью. Наиболее целесообразное соотношение 3:1.

Мощности двухскоростных электродвигателей ЭДКВФ315-12/4 – от 45/132 до 85/250 кВт, ЭДКВФ355-12/4 – от 85/250 до 132/400 кВт.

Отметим еще один аспект применения мощных электродвигателей. На базе габаритов 250 и 315 мм созданы электродвигатели ЭДСВФ250 мощностью от 55 до 110 кВт и ЭДСВФ315 мощностью от 160 до 315 кВт для струговых установок. Все серии разработаны работниками завода В. А. Кононенко, Л. Г. Бородулиной, Г. Д. Дубицкой. Электродвигатели полностью удовлетворяют потребностям угольного машиностроения и угледобывающих предприятий Украины, России и других стран СНГ, а их применение позволит значительно повысить энергооборуженность угольных механизмов.

Большая часть электродвигателей изготавливается на напряжение 1140 В, поскольку их возросшие мощности не позволяют использовать напряжение 660 В. Добычные участки уже давно переводят на напряжение 1140 В, однако только большие шахты, вкладывающие средства в свое развитие, перешли на это напряжение. Мощность электродвигателей забойных механизмов значительно повысилась, а из-за большой протяженности участковой сети падает напряжение на зажимах электродвигателей, что ухудшает их энергомеханические характеристики. Но уже и напряжение 1140 В оказывается недостаточным для стабильной работы, из-за чего ряд угольных предприятий России используют электрооборудование зарубежных фирм на напряжение 3300 В.

Производственные мощности дают возможность стабильно выпускать значительные партии электродвигателей для удовлетворения потребностей рынка.

Многолетний опыт создания и производства комбайновых и конвейерных электродвигателей, высокий уровень и надежность, тот авторитет марки, под которой их выпускают, позволяют быть уверенными, что еще не один миллион тонн угля будет добыт механизмами с электродвигателями производства ОДО «ПЭМЗ им. К. Маркса».