

УДК 786.2

СОЗДАНИЕ ВЗРЫВОЗАЩИЩЁННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ТОРМОЗНЫМ УСТРОЙСТВОМ

Кукулевский Алексей Васильевич,

Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», заведующий отделом электрических машин

Электронная почта: niive@list.ru

Россия, г. Донецк

Горчаков Виталий Александрович,

Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», заведующий лабораторией электрических машин

Электронная почта: niive@list.ru

Россия, г. Донецк

Варакута Виктор Владимирович,

Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт взрывозащищенного и рудничного электрооборудования», старший научный сотрудник, кандидат технических наук

Электронная почта: niive@list.ru

Россия, г. Донецк

Аннотация

Представлены все этапы создания электродвигателя подачи ЭКВТ4,5-100-6У5 комбайна КДК1000 от анализа условий работы очистного комбайна до анализа экспериментальных данных, полученных при стендовых испытаниях и сравнения фактических характеристик двигателя с характеристиками, заявленными в техническом задании на электродвигатель. Приведены характеристики и особенности электродвигателя ЭКВТ4,5-100-6У5.

Ключевые слова: очистной комбайн, взрывозащищённый электродвигатель подачи, тормозное устройство, конструкторская документация, стендовые испытания, экспериментальные данные, фактические характеристики.

CREATION OF AN EXPLOSION-PROOF ELECTRIC MOTOR WITH A BRAKING DEVICE

Kukulevskiy Alexey Vasilevich,

State budgetary institution scientific-research, project-designing and technological institute of explosion proof and mine electrical equipment, head of the department of electrical machines

E-mail: niive@list.ru

Russia, Donetsk

Gorchakov Vitaliy Aleksandrovich,

State budgetary institution scientific-research, project-designing and technological institute of explosion proof and mine electrical equipment, head of the laboratory of electrical machines

E-mail: niive@list.ru

Russia, Donetsk

Varakuta Viktor Vladimirovich,

State budgetary institution scientific-research, project-designing and technological institute of explosion proof and mine electrical equipment, senior researcher, candidate of technical sciences

E-mail: niive@list.ru

Russia, Donetsk

ABSTRACT

All stages of creating the EKVT4.5-100-6U5 electric motor for the KDK1000 combine are presented, from analyzing the operating conditions of the combine to analyzing experimental data obtained during bench tests and comparing the actual characteristics of the engine with those specified in the technical specification for the electric motor. The characteristics and features of the EKVT4.5-100-6U5 electric motor are given.

Keywords: cleaning machine, explosion-proof electric motor, braking device, design documentation, stand testing, experimental data, and factual characteristics.

Введение. При работе очистного комбайна по добыче полезного ископаемого необходимо обеспечить его перемещение вдоль забоя с тяговым или так называемым напорным усилием. [1] В соответствии с технологическим процессом угледобычи осуществляются плановые остановки и маневровые операции. Кроме того, могут возникать аварийные ситуации, приводящие к несанкционированным остановкам. При этом система перемещения комбайна должна обеспечивать рабочую скорость с плавной регулировкой не менее 6 м/мин. и напорным усилием до 180 – 300 кН в зависимости от мощности разрабатываемого пласта, иметь пятикратный запас прочности тягового органа. Система перемещения должна иметь возможность регулирования скорости и направления перемещения (не зависимо от направления вращения исполнительного органа): без вмешательства машиниста; машинистом с пульта управления, вынесенным за пределы комбайна; управления органами, расположенными непосредственно на комбайне. В связи с этим в состав системы перемещения очистного комбайна, предназначенного для выемки пологих пластов (с углом падения до 35°), должен входить датчик перемещения и удерживающее устройство. [2]

Поэтому тема создание взрывозащищённого электродвигателя с тормозным устройством является актуальной.

Цель исследования.

Создание взрывозащищённого электродвигателя с водяным охлаждением и тормозным устройством.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

Задачи исследования.

Выполнить анализ условий работы машины, в состав которой входит взрывозащищённый электродвигатель с тормозным устройством.

Разработать техническое задание на взрывозащищённый электродвигатель с тормозным устройством.

Используя синтез различных видов программного обеспечения, разработать конструкторскую документацию на взрывозащищённый электродвигатель с тормозным устройством.

Изготовить опытный образец и провести стендовые испытания.

Объект исследования.

Процесс конструирования взрывозащищённого электродвигателя с тормозным устройством.

Предмет исследования.

Способы и методы процесса конструирования взрывозащищённого электродвигателя с тормозным устройством.

Результаты исследования.

В Донецке ДНР группой отраслевых научно-исследовательских институтов осуществляется разработка нового, перспективного очистного комбайна КДК1000 для выемки угля пологих пластов мощностью 2,5 – 5,5 м на шахтах РФ и стран СНГ. Главным исполнителем работ по созданию очистного комбайна КДК1000 является ГБУ «ДОНУГЛЕМАШ». Опираясь на собственный опыт, а также проведя анализ производства очистных комбайнов фирм Германии, США, Польши, Чехии, Китая было принято решение, что датчик перемещения и удерживающее устройство должны располагаться во взрывозащищенном корпусе электродвигателя привода подачи. В качестве удерживающего устройства необходимо использовать электромагнитно-пружинный тормоз, а в качестве датчика перемещения - энкодер. Данная схема используется на ряде очистных комбайнов производства Eickhoff Bergbautechnik GmbH и хорошо себя зарекомендовала. [3], [4]

Соисполнителями по разработке нормативно-технической, конструкторской и эксплуатационной документации на опытный образец очистного комбайна КДК1000, также являются ГБУ «НИИВЭ» и ГП «Автоматгормаш им. В.А. Антипова». Поэтому учёными, конструкторами и инженерами ГБУ «НИИВЭ» разработано техническое задание на взрывозащищённый электродвигатель с тормозным устройством ЭКВТ4,5-100-6, основные параметры двигателя ЭКВТ4,5-100-6 и электромагнитного тормоза приведены в таблицах 1 и 2. Техническое задание (ТЗ) ПИЖЦ.526426.034ТЗ утверждено в установленном порядке представителями головного исполнителя работ ГБУ «ДОНУГЛЕМАШ». В ТЗ оговорены все особенности конструкции разрабатываемой машины, что и определяет её структуру.

Двигатель предназначен для частотно-регулируемого привода подачи очистного комбайна КДК1000. Двигатель будет эксплуатироваться в угольных шахтах, опасных по содержанию рудничного газа (метана) и/или угольной пыли, согласно «Правил безопасности в угольных шахтах», утвержденных приказом Ростехнадзора от 08.12.2020 г. №507.

Таблица 1 – Основные параметры двигателя ЭКВТ4,5-100-6

Наименование параметра	Номинальное значение параметра при 50 Гц и синусоидальном

	номинальном напряжении на зажимах двигателя
Номинальная мощность, кВт	100
Номинальное напряжение сети, В	1140
Режим работы	S1
Номинальная сила тока, А	62,5
Синхронная частота вращения, об/мин	1000
Номинальное скольжение, %	2
Коэффициент полезного действия, %	91
Коэффициент мощности	0,89
Сила начального пускового тока, А	375
Номинальный вращающий момент, Н·м	976
Начальный пусковой вращающий момент, Н·м	1416
Максимальный вращающий момент, Н·м	1952
Отношение силы начального пускового тока к номинальному	6,0
Отношение начального пускового вращающего момента к номинальному	1,5
Отношение максимального вращающего момента к номинальному	2,0
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	1087x550x655

Таблица 2. Основные параметры электромагнитного тормоза

Наименование параметра	Значение
Тормозной момент, Н·м	500
Напряжение срабатывания электромагнита, В	36
Напряжение удержания электромагнита, В	18
Потребляемая мощность при срабатывании электромагнита, ВА	не более 250

Разработку конструкторской документации на электродвигатель подачи ЭКВТ4,5-100-6У5 очистного комбайна КДК1000 (в дальнейшем электродвигатель) выполняют специалисты ГБУ «НИИВЭ». Исходя из требований ТЗ и с учётом технологических возможностей опытного производства, разработан габаритный чертёж, представленный на рисунке 1, согласованный с головным исполнителем работ и утверждённый его представителями.

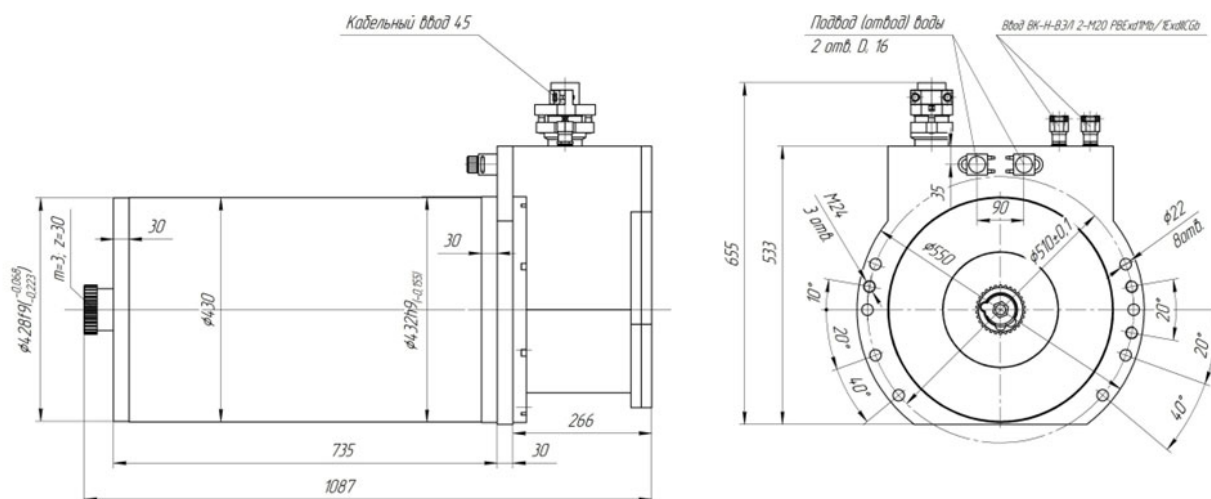


Рисунок 1 Габаритный чертёж.

Выполнен электрический и прочностной расчет электродвигателя. Разработана обмоточная записка. Разработана система изоляции двигателя и электромагнитно-пружинного тормоза.

При проектировании и конструировании электродвигателя используется синтез различных методов и способов разработки электрических машин. Используется как типовое программное обеспечение (ПО), так и программы методов расчёта, созданные специалистами института. Конструкция электромагнитно-пружинного тормоза разработана благодаря ПО FEMM 4.2. и одной из наиболее распространённых и удачных, ориентированных на интерфейс Windows, универсальной, динамично развивающейся, инженерной САПР среднего уровня КОМПАС компании АСКОН. Результаты расчета электромагнита в среде ПО FEMM 4.2 и разрез электромагнитно-пружинного тормоза представлены на рисунках 2 и 3.

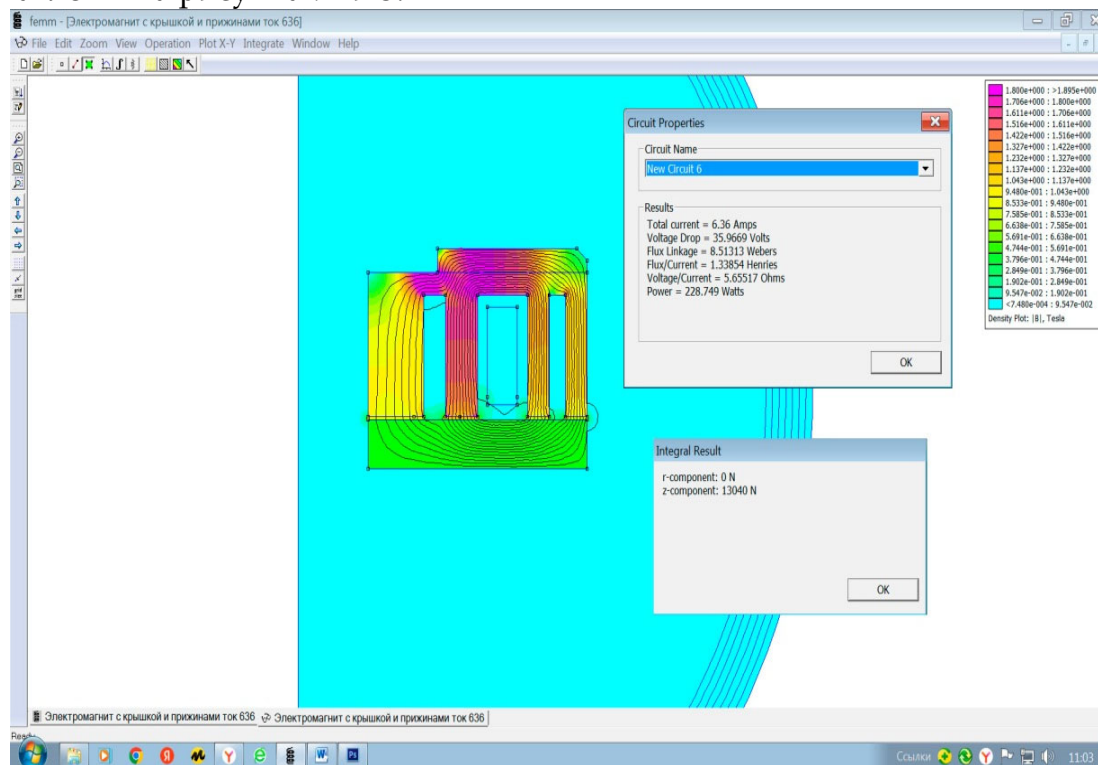


Рисунок 2 Результаты расчета электромагнита в среде ПО FEMM 4.2.

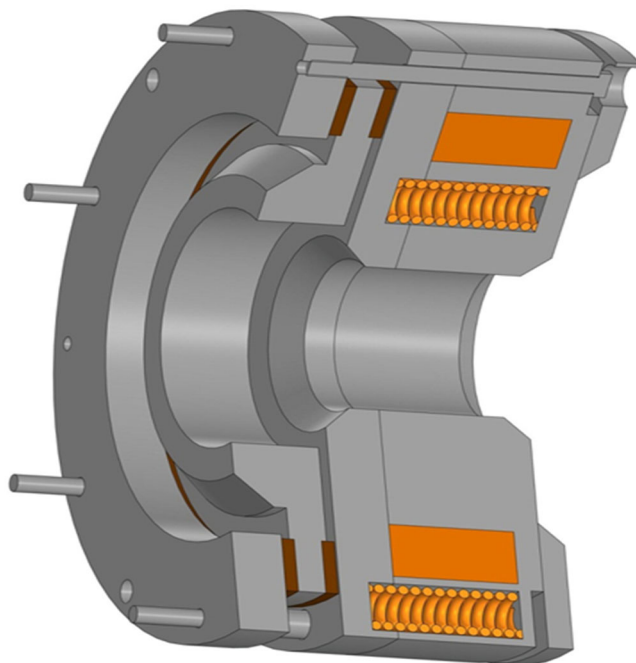


Рисунок 3. Разрез электромагнитно-пружинного тормоза.

Во время разработки конструкции двигателя ЭКВТ4,5-100-6, в среде ПО КОМПАС, создавались 3D модели деталей.

3D модели деталей компоновались в сборочные единицы, которые, в свою очередь составили основную сборку двигателя. При этом, для уточнения исполнительных размеров широко использовались разработанные конструкторами института метод привязочного чертежа и метод точек. Привязочный чертёж – промежуточный, постоянно изменяющийся чертёж (благодаря ассоциативной связи с 3D моделью) электродвигателя, в поле которого с помощью точек определяются узлы эскизов разрабатываемых деталей.

После завершения создания 3D моделей основной сборки, сборочных единиц и деталей, используя ассоциативные связи, стандартными методами и средствами КОМПАС (с учётом требований ЕСКД) в полуавтоматическом режиме разрабатывается комплект конструкторской документации на опытный образец двигателя. [5] 3D модель ЭКВТ4,5-100-6 представлена на рисунке 4.

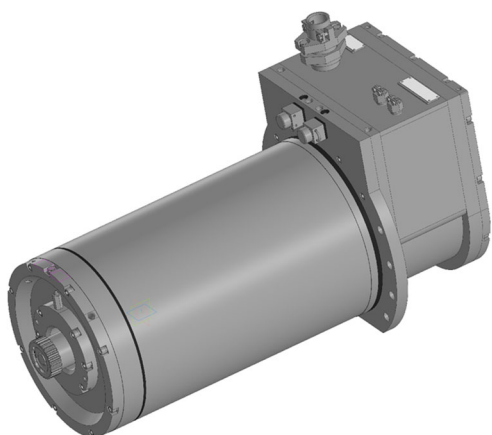


Рисунок 4. 3D модель ЭКВТ4,5-100-6.

Так же, параллельно ведётся разработка конструкторской документации по технологической подготовке производства изготовления опытного образца.

По завершению процесса конструирования документация утверждается в установленном порядке. После чего её комплект вместе с комплектом документации на оснастку передаётся в отдел внедрения опытных образцов, где выполняется разработка технологического процесса изготовления опытного образца. При изготовлении электродвигателя его детали и узлы в соответствии с технологическим процессом проходят поэтапный технический контроль, что позволяет значительно снизить ошибки и брак в процессе производства.

После изготовления готовое изделие поступает в испытательную лабораторию, где в рамках опытно-конструкторских работ по разработке электродвигателя подачи ЭКВТ4,5-100-6У5 очистного комбайна КДК1000 на стендах испытательной лаборатории ГБУ «НИИВЭ» в соответствии с ГОСТами проводятся стендовые испытания опытного образца.

Анализ полученных в результате стендовых испытаний экспериментальных данных позволяет определить фактические электрические, энергетические, моментные, тепловые и виброакустические характеристики двигателя. В случае их несоответствия заявленным в ТЗ, основываясь на экспериментальных данных, при необходимости выполняется уточнённый электрический и прочностной расчет, вносятся изменения в конструкторскую документацию, изготавливаются усовершенствованные узлы и детали, проводятся повторные стендовые испытания, подтверждающие соответствие фактических характеристик заявленным в ТЗ.

Вывод. Впервые в РФ создан высокоэффективный, взрывозащищенный электродвигатель ЭКВТ4,5-100-6У5 с водяным охлаждением для частотно-регулируемого привода подачи очистного комбайна КДК1000. Особенная конструкция и дополнительные функции в виде тормозного механизма позволят упростить компоновочную схему очистного комбайна КДК1000, при этом обеспечив требования безопасной эксплуатации всего механизма.

Список литературы:

1. Бойко Н.Г. Повышение ресурса и эффективности работы режущего инструмента горных машин – Донецк: РВА ДонНТУ, 2007. – 106 с.
2. Горные машины и оборудование: учебное пособие для вузов – в 2-х томах. Т.1/ Горбатов П.А., Петрушкин Г.В., Лысенко Н.М.; под общей редакцией П.А. Горбатова. Донецк: РВА ДонГТУ, 2003. – 295 с.
3. Кукулевский А.В., Горчаков В. А. Встроенный электромагнитный тормоз очистного комбайна КДК1000 / Сайт ГБУ «НИИВЭ» [Донецк, 2025]. URL: http://niive.ru/downloads/СБОРНИК%20круг%20стол%20НИИВЭ%2029_05_25_на%20сайт.pdf (дата обращения: 02.12.2025).
4. Кукулевский А.В., Горчаков В.А., Варакута В.В. Разработка взрывозащищенного электродвигателя для привода резания очистного комбайна // Оригинальные исследования (ОРИС). 2025. №8.-С.197-201.
5. Введенская М.И., Варакута В.В., Гридин С.В. Интенсификация конструирования электродвигателей в среде САПР КОМПАС // Вестник ДонНУ. Серия Г: Технические науки. – 2024. – № 1 – С.59 – 68.

References:

1. Boyko N.G. Improving the resource and efficiency of cutting tools of mining machines – Donetsk: RV DonNTU, 2007. 106 p.
2. Mining machinery and equipment: a textbook for universities – in 2 volumes. Vol.1/ Gorbatov P.A., Petrushkin G. V., Lysenko N.M.; under the general editorship of P.A. Gorbatov. Donetsk: RV DonGTU, 2003. – 295 p.
3. Kukulevsky A.V., Gorchakov V. A. Built-in electromagnetic brake of the KDK1000 cleaning combine / GBU "NIIVE" website [Donetsk, 2025]. URL: http://niive.ru/downloads/СБОРНИК%20круг%20стол%20НИИВЭ%2029_05_25_на%20сайт.pdf (date of request: 02.12.2025).
4. Kukulevsky A.V., Gorchakov V.A., Varakuta V.V. Development of an explosion-proof electric motor for cutting a combine harvester // Original research (ORIS). 2025. No. 8. pp.197-201.
5. Vvedenskaya M.I., Varakuta V.V., Gridin S.V. Intensification of electric motor design in the COMPASS CAD environment. Vestnik DonNU. Series G: Technical Sciences. – 2024. – No. 1 – pp.59-68.