

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ЧУВАШЕВ Виктор Анатольевич

УДК 622.232.7-83

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕРЕГУЛИРУЕМЫХ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ УГОЛЬНЫХ КОМБАЙНОВ И СТРУГОВ

Специальности: 05.09.03 - "Электротехнические комплексы и
системы, включая их управление
и регулирование";

05.09.01 - "Электрические машины"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Робота являється рукописью.

Робота виконана в Донецькому науково-промислово-технічному об'єднанні "Рівноваженське електрооборудованіє", Українському науково-дослідницькому, проектно-конструкторському і технологічному інституті взривозахищеного і рудничного електрооборудованія УкрНДТЕО, (г. Донецьк).

Научний керівник:

лауреат Государственной премії СРСР,
доктор технічних наук, професор
доктор технічних наук, професор

Вірюнін К.Г.

Кыльович А.А.

Офіційні опікунки:

доктор технічних наук, професор
доктор технічних наук, професор

Данько В.Г.

Колосик В.П.

Будуще підприємство - інститут "ДонГІПРОТІЗМАШ"

Захита состоится " 30 " июня 1994 г. в 14⁰⁰ час. в ауд. 1201
на заседании специализированного совета К 068.20.01 Донецкого
государственного технического университета.
(340000, г. Донецк, ул. Артома, 58, ДГТУ).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета.

Автореферат разослан " 30 " мая 1994 г.

Ученый секретарь специализированного
совета, доктор технических наук,
профессор

Дудник М.З.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие механизации и автоматизации подземной разработки угольных месторождений осуществляется в направлении совершенствования очистных комбайнов и стругов, в частности, их электропривода. Одним из наиболее ответственных узлов уголобывающей машины, оказывающего существенное влияние на ее конструкцию, надежность и производительность.

В настоящее время подавляющее большинство очистных комбайнов и стругов имеет перегазулируемый асинхронный электрический привод, выполненный на базе веригобезопасных асинхронных двигателей (ВАД) с короткозамкнутым (к.з.) ротором и одним из важнейших мероприятий по повышению производительности очистных комбайнов и стругов является увеличение их энергооборуженности.

В последние десятилетия значения тепловой мощности ВАД очистных комбайнов возросли более чем в три раза, а их максимальные моменты более, чем в четыре раза. Требования к повышению мощности и максимальных моментов таких двигателей, их значимость и роль безусловно повышаются, т.к. на современном этапе мощность электроустановок является одним из главных факторов, определяющих уровень индустриализации угольной промышленности любой технически развитой страны.

ВАД очистных комбайнов и стругов работает в повторно-кратковременном режиме со случайным характером изменения параметров режима (частоты и продолжительности включения) и величины нагрузки на валу при питании от маломощных магтных сетей с неуставивающимися, часто колеблющимся уровнем напряжения на зажимах. Поэтому задачей повышения максимального вращающего момента и тепловой мощности приводного двигателя, а также обеспечение гарантированной устойчивой работы ВАД

независимо от изменения параметров сети является весьма актуальной, т.к. направлена на увеличение производительности вращающихся (забойных) механизмов, устойчивости и надежности электропривода, уменьшение числа опрощиваний (или полное их устранение) и повышение на этой базе эффективности работы угольных комбайнов и стругов.

Видная роль в развитии комбайнового электромашиностроения принадлежит институтам Донгипроуглямаг, УкрНИИЭЭ, ДГТУ, институту горного дела им. А.А.Скочинского, Первомайскому электромеханическому заводу им. Карла Маркса, Горловскому машиностроительному заводу им. С.М.Кирова, ХЭМЗу и заводу "Кузбассэлектромаг", а также ученым Н.А.Кислякчу, Я.Ф.Шивякму, П.Л.Светличному, В.И.Сороку, В.Л.Азару, В.М.Грубе, А.И.Паркоманко, И.Г.Шаркину, Е.Д.Ковачеву, Л.Б.Лавдыгу, А.Л.Бурковскому, В.Ф.Горягану и ряду других авторов.

Работы по повышению энергооборуженности угольдобывающих машин механизмов включены в комплексные научно-технические программы Госкомуглепрома Украины и Минмашипрома Украины.

Из изложенного вытекает, что создание ВД для привода очистных комбайнов и стругов повышенной энергооборуженности требует решения ряда теоретических, экспериментальных, конструкторско-технологических проблем, стоящих на данном этапе перед комбайновым электромашиностроением.

Целью работы является повышение эффективности нерагулируемых электроприводов угольных комбайнов и стругов на базе создания асинхронных к.э. ВД с новыми параметрами и характеристиками.

Для достижения этой цели решаются следующие научные задачи:

- анализ конструкций, механических характеристик, тепловых мощностей и коэффициентов проектирования ВД зарубежного и отечественного производства;

- исследование влияния широких вариаций параметров сети и режимов работы очистных комбайнов и стругов на характеристики ВАД;

- изыскание путей повышения перегрузочной способности, вредных моментов ВАД очистных комбайнов и стругов;

- совершенствование методов проектирования ВАД с учетом выбора геометрии пазов ротора и параметров двигателя, направленных на достижение максимально возможных величин перегрузочной способности и тепловой мощности двигателя;

- исследование и совершенствование механических характеристик ВАД с учетом влияния реальной шахтной сети, исследования теплового состояния комбайновых двигателей с литой медной клеткой ротора, выработка дополнительных требований к проектированию ВАД и способов улучшения их характеристик;

- разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов производства роторов ВАД с литой медной к.з. обмоткой, обеспечивающих высокие технико-экономические показатели ВАД (в первую очередь максимальные вращающие моменты и тепловые мощности);

- совершенствование средств и способов производства роторов ВАД с литой медной к.з. обмоткой при существующей технологии на заводах-изготовителях;

- разработка и освоение новых высокоэффективных технологических процессов заливки медью роторов асинхронных двигателей; создание новых двигателей с повышенными техническими показателями и их внедрение в угольной промышленности.

Идея работы заключается в применении медных литых обмоток ротора, оптимизации конструктивных параметров и эксплуатационных технических характеристик для повышения вращающих моментов, тепловой мощности и перегрузочной способности ВАД, обеспечивающих гарантиро-

ванную устойчивую работу ВАР независимо от вариаций параметров шахтной сети и на этой основе повышение эффективности электроприводов угольных комбайнов и стругов.

Научная новизна работы и основные положения, выносимые на защиту:

1. Методика проектирования асинхронного электропривода угольных комбайнов и стругов, основанная на использовании новой технологии изготовления меднозалитых к.з. обмоток роторов с учетом характеристик момента сопротивления приводных механизмов и параметров питающей сети, позволяющая создавать высокоэффективный асинхронный привод с требуемыми тепловой мощностью, перегрузочной способностью, пусковым током и моментом.

2. Способ определения требуемых предельных пусковых и рабочих характеристик асинхронного электропривода угольных комбайнов и стругов в зависимости от крепости угля, ширины захвата, скорости подачи, резания, а также реальных параметров питающей электрической сети.

3. Способ совершенствования конструкции и характеристик ВАР, основанный на применении глубоководной к.з. обмотки ротора из меди отличающейся новой технологией изготовления (А.С. СССР №1073344) и позволяющей: повысить качество литья, надежность работы ВАР, увеличить тепловую мощность на 20-30% и улучшить пусковые характеристики без увеличения габаритов.

4. Установленные для двигателей ВАР с литой медной обмоткой ротора расчетно-экспериментальные зависимости пускового тока статора и вращающего момента от скольжения и напряжения на зажимах двигателя, соотношения для оптимального выбора конструктивных размеров, нагрузок и форм отдельных элементов активных частей ВАР, обеспечивающих термическую стойкость двигателя в режиме к.з. и в течение установленных нормативами интервалов времени.

5. Критерий оценки надежности литой медной клетки ротора ВАР

очистных комбайнов и стругов, отличающихся тем, что в качестве критерия оценки предложены зависимости коэффициента запаса температуры ротора в режиме к.з. относительно температуры плавления металла, из которого изготовлена клетка ротора.

Обоснованность и достоверность выдвигаемых научных положений и полученных результатов и выводов подтверждается использованием фундаментальных положений электротехники, обоснованностью принятых допущений при математическом описании физических процессов, непротиворечивостью и сходимость аналитических выводов с данными многочисленных экспериментов в натуральных условиях, на лабораторных установках УкрНИИВЭ и ДТУ, г.Донец, при всесторонних исследованиях в промышленных условиях забоев шахт ПО "Донецкуголь", "Макеевуголь", "Добропольеуголь", "Укрападуголь", "Красноармейскуголь".

Научное значение работы состоит в совершенствовании методики проектирования ВАД с использованием медноалюминитных к.з. роторов изготавливаемых по новой технологии, при учете характеристик момента сопротивления приводных механизмов и параметров шахтной сети и учитывающей необходимость отсутствия провалов механической характеристики при работе угольных комбайнов и стругов в условиях колебания напряжения подводимой сети.

В определении требуемых предельных пусковых и рабочих характеристик ВАД в зависимости от крепости угля, ширины захвата, скорости подачи, резания, а также реальных параметров питающей электрической сети.

Практическая значимость. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработаны инженерные методы расчета ВАД с литой медной к.з. обмоткой ротора мощностью до 400 кВт; разработаны надежные конструкции ВАД очистных комбайнов с использованием литых медных к.з. обмоток ротора; достигнуто увеличение энергооборуженности

очистных комбайнов и стругов в 1,2...1,3 раза (в зависимости от типа и режима работы) в сравнении с серийными ВАД; проведены унификация двигателей и работе по организации специализированного производства таких ВАД; повышена надежность работы очистных комбайнов и стругов; определены пути энерговооруженности других машин и механизмов, эксплуатируемых в угольных шахтах.

Реализация работы в промышленности. С учетом выводов, рекомендаций и научно-технических направлений данной работы спроектированы, изготовлены, испытаны и серийно освоены на Первомайском электромеханическом заводе имени Карла Маркса ВАД с литыми медными к.з. обмотками ротора для привода очистных комбайнов (К-103, К-103 М, ПШ-68) и стругов (УС 2М, СО-75, СН-75 и др.) повышенной энерговооруженности; испытаны и внедрены на предприятиях угольной промышленности современные отечественные ВАД типов ЭЭКВ 3,5-90, ЭКВ 4-160-2М, ЭКВ 4-160-3М, ЭКВ 4-315, ЭЭВ БУСМ, ЭКВ 4 УС2М с литыми медными к.з. обмотками роторов. Разработанные методики расчета активных частей таких ВАД и результаты исследований используются инженерами-конструкторами и заводами-изготовителями при создании подобных ВАД других машин и механизмов.

Годовой экономический эффект от внедренных в угольной промышленности двигателей составляет около 1,4 млн.руб. в ценах 1990 г.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались и обсуждались на IV Всесоюзной научно-технической конференции "Современное взрывозащищенное электрооборудование" (Донецк, сентябрь 1975), Республиканской научно-технической конференции (Харьков, октябрь 1983), отраслевой научно-технической конференции "Повышение надежности и экономичности взрывозащищенного электрооборудования" (Кемерово, апрель 1984), ряде научно-технических семинаров работников угольной и электротехнической промышленности (Донецк, ВНИИВЭ,

1975...1988, 1990; Новая Каксека, НКЭМЗ, 1991; Саястоюккель, Военно-морской институт, 1992); на ИТС ВНИИВЭ.

По результатам исследований и разработок, входящих в данную работу, сделано 12 докладов на всесоюзных, республиканских и отраслевых конференциях и семинарах.

Публикации. Основные положения работы изложены в тридцати двух статьях, одном авторском свидетельстве на изобретения и восемнадцати научных отчетах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Содержание работы изложено на 165 страницах машинописного текста, иллюстрированного 29 рисунками и 33 таблицами.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность и новизна проблемы, определены цель и задачи исследований, изложены основные научные и практические результаты.

В первой главе проведен обзор и анализ существующих ВАД отечественного и зарубежного (фирмы Siemens, ФГТ; Andelsson, Англия и др.) производства для привода роторных комбайнов и стругов; сделано сопоставление отдельных типов версмов ВАД во показателям массы и уровню электромагнитного использования активной части и установлены тенденции развития их технического уровня; проанализированы конструкции роторных обмоток существующих комбайновых и струговых ВАД, значения их механических и энергетических характеристик с точки зрения соответствия условиям эксплуатации, намечены пути поиска методов улучшения этих характеристик; рассмотрены вопросы соотношения тепловой мощности и устойчивой нагрузки ВАД с учетом требований эксплуатации.

В результате проведенного анализа сделан вывод о необходимости и возможности дальнейшего увеличения энерговооруженности очистных комбайнов и стругов за счет понижения использования активных частей ВАД путем применения современных проводящих, магнитных и изоляционных материалов, новых более эффективных систем охлаждения. В последние десятилетия механические характеристики ВАД очистных комбайнов и стругов улучшены, в основном, за счет увеличения рабочего напряжения до 660 и 1140 В, а также пускового тока до 1000 А. Вместе с тем, новые конструктивные варианты обмотки роторов ВАД в сочетании с активными материалами повышенной электропроводности позволяют улучшить их механические характеристики. Перспективным решением в повышении использования объема активной части ВАД является применение литых медных к.э. обмоток роторов вместо традиционных литых алюминиевых.

Во второй главе рассмотрены пути создания ВАД очистных комбайнов и стругов повышенной энерговооруженности и повышенной перегрузочной способности.

В угольных шахтах длительное время использовались очистные комбайны с широкозахватным исполнительным органом нередко заземляемым в массиве угольного пласта, что существенно ухудшало условия пуска двигателя и режима работы пусковой аппаратуры. Поэтому согласно ГОСТ 16565-71 "Двигатели трехфазные асинхронные к.э. взрывобезопасные для привода очистных комбайнов. Общие технические требования" начальный пусковой ток ВАД ограничивался величиной 1000 А, что препятствовало росту энерговооруженности горных машин. Так, серийный электродвигатель ЭКВ 4-160 напряжением 660 В за счет водяного охлаждения имеет мощность 160 кВт и сниженное активное сопротивление роторной обмотки с двойной величиной клетки в рабочем режиме для уменьшения роторных потерь. Это обстоятельство при ограничении начального пускового тока величиной 1000 А вынуждает увеличивать при-

веденное индуктивное сопротивление ротора, а, следовательно и всего двигателя в рабочем режиме; в итоге же - к уменьшению критического вращающего момента. При удвоенной тепловой мощности этот двигатель имеет такой же критический вращающий момент, что и двигатель ЭДКО4. Это и сдерживало степень реализации тепловой мощности ЭКН4-160 в стохастическом режиме. Экспериментально установлено, что при ограничении пускового тока величиной 1000 А такие ВД могут иметь критический вращающий момент при напряжении 660 В в пределах 3000 Н·м, а при напряжении 1140 В - $3000 \cdot \sqrt{3} = 5200$ Н·м.

Повсеместный переход с широкозахватных на узкозахватные исполнительные органы очистных комбайнов позволил отменить в 1988 году стандарт по ограничению начального пускового тока ВД величиной 1000 А и, исходя из возможности пусковой аппаратуры (пускатель ПРВ 320), допустить его увеличение до 1800-1900 А - при искусственной ($0,8 U_{ном}$ на зажимах ВД мощностью до 160 кВт и $0,7 U_{ном}$ на зажимах ВД мощностью свыше 160 кВт) и до 2500-2700 А - при естественной характеристиках шахтной электрической сети ($U_{ном}$ на зажимах ВД). Пределы расширения перегрузочной способности ВД повысились и стали ограничиваться лишь величиной механической прочности трансмиссии очистных комбайнов. В результате появилась возможность совершенствования механических характеристик ВД путем повышения вращающего момента пропорционально увеличению начального пускового тока, повышению перегрузочной способности и допустимой тепловой мощности двигателя, что может существенно увеличить энергооснащенность очистных комбайнов и стругов.

Вторым путем совершенствования механической характеристики ВД, получения ее рациональной формы в диапазоне скольжений от S_H до S_K является совершенствование конструкции обмоток ротора в сочетании с повышением допустимого пускового тока путем применения глубокого

паза с латой медной клеткой (рис.1), что позволяет не только увеличить моменты и мощность, но и уменьшать или полностью устранить провалы (седла) в механической характеристике при сохранении или небольшом уменьшении S_K . Использование глубокого паза и медной клетки ротора снижает номинальное скольжение ротора, обеспечивает рациональную величину критического скольжения S_K и форму механической характеристики в зоне от S_K до S_H по возможности равномерно падающей, без участка плавного закручивания от S_K в сторону S_H или с ограничением такого участка до минимума. Опыт показывает, что такая конструкция роторной клетки обеспечивает увеличение критического вращающего момента в 1,5 раза в двигателе ЭВЗ 4-160 с водяным охлаждением. Аналогичные возможности некоторого повышения критического вращающего момента имеются в необдуваемых и обдуваемых ВД очистных комбайнов с начальным пусковым током в 1000 А при использовании глубоких пазов и медной обмотки ротора.

На рис.2 приведены механические характеристики ВД с высотой корпуса 400 мм при разных конструктивных исполнениях обмотки ротора, где видно, что включением свойствами обладает электродвигатель типа ЭВЗ 4-160 с глубоким пазом и медной к.э. обмоткой ротора.

Энерговозможность очистных комбайнов определяется мощностью применяемого ВД, который работает, как правило, в детормпированном режиме S4 (примерно 30 вкл/ч, т.е. $t_{II} = 2$ мин. ПВ=25, 40 и 60%), а не в продолжительном S1. Использование медной обмотки ротора вместо алюминиевой позволяет увеличить (примерно на 30%) мощность ВД, особенно в режиме S4, благодаря снижению переменных потерь в двигателе. Известно, что мощность определяемая напряжением обмоток статора,

$$P'' = P' \sqrt{2 \left(\frac{PВ'}{PВ''} - 1 \right) + \frac{PВ'}{PВ''}}$$

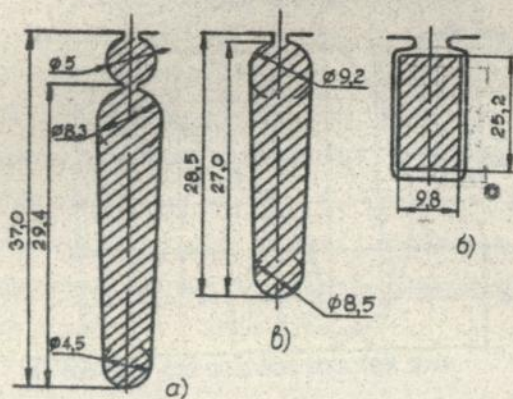


Рис. 1. Пазы роторов врубово-комбайновых двигателей с двойной беличьей клеткой (а) и глубоким пазом (б,б)

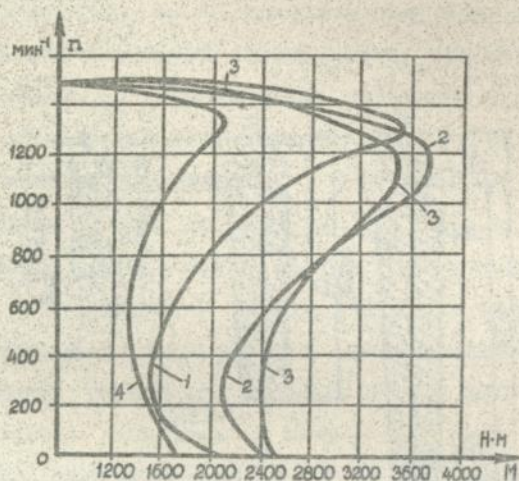


Рис.2. Механические характеристики двигателей ЭКВ4-160 (1,2,3 - по методике автора, 4 - по существующей методике):

- 1 - со стержневой медной клеткой;
- 2 - с литой алюминиевой клеткой ротора (паз глубокий);
- 3 - с литой медной клеткой;
- 4 - с литой алюминиевой клеткой

где P', P'' - тепловая мощность в режимах S1 и S4; $PВ', PВ''$ - соответствующая мощности продолжительность включения; $\alpha = P_{ст} / P_{обм}$ - коэффициент потерь, равный отношению потерь в стали $P_{ст}$ к потерям в обмотке статора $P_{обм}$.

Таким образом, разработанная методика проектирования с использованием литой медной обмотки ротора с глубоким пазом вместо алюминиевой позволяет увеличить мощность и надежность ВАД, улучшить их механические характеристики, повысить вращающие моменты, получить более рациональную форму механической характеристики (с максимально возможным критическим моментом без провалов), соответствующую условиям работы исполнительных органов современных узкозахватных комбайнов, запускаемых без нагрузки, которая появляется после окончания пуска при подведении к забою вращающегося исполнительного органа.

В третьей главе изложены пути решения технических проблем производства и конструкторские особенности литых медных к.з. обмоток роторов ВАД.

Поскольку требованиям взрывозащиты и надежности наиболее полно удовлетворяет литая медная к.з. обмотка ротора (исключается искрение роторной клетки, т.к. температура плавления меди в 1,64 раза выше, чем у алюминия), впервые разработана и внедрена в производство технология изготовления такой обмотки новым способом с использованием прогрессивной индукционной плавки металла в электропечи типа ИСТ, оборудованной кантователем и позволяющей заливать сердечник ротора непосредственно из тигля без промежуточного приема металла в ковш. Быстрое расплавление меди и электромагнитное перемешивание ее во время плавки, обеспечивающее интенсивную дегазацию, а также непосредственная заливка металла из тигля электропечи, предупреждает процесс интенсивного окисления меди и насыщения ее водородом.

Литка меди ведется с расчетом одновременной готовности к заливке как металла, так и заливочной формы с сердечником ротора, нагретых до определенных температур. Сердечник ротора устанавливается под лентку электропечи, как правило, под углом до 15° к горизонту с превышением литника над выпором; и литник и выпор расположены над короткозамкнутыми кольцами сердечника ротора. Произведя раскисление и сняв пленку окислов и шлака с зеркала расплавленной меди, заливку производят мощной короткой (до 300 мм) струей так, чтобы литниковая чаша была полной на протяжении всего периода заливки. Заливка прекращается после наполнения выпора медью.

Опыт показывает, что, в отличие от других такой способ обеспечивает высокое качество заливки сердечников роторов всех ВД очистных комбайнов и стругов. Впервые заливка таких роторов медью освоена на Первомайском электромеханическом заводе имени Карла Маркса.

Короткозамкнутые роторы являются особосложными для заливки любыми металлами, в т.ч. медью, и склонными к образованию литейных дефектов. При предложенной технологии напор расплава меди, скорость ее растекания по сердечнику ротора определяется шириной каналов-пазов, их формой и сечением, которые, как правило, не согласуются с расчетными размерами пазов роторов, выпускаемых в настоящее время электродвигателей ЭДК, ЭДКО и ЭКВ. На рис.3 представлены зависимости приведенной толщины стержня ротора R_c (мм) от длины L_c (мм) сердечника ротора ВД комбайнов и стругов (до 600 мм).

$$R_c = a_0 + a_1 \cdot L_c$$

где a_0 и a_1 - параметры закономерности изменения приведенной толщины (ширины) канала по длине.

На базе результатов многочисленных опытов автором предложена

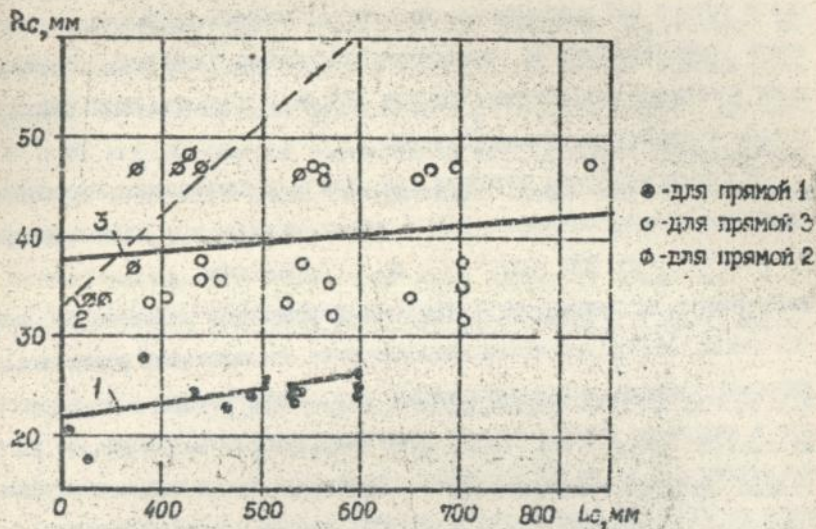


Рис. 3 Изменение приведенной толщины стержней по длине сердечников роторов двигателей серии ЭКВ, ЭДКО и ЭДК-(1), серии 4А-(2), серии ВАО-2-(3)

эмпирическая зависимость

$$R_0 = 18,4 + 0,0123 L_0, \text{ мм,}$$

удовлетворение которой позволяет обеспечить качественную заливку к.э. обмотки ротора медью для ВДД серии ЭКВ, ЭДКО и ЭДК.

При поиске за ЭВМ расчетного варианта геометрических размеров пазов ротора ВДД комбайнов и стругов необходимо учитывать обязательность удовлетворения их указанному требованию. Наиболее благоприятными литейными качествами обладают роторы с глубоким пазом, худшими - роторы с двойной беличьей клеткой.

В четвертой главе изложены результаты исследования эксплуатационной надежности созданных ВДД с литыми медными к.э. обмотками ротора (ЭКВ 3,5-90, ЭКВ 4-160-2М и др.), определена экономическая эффективность их применения и намечены перспективы дальнейшего развития таких электродвигателей. Лабораторные исследования показали, что, например, замена литой алюминиевой к.э. обмотки ротора на литевую медную в двигателе ЭКВ 4-160-2 позволила уменьшать потери в роторе, увеличить к.п.д. на 1% и снизить превышение температуры обмотки статора на 21°C при одинаковых величинах моментов. Использование рекомендаций автора позволило для приводов комбайнов КПОЗ и КПОЗМ создать двигатель ЭКВ 3,5-90 (глубокий паз и литая медная обмотка ротора, длина активной части - 270 мм) мощностью до 100 кВт вместо ЭКВ 3,5-75 (двухклеточный паз и литая алюминиевая клетка ротора, длина активной части - 115 мм) мощностью 75 кВт. Опыт работы отдельных комбайнов КПОЗ на шахте Великомоствовская МГО ПО "Укрзападуголь" с двигателем ЭКВ 3,5-90 подтвердил полное соответствие нового двигателя требованиям эксплуатации, увеличение мощности в 1,3 раза (до 100 кВт) и перегрузочной способности в 1,6 раза при уменьшении габаритных размеров и длины активной части. Такие же или близкие к ним результаты получены при работе в эсбоях разных выкаточных

комбайнов МВ-62, ТВ-65К и струговых установок С075, С075, УСВ-27 и др. с электродвигателями соответственно ЭКВ 4-160-3, ЭКВ 4-160-3М (рис. 4) и ЭКВ 4 УСМ, ЭВ 5 УСМ с роторами, залитыми медью.

Контрольно-технические осмотры узлов и деталей этих двигателей после длительной эксплуатации в шахтах ПО "Макеевуголь", "Довжанкутоль", "Доброполькутоль", "Укрэпадуголь" показали отсутствие выплывания медной роторной клетки и правильность метода заливки роторов медью. Эксплуатационная надежность и работоспособность двигателей с литой медной обмоткой подтверждены всесторонними промышленными испытаниями 46-ти штук таких электрических машин как на открытых комбайнах, так и на стругах.

Расчеты показывают, что экономический эффект от применения новых двигателей только в струговых установках составляет 1,4 млрд. карбованцев в ценах 1994 г.

С созданием электродвигателей с литой медной клеткой ротора для привода горных машин и механизмов закреплены достигнутые результаты в развитии отечественного комбайнового электромашиностроения. Однако уже сейчас возникает вопрос о перспективах дальнейшего развития ВД этого диапазона мощностей и назначения. Дальнейшее повышение использования объема активной части этих ВД возможно за счет увеличения коэффициента заполнения паза статора медью, благодаря применению более тонкой корпусной изоляции класса нагревостойкости "С" с достаточно высоким уровнем механической и электрической прочности, совершенствования систем охлаждения и интенсификации отвода тепла (охлаждение активной части диэлектрической жидкостью, использованию тепловых труб в валу ротора), внедрения магнитодиэлектриков при производстве пазовых клиньев, а также повышения электропроводности меди в стержнях литых к.з. обмоток роторов. Реализация перечисленных решений позволяет в перспективе сохранять высокий технологический уровень

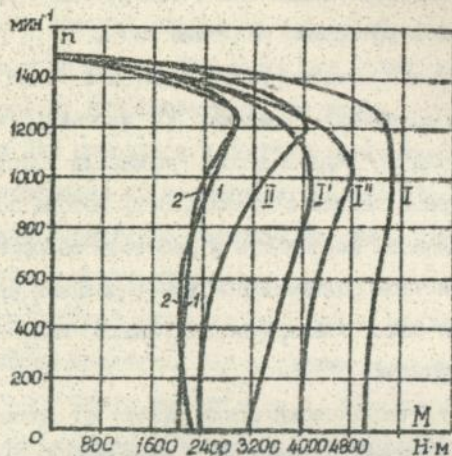


Рис.4. Механические характеристики комбайновых двигателей с высотой корпуса 400 мм:

I,2 - двигателей ЭКВ4-160 и ЭДКО4-5А (естественные);

I, I', I'' - двигателя с глубоким пазом и медными стержнями (естественная, искусственная $U_p = 1200$ В, искусственная в сети 3000 В $U_p = 3150$ В);

II - двигателя с глубоким пазом и алюминиевыми стержнями (естественная).

ВАД очистных комбайнов и стругов в ближайшие 5-10 лет.

В заключении отмечается, что при решении поставленных в диссертации задач получены следующие результаты:

1. Проведен анализ тенденций совершенствования ВАД очистных комбайнов и стругов и обоснован вывод о необходимости создания двигателей с повышенными моментами и мощностью для их привода.

2. Исследовано на физических моделях влияние вариаций параметров шахтной сети на характеристики ВАД с различной формой паза ротора и обоснован вывод о перспективности создания двигателей с литой медной клеткой глубокопазного ротора.

3. Дано теоретическое и экспериментальное обоснование на физических моделях преимуществ ВАД с литой медной клеткой ротора по сравнению с существующими двигателями этого назначения с литой алюминиевой клеткой ротора при работе в реальной шахтной сети.

4. Исследован и разработан метод оценки надежности литой медной клетки ротора в сравнении с литой алюминиевой.

5. Исследованы, разработаны и впервые внедрены новые технологические процессы плавки меди и заливки роторов больших габаритов (диаметр до 300 мм, длина до 800 мм) медью, защищенные авторским свидетельством.

6. Впервые, с использованием разработанной методики проектирования, созданы различные модификации ВАД очистных комбайнов и стругов с литой медной клеткой ротора, имеющих повышенную (в среднем от 20 до 30% в зависимости от типоразмера) мощность и улучшенные моментные и энергетические характеристики по сравнению с существующими с литой алюминиевой клеткой ротора.

7. Созданы и внедрены на Первомайском электромеханическом заводе им.К.Маркса высокоэффективные двигатели повышенной надежности с улучшенными моментными и энергетическими характеристиками типов ЭКВЗ,5-90, ЭКВЗ,5-220, ЭКВ4УС2М, ЭКВ4-160-2М, ЭВ5УС и др. с литой

медной клеткой ротора, удовлетворяющие требованиям угольных шахт.

8. На шахтах Украины исследована работоспособность указанных выше типов ВАД очистных комбайнов и стругов с литой медной клеткой ротора и в процессе промышленной эксплуатации выявлены их существенные преимущества по сравнению с существующими ВАД этого класса с литой алюминиевой клеткой ротора.

9. Внедрение двигателей с литой медной клеткой ротора обеспечивает повышение надежности и энерговооруженности перспективных очистных комбайнов и стругов, их высокий технический уровень и конкурентоспособность на международном рынке.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Пути повышения и улучшения механических характеристик электродвигателей угольных комбайнов/Н.А.Киклевич, Л.И.Митрофанов, В.А.Чувашев, А.К.Шубин, И.Г.Ширнин //Современное взрывозащищенное электрооборудование:Тезисы докладов IV Всесоюзной науч.-техн. конференции (Донецк, 1975, сентябрь). -М.:Информэлектро, 1975. -С.59.

2. Чувашев В.А. Повышение перегрузочной способности врубово-комбайновых электродвигателей на напряжение свыше 1000 В//Применение повышенных напряжений на шахтах Советского Союза и за рубежом / Общество "Знание" УССР.-К., 1975.С.34-37.

3. Киклевич Н.А., Чувашев В.А. Характеристики врубово-комбайновых электродвигателей с повышенной перегрузочной способностью на напряжение свыше 1000В // Там же.С.39-41.

4. Киклевич Н.А., Ширнин И.Г., Чувашев В.А. Развитие отечественных взрывобезопасных электродвигателей для привода угольных комбайнов, комплексов и других выемочных машин. -Донецк:ВНИИВЗ, 1975.-22 с. (Рукопись депонирована во ВНИИЭМ; ОI. II.76; № 871/76). Реф.ЖКИБ1-76,

-см. "Электротехника и энергетика": Реф. журнал, -1976.-№2.

5. О роторных обмотках врубово - комбайновых электродвигателей / Н.А.Кислевич, В.А.Чувашев, И.Г.Ширнин, А.К.Шубин, Б.В.Савин//Взрывобезопасное электрооборудование.:Разработка и исследование.:Сб.научн. тр. Вып.12, -Донецк,1976. -С.38-42.

6. Кислевич Н.А. и др., Дальнейшее совершенствование электродвигателей угольных комбайнов / Н.А.Кислевич, И.Г.Ширнин, В.А.Чувашев // Взрывозащищенное электрооборудование для высокопроизводительных комплексов угольной промышленности: Разработка и исследование: Сб. научн. трудов. Вып.1/ ВНИИВЭ. Донецк, 1976. С.76-80.

7. Пути увеличения вращающих моментов электродвигателей угольных комбайнов/Н.А.Кислевич, В.А.Чувашев, А.К.Шубин, И.Г.Ширнин//Электротехническая промышленность. Сер. Электрические машины. -1976. №2. -С.9-12.

8. Кислевич Н.А. и др. Повышение и улучшение механических характеристик электродвигателей очистных комбайнов/Н.А.Кислевич, И.Г.Ширнин, В.А.Чувашев // Горные машины и автоматика.- 1976,-№4. -С.34-36.

9. Кислевич Н.А., Чувашев В.А. О рациональной форме механической характеристики электродвигателей угольных комбайнов//Горная электромеханика и автоматика: Сб. Вып.28.-Х.: Выща школа, /1976. - С.71-76.

10. Чувашев В.А., Диксий Ю.А. Возможности улучшения характеристик электродвигателей для угольных комбайнов на повышенных напряжениях// Применение повышенных напряжений на шахтах Советского Союза и за рубежом.: Сб.-К., 1976. -С.32-33.

11. Кислевич Н.А. и др.Некоторые особенности механических характеристик врубово-комбайновых электродвигателей на напряжение 660 и 1140 В / Н.А.Кислевич, Чувашев, В.Ф.Горягин, И.Г.Ширнин, Б.В.Савин// Взрывозащищенное электрооборудование: Разработка и исследование. Сб. научн. трудов. Вып.14 ВНИИВЭ.-Донецк, 1977. С.58-63.

12. Сравнительные характеристики новых врубово-комбайновых электродвигателей с повышенной перегрузочной способностью / Н.А.Киклевич, В.А.Чувашев, И.Г.Ширнин, В.Ф.Горягин, В.В.Макеев, Б.В.Савин // Электротехн.пром-сть. Сер.:Электрические машины. 1977. -С.14-17.

13. Волощенко Н.И. и др. Повышение эффективности электрооборудования угольных комбайнов / Н.И.Волощенко, В.Ф.Горягин, В.А.Чувашев // Промышленная энергетика. 1977. -Вып.4. -С.20-21.

14. Отливка роторов с медной клеткой для врубово-комбайновых электродвигателей / Н.А.Киклевич, В.Ф.Горягин, В.А.Чувашев, Б.Д.Меламед, В.Г.Кострица, В.А.Колотий, С.И.Цукерман // Электротехническая промышленность. Сер.:Электрические машины. -1977. -№5. -С.14-15.

15. Волощенко Н.И. и др. О целесообразности замены алюминиевых беличьих клеток медными / Н.И.Волощенко, Н.А.Киклевич, В.А.Чувашев // Промышленная энергетика. -1978. -№2. -С.35-38.

16. Промышленные испытания комбайновых электродвигателей с повышенной перегрузочной способностью / Н.А.Киклевич, В.А.Чувашев, П.А.Гаскевич, В.А.Аниськов, С.П.Фиденко, Б.Е.Деревянко // Угольное машиностроение. 1979. -№1. -С.3-5.

17. Киклевич Н.А., Чувашев В.А. Создание комбайновых электродвигателей ЭКВ4-160-2М с повышенной перегрузочной способностью / Инф. карта N 72052244: ЦНИЭИуголь, ЦБТИ, 1979, -№12.

18. Киклевич Н.А., Чувашев В.А., Ширнин И.Г. О рациональном соотношении тепловой мощности и устойчивой нагрузки комбайновых электродвигателей. - Донецк: ВНИМВЭ, 1980 (рукопись деп. в Информ.электро: 03.10.80 N 182-80). Реф.опубл.в Библ.указателе ВИНТИ: Депонованные рукописи, 1980, №9. -С.80.

19. Киклевич Н.А. и др. О возможности увеличения мощности комбайновых электродвигателей в повторно - кратковременном режиме работы / Н.А.Киклевич, В.А.Чувашев, И.Г.Ширнин // Взрывозащищенное электро

оборудование: Разработка и исследование: Сб. науч. трудов / ВНИИЭ.
-Донецк, 1980. - С. 24-27.

20. Шарнин И.Г. и др. Медные роторные обмотки электродвигателей угольных комбайнов/В.А.Чувашев, А.А.Гусаров/Взрывозащитное электрооборудование: Разработка и исследование: Сб. науч. трудов / ВНИИЭ.
-Донецк, 1981. - С. 32-36.

21. Чувашев В.А. и др. Разработка, исследование и опыт эксплуатации новых электродвигателей угольных комбайнов с повышенной перегрузочной способностью / В.А.Чувашев, И.Г.Шарнин, В.Г.Кострица // Перспективы развития электромашиностроения на Украине: Тезисы докладов Республиканской науч.-техн. конференции. Часть I: Синхронные и асинхронные машины. -Херьков, 1983. - С. 44-45.

22. Чувашев В.А. и др. Исследования по повышению надежности и перегрузочной способности взрывобезопасных двигателей сирепароструговых установок/В.А.Чувашев, И.Г.Шарнин, В.Г.Кострица// Там же. С. 36-37.

23. Чувашев В.А. и др. Исследование по повышению надежности и перегрузочной способности взрывобезопасных электродвигателей для струговых установок/В.А.Чувашев, И.Г.Шарнин, К.Д.Макаров, Б.В.Савин, А.Н.Данилов, В.Г.Кострица//Повышение надежности и экономичности взрывозащитного электрооборудования: Тезисы докладов науч.-техн. конференции (Киеврово, 1984 апрель). - Киеврово, 1984. - С. 96-97.

24. Способ изготовления литых короткозамкнутых обмоток роторов электродвигателей./В.Г.Кострица, В.А.Чувашев, И.Г.Шарнин, С.П.Сиденко, В.Г.Даренко, Л.П.Гиддас // Авт. св. N1072344. Бюлл. изобр. 1984, N5, опубл. 5.10.84.

25. Макаров К.Д. и др. Характеристики электродвигателей угольных комбайнов с учетом влияния шаттной электросети/ К.Д.Макаров, В.А.Чувашев, Б.В.Савин, А.Н.Данилов// Повышение надежности и экономичности

веривозащитного электрооборудования: Тезисы докладов науч.-техн. конференции (Кемерово, 1984, апрель). - Кемерово, -1984. - С.97-99.

26. Чувашев В.А. Совершенствование механической характеристики электродвигателей угольных комбайнов // Веривозащитное электрооборудование: Разработка и исследование: Сб. науч. трудов / ВНИИЭЭ. - Донецк, 1985, - С.84-91.

27. Чувашев В.А., Ширини И.Г. Электродвигатель 25КВ3,5-90 с повышенной перегрузочной способностью // Новые решения во веривозащитном электрооборудовании: Сб. науч. трудов / ВНИИЭЭ. - Донецк, 1990. - С.79-84.

28. Чувашев В.А., Ширини И.Г. Мощные комбайновые и струйные двигатели с медной клеткой ротора // Безопасная, экономичная и надежная эксплуатация веривозащитного электрооборудования: Сб. науч. трудов / ВНИИЭЭ. - Донецк, 1990. С.74-86.

29. Телловое состояние и характеристики асинхронных двигателей приводов угледобывающих машин. /А.Г.Ширини, В.А.Чувашев, К.Д.Мякеров, И.А.Полянчиков, Л.Ф.Севчук, А.А.Гусаров// Веривозащитные низкоскоростные линейные асинхронные электродвигатели и электроприводы: Исследования, разработка и применение): Сб. науч. трудов / ВНИИЭЭ. - Донецк, 1990. - С.135-148.

30. Чувашев В.А., Ширини И.Г. Конструктивные особенности и технология изготовления литых мелких кометок роторов комбайновых двигателей и струйных установок // Безопасная, экономичная и надежная эксплуатация веривозащитного электрооборудования: Сб. науч. трудов / ВНИИЭЭ. - Донецк, 1990. - С.61-69.

31. К вопросу создания электродвигателей угольных комбайнов с повышенной перегрузочной способностью /В.А.Чувашев, А.А.Дмитренко, И.Л.Демченко, В.Н.Чуланков, В.И.Брода, А.В.Жельзинков// Энергоэкология электрических машин и инженерная экология: Тезисы докладов второй

Всесоюзной школы-семинара (Новороссийск, 1992, сентябрь). - М.: ИЭИ; 1992. - С.37-39.

32. Чувашев В.А. Факторы и критерии оптимизации исследований и создания асинхронных двигателей угольных комбайнов с повышенной перегрузочной способностью // Там же. - С.40-41.

33. Чувашев В.А. Асинхронные двигатели угольных комбайнов с повышенной перегрузочной способностью // Исследование и расчет электро-механически преобразовательной энергии. Общезнач. труды № 665. М.: Моск.энерг.ин-т. 1993. С.131-137.

110, 131 - обоснована, исследована и экспериментально подтверждена возможность улучшения характеристик ВД для угольных комбайнов и стругов на напряжение 660 и 1140 В с учетом влияния шахтной сети. Исследовано тепловое состояние ВД с литой медной клеткой ротора, определены требования к проектированию ВД и способы улучшения их характеристики.

123, 25, 31 - предложен метод для увеличения перегрузочной способности ВД с высокой степенью насыщения, разработаны новые технологические процессы производства роторов ВД с литой медной клеткой, разработана методика стендовых и эксплуатационных испытаний ВД, исследовано влияние различных режимов работы очистных комбайнов и угольных стругов на характеристики ВД с учетом влияния реальной шахтной сети.

458091

АВ 30.509

Подписано в печать 25.05.94, формат 80x84.

Тип. №1, г.Азов. Зах. №203 - 150 экз.