

УДК 622.621

С.В. БАБКОВ, канд. техн. наук, ст.науч. сотрудник,
В.А. СТЕЛЬМАХ, зав. лаб.; *МакНИИ, Макеевка*

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ К ДИСКОВЫМ ТОРМОЗАМ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Сформулированы требования безопасности к конструкции составных элементов дискового тормоза шахтных подъемных машин. Даны рекомендации по определению количества тормозных модулей, устанавливаемых на постаменты, для конкретной подъемной установки. Для управления дисковым тормозом предлагаются микропроцессорные системы с программным обеспечением, рассчитанным на адаптацию к условиям технологического назначения и режимам работы подъемной установки.

Ключевые слова: шахта, подъем, машина, дисковый тормоз, управление, безопасность, требование, обоснование.

В зарубежной практике на шахтных подъемных установках широкое применение получили дисковые тормоза. Проявляется к ним интерес отечественными горнорудными и угледобывающими предприятиями, а также изготовителями горно-шахтного оборудования на Украине. Создание отечественных конструкций и оценка возможности применения на шахтах Украины тормозов зарубежного производства обуславливает необходимость разработки требований безопасности к ним, поскольку действующими «Правилами безопасности в угольных шахтах» регламентируется только быстроедействие такого типа тормоза.

Целью работы является обоснование требований безопасности к дисковым тормозам шахтных подъемных машин.

Для достижения поставленной цели выполнен анализ конструкций дисковых тормозов зарубежного производства (фирм АВВ, GHN, INCO, «Сименс» и др.) [1-2, 6], рассмотрены процессы предохранительного торможения в различных режимах работы подъемных установок и изучены возможности современной микропроцессорной техники для построения систем управления подобными тормозами.

Дисковый тормоз является пружинно-гидравлическим устройством и состоит из: тормозных модулей, воздействующих на тормозные диски подъемной машины, маслостанции и системы управления. В каждом тор-

мозном модуле тормозное усилие создаётся пружинами, которые прижимают фрикционные накладки к тормозному диску. При отсутствии давления масла в модуле блок пружин прижимает накладки к тормозному диску. При подаче масла в рабочую полость тормозного цилиндра пружины сжимаются, фрикционные накладки отходят от тормозного диска, подъёмная машина растормаживается. Тормозные модули устанавливаются на постаменты.

На основе анализа зарубежных конструкций дисковых модулей и условий их работы предъявлены следующие требования безопасности.

Для исключения возникновения в процессе торможения неуравновешенных усилий, прилагаемых к тормозному диску подъёмной машины, комплекты пружин тормозного элемента каждого модуля должны развивать одинаковые усилия и иметь одинаковую жёсткость.

Фрикционные накладки для тормозных модулей предпочтительнее изготавливать из металлокерамических материалов на железграфитной основе, характеризующихся в сравнении с ранее применявшимися асбокаучуковыми и асбобакелитовыми материалами повышенным коэффициентом трения (до 0,4), допускающих более высокие удельные давления и температуру нагрева и обладающих большей теплопроводностью [3].

В конструкции модуля необходимо иметь элемент регулировки величины воздушного зазора между фрикционной накладкой и поверхностью тормозного диска подъёмной машины, а также датчик, контролирующий его величину. Диапазон регулирования зазора между фрикционными накладками и тормозным ободом подъёмной машины лежит в пределах до 10 мм.

Конструкция тормозного модуля должна исключать возможность попадания масла на фрикционные накладки. Для этого необходимо предусмотреть дренажные трубки и маслосборник для приёма внутренних утечек масла, а оболочку маслосборника целесообразно выполнять прозрачной.

На постаментах с тормозными модулями следует предусмотреть датчик контроля деформации тормозного диска подъёмной машины.

Для обеспечения одинакового тормозного усилия, прикладываемого к обеим сторонам тормозного обода подъёмной машины, число тормозных модулей, устанавливаемых на постаментах, следует принимать чётным с попарным расположением с противоположных сторон тормозного диска подъёмной машины.

Необходимое число тормозных модулей для конкретной подъёмной установки определяется из соотношения и округляется до ближайшего большего чётного числа:

$$N_M = M_{ТП} / M_{ТМ},$$

где $M_{ТП}$ – необходимый тормозной момент при торможении подъёмной машины согласно ГОСТ, ТУ на подъёмную машину (или техническому заданию, если создаётся новая подъёмная машина или изготавливается машина индивидуального исполнения);

$M_{ТМ}$ – тормозной момент, создаваемый одним модулем.

$$M_{ТМ} = fF_{ТЭЛ}R,$$

где f – коэффициент трения материала тормозной накладки о тормозной диск подъёмной машины;

$F_{ТЭЛ}$ – усилие нажатия на фрикционную накладку, создаваемое штоком тормозного элемента, при использовании в изделии готовых покупных модулей импортного производства этот параметр принимается по данным, содержащимся в сопроводительной документации; в случае разработки новой конструкции величина усилия может быть определена экспериментально или оценена расчётным методом, исходя из геометрических размеров элементов конструкции (диаметров цилиндра и штока) и принятого давления масла в цилиндре модуля;

R – средний радиус тормозного диска подъёмной машины.

Трубопроводы подвода масла к тормозным модулям необходимо снабдить ручными вентилями, позволяющими зафиксировать тормозной модуль в заторможенном или расторможенном состоянии для технического обслуживания и тестирования. Все вентили должны быть закрыты защитным кожухом (или крышкой), запираемым ключом.

Составные узлы маслостанции: маслобак, рабочая и резервная насосные установки, гидравлический блок управления, аккумулятор давления, аппаратура защиты и контроля.

К маслостанции предъявлены следующие требования безопасности.

Маслобак следует оснастить указателем уровня масла и нагревателем с термостатом.

Каждую насосную установку (рабочую и резервную) целесообразно оборудовать насосом с регулируемым рабочим объёмом. На нагнетательных линиях каждого насоса предусмотрены клапаны для распределения подачи масла.

Аккумулятор давления предназначается для поддержания давления масла в тормозной системе во время предохранительного торможения. Он должен быть снабжён предохранительным клапаном, защищающим аккумулятор при избыточном давлении.

Маслостанция комплектуется следующими устройствами защиты и контроля: реле давления; датчиком уровня масла в маслобаке; датчиком загрязнённого состояния масляного фильтра; манометрами, показывающими давление в тормозной системе и давление закачанного газа в аккумулятор; регулируемым термостатом для подогрева масла с датчиком защиты от перегрева.

Кожух маслостанции должен быть снабжён запираемыми дверями или люками для доступа с целью технического обслуживания.

Система управления тормозом предназначается для обеспечения следующих видов торможения:

- рабочее торможение в автоматическом режиме при подходе подъёмных сосудов к крайним положениям;
- рабочее торможение в ручном режиме;
- предохранительное торможение (регулируемое или с постоянным тормозным моментом).

Рабочее торможение в автоматическом режиме включается путевой командой, поступающей от соответствующего датчика или от аппаратуры контроля движения при подходе подъёмного сосуда за 0,5 м до точки стопорения и при скорости 0,25-0,30 м/с. Алгоритм процесса торможения должен быть следующим. На начальном этапе снижения давления воздушный зазор между накладками и тормозным диском уменьшается до нуля и фрикционные накладки соприкасаются с тормозным диском. Затем управляемое автоматикой давление создаёт тормозной момент, обеспечивающий завершение дотягивания подъёмного сосуда на пониженной скорости. Далее давление снижается до нуля, машина затормаживается.

Рабочее торможение в ручном режиме обеспечивается посредством рукоятки командоконтроллера (или джойстика) на пульте управления подъёмной машиной. Величина тока через катушки клапанов, устанавливающих давление в системе, регулируется потенциометром, механически связанным с джойстиком.

Предохранительное торможение включается автоматически при размыкании цепи, имеющейся на каждой подъёмной установке, катушки тормоза предохранительного средствами защиты (ограничителем скорости, конечными выключателями и др. устройствами).

Для управления предохранительным торможением рекомендуется применение микропроцессорной техники. Её возможности и соответствующее программное обеспечение позволяют учесть особенности процессов предохранительного торможения различных типов подъёмных установок и эксплуатационных режимов их работы.

При разработке её программного обеспечения следует предусмотреть возможность реализации избирательного предохранительного торможения в зависимости от технологического режима работы подъёмной установки (спуск-подъём груза), а также возможность выполнения процесса торможения с постоянным или регулируемым тормозным моментом. Система регулируемого торможения может быть разомкнутого и замкнутого типа.

Для реализации замкнутой системы регулирования предохранительного торможения системой управления необходимо осуществить дифференцирование сигнала от датчика скорости с последующим сравнением полученного значения фактического замедления с заданным значением и выдачей соответствующей корректирующей команды.

Регулирование тормозного момента должно осуществляться посредством электрогидравлических регуляторов, управляющих давлением масла в тормозных модулях.

При регулируемом дискретном предохранительном торможении с последовательным включением тормозных модулей (или их групп) общее число модулей рекомендуется принимать не менее 6-8. При этом управление давлением масла в тормозных модулях, может осуществляться двухпозиционными золотниками.

Поскольку на многоканатных подъёмных установках со шкивами трения для выполнения условия предотвращения скольжения канатов в большинстве случаев требуется тормозной момент меньший, чем для выполнения требований Правил безопасности к коэффициенту статической надёжности тормоза ($k \geq 3$), то торможение подъёмной машины рекомендуется осуществлять частью модулей [4]. Для выполнения указанного выше требования Правил безопасности оставшиеся модули приводятся в действие после остановки машины.

Выбор режимов и параметров предохранительного торможения для конкретной подъёмной установки, а также соответствующая адаптация (активация) программного обеспечения осуществляется при выполнении пуско-наладочных работ с участием специализированной наладочной организации. Определение статических нагрузок и тормозных моментов для конкретной подъёмной установки производится расчётным путём по методам, изложенным в «Руководстве по ревизии, наладке и испытанию подъёмных установок», [6]. На шкафе (блоке) управления необходимо предусмотреть жидкокристаллический дисплей для контроля работы тормоза при наладке и периодических испытаниях.

Основные показатели назначения и технического уровня дискового тормоза приведены в таблице.

Таблица

Основные показатели назначения и технического уровня
дискового тормоза

Наименование параметра	Норма
Максимальное рабочее давление масла в гидросистеме тормозного модуля, МПа	10-20
Тип пружин	Тарельчатый
Диапазон регулирования зазора между фрикционными накладками и тормозным ободом подъемной машины, мм	0-10
Время холостого хода тормоза *) , с, не более	0,2
Время срабатывания тормоза**), с, не более	0,8
Среднее замедление***) при подъеме груза, м/с ² , не более	5,0
Среднее замедление***) при спуске груза, м/с ² , не менее	1,5
Ёмкость маслобака маслостанции, л	до 200
Номинальное напряжение питания электрооборудования от сети переменного тока частотой 50 Гц, В	220 или 380
Допустимые отклонения питающего напряжения, %, не более	минус 15, плюс 10
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150	УХЛ 4.2
Исполнение по степени защиты от внешних воздействий по ГОСТ, не хуже	IP20
Исполнение по ГОСТ 18311	Общепромышленное специализированного назначения

*) Под холостым ходом тормоза понимается время с момента размыкания цепи защиты подъемной установки до момента соприкосновения фрикционных накладок с тормозным ободом подъемной машины.

**) Под временем срабатывания тормоза понимается время с момента размыкания цепи защиты подъемной установки до момента достижения тормозным усилием значения, равному статическому усилию.

***) Под средним замедлением понимают отношение скорости в момент срабатывания тормоза ко времени от этого момента до полной остановки подъемной машины.

Для обеспечения электробезопасности оборудования электрической части тормоза по способу защиты человека от поражения электрическим током оно должно соответствовать классу 0I по ГОСТ 12.2.007.0. Электрическое сопротивление между доступной для прикосновения металлической нетоковедущей частью оборудования, которая может оказаться под напряжением, и болтом защитного заземления не должно превышать 0,1 Ом. Корпуса электрооборудования снабжаются заземляющими зажимами и знаками заземления. Конструкция заземляющих зажимов и графическое изображение знаков заземления должны отвечать требованиям ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ 21130.

Изложенные требования включены ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод» в техническое задание на разработку дискового тормоза для подъёмных машин.

ВЫВОДЫ

На основе анализа зарубежных конструкций дисковых тормозов и условий их эксплуатации на подъёмных установках сформулированы требования безопасности к основному его элементу – тормозному модулю. Для обеспечения одинакового тормозного усилия, прикладываемого к тормозному ободу подъёмной машины, число модулей на постаменте должно быть чётным с попарным расположением с обеих сторон обода. Для управления дисковым тормозом целесообразно применение микропроцессорных систем. При этом программное обеспечение системы управления дисковым тормозом должно быть рассчитано на применение на подъёмных установках различного технологического назначения и на осуществление рабочего и предохранительного торможения во всех режимах их работы, т. е оно должно быть адаптируемым к условиям применения с активацией необходимых функций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mine hoist brake systems ABB. Subject specification company ABB (Sweden) 3BSE 040282, 2011. – P. 1-8.
2. Vecor mine Hoists. Design and breaking systems, Broshure. FLSmidth Ltd., South Africa, 2011. – P. 1-8.
3. Электрогидравлические системы питания и управления дисковыми тормозными блоками HR7K, HR9K фирмы INCO (Чехия): Проспект диллера в Украине ООО «Укрэлектросервис». – Харьков, 2010. – С. 1-2.

4. Скляр Н. А. Выбор и обоснование параметров дискового устройства шахтных подъёмных машин// Н. А. Скляр //Труды ДонНТУ, серия: «Горная электромеханика». – 2010. – Вып. 19/175. – Донецк, 2010. – С. 164-172.

5. Требухин В. А. Предложения по управлению многомодульными дисковыми тормозами шахтных подъёмных машин// В. А. Требухин, А. А. Григорьев, А. В. Требухин //Сб. науч. тр. ИГМ им. М. М. Фёдорова. – Донецк, 2009. – С. 256-271.

6. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъёмных установок: Нормативное производственно-практическое изд., утв. Приказом Минуглепрома Украины от 06.08.2009 г., № 326. – Донецк: Донеччина, 2009. – 671 с.

Получено: 17.10.2013

Сформульовано вимоги безпеки до конструкції складових елементів дискового гальма шахтних підйомних машин. Надано рекомендації щодо визначення кількості гальмівних модулів, що встановлюються на постаменти, для конкретної підйомної машини. Для управління дисковим гальмом пропонуються мікропроцесорні системи з програмним забезпеченням, розрахованим на адаптацію до умов технологічного призначення і режимів роботи підйомної установки.

Ключові слова: шахта, підйом, машина, дискове гальмо, управління, безпека, вимога, обґрунтування.

The safety requirements concerning structural component construction of hoist machine plate brake have been laid down. The recommendations have been given concerning the determination of the number of brake modules placed on tables for particular hoist installation. The microprocessor systems are suggested for plate brake management with software which is aimed at adjustment to the technological conditions and operation regimes of a hoist installation.

Keywords: mine, hoisting, machine, plate brake, management, safety, requirement, justification.