

1st International Conference - Reliability and Durability  
 of Machines and Machinery Systems in Mining  
 1986 JUNE 16-18 SZCZYRK, POLAND

Славомир БРОДЗИНЬСКИ

Тадеуш ЗМЫСЛОВСКИ

Центр механизации угольной промышленности "КОМАГ"

Гливице, ПНР

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН СОВЕТСКОГО ПРОИЗВОДСТВА  
 В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПНР

**Резюме.** В докладе рассмотрен опыт эксплуатации в угольной промышленности ПНР подъемных машин советского производства. Во введении указаны причины, вызвавшие принятие решения импорта данных машин. Рассмотрены по типам и количеству как стационарные, так и проходческие машины. Представлены также основные конструктивные различия между подъемными машинами польского и советского производства.

На основе наблюдения работы рассматриваемых машин проведена оценка надежности многоканатных установок и представлена наиболее существенные проблемы, проявившиеся во время их эксплуатации, как динамика, безопасное<sup>1</sup> торможение, прочность и надежность определенных элементов, конструкция и работа узла управления тормозами и т.п.

В статье представлены также результаты стендовых испытаний некоторых элементов, в том тормозного футеровочного материала. В заключении представлены результаты наблюдений и испытаний и их анализ.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Подъемные машины советского производства, работающие в польской угольной промышленности, можно разделить на группы стационарных машин с приводом постоянного тока в системе Вард-Леонарда и машин для проходки стволов с асинхроническим приводом, табл. 1.

Первая, менее численная группа, охватывает 12 машин мощностью свыше 1600 кВт. Приобретение этих машин было связано с большими потребностями (в основном в 60-х годах), которым не могло в требуемые сроки удовлетворить производство ЗУТ-Згода.

Данные машины, в особенности 9 многоканатных производства завода им. ЛКСМУ в Донецке были предназначены для шахт Забжаньского треста.

Вторую группу, более многочисленную составляют барабанные машины мощностью 800 и 1260 кВт с асинхронным приводом. В начале и половине 60-х г. существенно возрос в Польше объем строительства шахтных стволов. Несмотря на производство в данном периоде 72 бобинных машин БСБ-5500/630 кВт в ЗУТ-Згода

<sup>1</sup> Примененные многократно определение "безопасное торможение" разумеется как предохранительное торможение.

Таблица 1

## Подъемные машины производимые в СССР

№	Тип подъемной машины	Кол.	Примечания
1	МК 3,25 x 4	2	Стационарные машины
2	МК 4 x 4	4	" "
3	МК 5 x 2	3	" "
4	ШТ 7,2	2	" "
5	2С6 x 2,8	1	" "
6	2С3,5 x 1,7	ок. 5	Проходка стволов
7	С3,5 x 2A	31	" "
8	С3,5 x 2	ок. 6	" "
9	С3,5 x 2A	3	Актуально стационарные подъемные машины
10	2С3,5 x 1,7	1	"

Примечание: пять подъемных машин установлены в скиповых стволах, одиннадцать - кистьевых; остальные предназначены для проходки стволов.

да, Рыбницком заводе "РЫФАМА" и на заводе "ДУКЛОШ" в Будапеште не решено проблемы обеспечения потребности угольной и рудничной промышленности а также поставок на экспорт. В связи с этим необходимое восполнение потребностей составили машины советского производства типа ЦЗ,5 x 2, 2ЦЗ,5 x 1,7 и в дальнейшем типа ЦЗ,5 x 2A для проходки стволов. Развитие в ЗУТ-Згода производства высокомощных подъемных машин с непосредственным приводом постоянного тока предназначенных для польских шахт и на экспорт (Китай, КНР, Индия) вызвало снижение производства машин для проходки стволов. Некоторое улучшение ситуации в данной области проявилось в периоде 1974-1978 г.г. когда ЗУТ-Згода выпустил свыше 20 машин В-5000 мощностью 2x1000 кВт для ускоренной проходки.

Таким образом можно констатировать, что импорт советского подъемного оборудования в определенное время и объеме был необходимым условием пуска ряда шахт в польской угольной промышленности. Для отражения масштаба импорта можно принять, что данное оборудование соответствовало объему 3-летнего отечественного производства в 70-ые годы.

## 2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОТЛИЧИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ К ПОЛЬСКИМ МАШИНАМ

Анализ конструкции подъемных машин советского и польского производства выполнен на основе сравнения узлов механической части этих машин.

### Основной привод

Машины с приводом постоянного тока оборудуются либо тихоходными двигателями на двух подшипниках, т.е. литейной серии, либо быстроходными с двухступенчатым редуктором. Оба типа имеют более крупные габариты по сравнению с равносильными по параметрам работы машинамипольского производства. Польские подъемные машины начиная с половины 60-х годов оборудованы специальными электродвигателями посаженными на главном вале машины, что дает определенное преимущество ввиду компактности конструкции при установке на подъемной башне (в особенности с двумя отделениями).

### Тормозной узел

Рассматриваемые машины советского производства имеют два исполнительные органа тормоза, что связано с применением осевого пружинно-грузового тормозного привода с пневмоуправлением. В машинах польского производства применялась спаренная система четырехколодочного тормоза со стопорением нижними тягами. Нет сомнения, что такая система менее рациональная от спаренных систем с независимыми тормозными балками. Шарнирная установка тормозных колодок в машинах советского производства обеспечивает более равномерное распределение удельных давлений на колодке нежели при угловом перемещении колодок. Угловое перемещение колодок, в принципе жесткое, в действительности настолько податливо, что отрицательно сказывается на распределении удельных давлений при повышении нажима.

Кроме того тормоза советского производства отличаются компактной конструкцией. При повышении точек наклона вертикальных тяг угловых рычагов создают хорошие условия анкеровки и установки в подшипниках рамы. Колодки имеют твердую футеровку и поэтому при испытаниях и в эксплуатации не наблюдались автоколебания низкой частоты, которые очень трудно затушить в ряде отечественных машин с ленточной футеровкой типа "Феродо".

Тормозные системы машин советского производства также как и отечественные, типа "ХОП", унифицированы. Однако они являются более дорогими в производстве и имеют больший вес. Следует это из использования в качестве тормозного усилия силы сжатия пружин (рабочий тормоз) и груза (тормоз гравитации). Не применяется однако возможность напорного действия сжатого воздуха, как это имеет место в тормозах "ХОП". Это одновременно дает отрицательное явление, так как тормозное усилие в машинах советского производства зависит от моментного рабочего шага, что не проявляется в отечественных машинах.

Несмотря на дублирующее (каскадное) решение электро-пневматических распределителей и всей схемы управления узел управления тормозами, созданный на Заводе "Красный металлист" в г. Конотоп оказался ненадежным и был причиной довольно частых простоев. Причиной было нерациональное решение трехходового распределителя с золотниково-мембранным управлением. Якорь электромагнита отпускает золотничек, который подает установленное давление под мембрану, осуществляя таким образом управление трехходовым распределителем. Данный золотник заклинивается даже при небольшом загрязнении. Отсутствие

управления главными распределителями, в которых нет даже позиционного контроля, может иметь опасные последствия как это имело место в 1981 г. при проходке ствола на шахте Качице [1]. В качестве кратковременной меры предупреждения применяется добавочная фильтрация воздуха питающего тормоза.

В отечественных электропневматических узлах "ЗЕП-2" и "ЗЕП-3" а также в последнем двухпрограммном решении (УСХ) золотник распределителя управляет соответственно мощным электромагнитом а его конечные положения контролируются соответствующими соединителями. Схема соединений имеет решение исключающее возможность работы машин при неправильном положении любого распределителя. Регулятор давления типа РДУ имеет простую конструкцию. Его действие основывается на обезвоздушивании цилиндра рабочего торможения при затухании сигнала управления. Такой способ работы соответствует рассматриваемым приводам, так как рабочее торможение вынуждается пружинами сжатыми рабочим поршнем. Для узлов типа "ХОП" затухание электросигнала должно вызывать повышение давления и напорное торможение силой поршня; затем сигнал управления и рабочий должны перекрециваться. Такое решение усложняет выполнение регулятора давления в котором одно крайнее положение устанавливается пружиной, а другое - под действием воздуха на распределительный (двухходовой) клапан, что составляет элемент внутреннего обратного сопряжения.

Производимые в настоящее время в СССР узлы управления имеют вместо золотника грибовидный клапан, а вместо мембранны - поршень. Они являются более безотказными от узлов прежней конструкции.

#### Сборка главного вала

Среди дальнейших конструкционных различий между машинами советского и польского производства следует указать на широкое применение крупногабаритных подшипников качения для установки главных валов машин. В машинах польского производства применяются исключительно подшипники скольжения постепенно совершенствованные как по конструкции и технологии, так и системе смазки.

#### Управление приводом

Узлы программирования скорости движения в советском исполнении (АКН, АЗК) имеют кулачковый элемент кратковременного хода включаемый на время пуска или подъезда.

Позволяет это на определенную миниатюризацию элементов кулачек-ролик-потенциометр но одновременно вводят существенные осложнения.

В польских решениях (СК-3) принято, что кулачковый барабан производит один неполный оборот.

Большая точность управления достигается путем:

- возможности ликвидирования зазоров,
- дополнительной установки контакторных узлов с дифференциальным приводом,
- применения электронной системы программирования скорости.

### 3. ВЫВОДЫ ИЗ ОПЫТА ЭКСПЛУАТАЦИИ

#### 3.1. Оценка надежности

В начале 80-х годов была проведена оценка надежности некоторого количества подъемных четырехканатных машин типа МК советского производства, основанная на наблюдении их работы [2]. Были собраны сведения по времени появления и удаления повреждений, их причин а также степени использования рабочего времени.

Среднее время наблюдения за работой машин составило 33 месяца. Процесс эксплуатации подъемной машины описано применение модель процесса восстановления с заключенным временем восстановления, что представлено такими показателями как:

- ожидаемая наработка на отказ -  $T_o$ ,
- ожидаемая продолжительность ремонта -  $T_B$ ,
- показатель готовности -  $K_T = \frac{T}{T_B + T_o}$ .

Определенные величины показателей составляют:  $T_o = 760$  час;  $T_B = 1,5$  час;  $K_T = 9980$ .

Ожидаемый ресурс наработки между повреждениями механической части:

$T_{OM} = 2740$  час.

Ввиду ограниченного количества проб эти результаты следует рассматривать как ориентировочные.

Соотнеся полученные результаты с оценкой надежности подъемных машин польского производства (ЗУТ-3года) можно констатировать, что ожидаемый ресурс наработки в случае машин советского производства больше на ок. 67%, а продолжительность ремонта на ок. 15% больше по отношению к машинам отечественного производства. В связи с этим средний показатель готовности рассматриваемых машин советского производства имеет более высокую величину. Ожидаемый ресурс наработки для механической части на ок. 33% меньше от ресурса для машин польского производства. Из этого следует более высокая надежность (по показателю  $T_o$ ) электрической части машин советского производства. Это понятно, так как эти машины созданы в конце 60-х годов и имеют существенно менее сложную электрическую часть (узел управления и контроля привода а также блокировку). Кроме того констатировано, что степень использования рабочего времени рассматриваемых машин составила почти 75%, что соответствует средней величине этого показателя угольной промышленности [2].

#### 3.2. Избранные проблемы

##### Динамика торможения

Машины типа МК при номинальных соответствующих расчетным настройках торможения достигают в общем слишком высокую динамику торможения. Ввиду ограничений вытекающих из фрикционного сцепления канатов с барабаном эта

настройка соответственно корректировалась. Данная проблема не проявилась в начальной стадии работы барабанных машин. Поэтому несколько лет не принимались соответствующие меры, что привело к ряду повреждений – двухкратно треснула вблизи тангенциальных шпонок правая ступица барабана. По нашей оценке основной причиной было заниженное определение коэффициента трения о чём говорится ниже.

Взаимодействие тормозных лжиков и футеровки тормозных колодок в машинах из ранних поставок не была правильной. Наблюдалось большое рифление стальных лжиков футеровкой с местными утврдеваниями нагромождающимися продуктами износа. Поставляемая позже футеровка типа "Прессмасс" не проявляла уже такого свойства. В машинах типа МК при начальных пусках выступали затруднения в выполнении требования исключения скольжения каната при предохранительном торможении. Величина усилия торможения выступающая в ходе движения машины должна соответствовать конструктивным требованиям и устанавливаться степенью предварительного сжатия батери пружин. Сила пружин является единственным источником приводной силы рабочего тормоза. Ограничение сжатия пружин вызванное необходимостью исключения скольжения канатов, вело к принятию установки не обеспечивающей соответствующей эффективности рабочего тормоза. Эти исключаящиеся требования можно было помирить следующим образом:

- завести пружину усилием гарантирующим соответствующую эффективность рабочего тормоза,
- ограничить активное тормозное усилие в начальной стадии предохранительного торможения, оставляя в рабочем цилиндре остаточное давление.

Осуществление настройки с учетом остаточного давления в существующем решении узла управления не обеспечивало соответствующей точности.

#### Несоответствие с правилами

Польские правила как и многие зарубежные требуют нарезки на сильно нагруженных тормозных тягах круглой резьбы, что обосновано исключением воздействия резьбы как нареза. В некоторых случаях оставлена острые резьба после документирования соответственно повышенного коэффициента безопасности. В итоге несмотря на концентрацию напряжений не создавало это угрозы усталостного разрушения. Профилактическим мероприятием является также дефектоскопия ультразвуками. В машинах отечественного производства главные тормозные болты выполняются из легированной аттестированной стали. Использование в машинах советского производства термически обработанных болтов в тормозных колодках создает несоответствие требованиям аттестации. Кроме того на входе предохранительного цилиндра требуется, по польским нормам, установка стабилизатора давления, который обеспечивает постоянство грузового торможения в качестве быстродействующей защиты. Узел управления рассматриваемых машин производимых в СССР не отвечает этому требованию.

Деформация барабанов в машинах для проходки стволов

Деформация выступила в ряде случаев, при двух и трехслойной намотке в условиях проходки ствола. Выполненные замеры выявили большие различия в действительной толщине оболочки различных барабанов и является следствием нарезки желобков в недостаточно центрированной стальной оболочке. В некоторых местах произошло существенное утоньшение оболочки и вследствие ее ослабления. В отечественных конструкциях желобки выполняются в деревянной футеровке. Кроме исключения ослабления оболочки это позволяет из:

- изменение желобков соответственно с диаметром каната,
- выполнение желобков параллельных с одним или двумя косыми участками для осевого перемещения каната, что обеспечивает рациональное формирование двух или трехслойной намотки на барабан.

Узлы электропневматического управления тормозов

В машинах применяемых для проходки стволов эти узлы модифицированы путем применения электроклапанов новой конструкции, поставляемых Заводом в Конотопе. Кроме того введена новая система фильтрации и сушки сжатого воздуха питающего данные узлы. Эти мероприятия совместно с введением точного контроля трехходовых электроклапанов дают гарантию достаточной надежности и безопасности управления тормозами.

Данные изменения следует рекомендовать для введения в машинах типа МК. Уже много лет они работают на старом оборудовании и лишь в некоторых случаях оснащены системами контроля положения клапанов (в соответствии с рекомендацией Отдела аттестации в ЦМГ КОМАГ). Так как все эти машины работают в одном тресте их модернизация не должна создавать затруднений.

#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ИЗБРАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

##### 4.1. Испытания футеровки

Подъемные машины советского производства оборудованы тормозной футеровкой марки "Прессмасс". Несмотря на их ок. 20-летнее применение в польской промышленности их определение создает много затруднений. Поставщик не приводит соответствующих информации по футеровке а как известно [3] можно различить 9 типов материалов применяемых на футеровку. Уже различия в цвету отдельных поставляемых партий материала позволяет судить о их разнице. Анализ соответствующей литературы [3, 4] указывает, что вопросы связанные с их эксплуатацией сближены.

Кажется, что для идентификации футеровочного материала применяемого в ПНР следует сравнивать его с двумя материалами обозначенными индексами 143-63 и 3-55-67.

Первый из них использовался в машинах выпускаемых заводом им. ЛКСМУ как и НКМЗ. Второй материал внедрен в производство в последнее годы.

С целью получения реальных величин коэффициентов трения футеровочного материала типа "Прессмасс" в последние годы в Институте механизации горного дела были несколько раз проведены их испытания в лабораторных условиях.

Для этого использовано специальный стенд представляющий собой модель тормоза подъемной машины. Полученные параметры торможения отображают работу подъемной машины и позволяют определить коэффициенты статического и кинематического трения в диапазоне скоростей 0,2-40 м/сек. и удельного давления до 2 МПа.

В течение 80-х годов на стенде были испытаны пробы футеровки машин типа МК4х4, Ц 3,5х2А и 2Ц-6х2,8.

Примеры результатов испытаний футеровки приведены в литературе [5]. Констатировано, что напр. в условиях взаимодействия сухой фрикционной пары коэффициент статического трения составляет 0,376, а кинематического - 0,437 для удельного давления 0,8 МПа. Для всего диапазона давления коэффициент статического трения достигал в в/у условиях величину ок. 15% меньше величины кинематического трения. Кроме того констатировано, что определенная величина коэффициента статического трения выше ок. 27% и свыше 46% в случае коэффициента кинематического трения относительно концесионной величины 0,3 [6]. После смазки фрикционной пары коэффициент кинематического трения снизился на 72% а статического на 39% по отношению к условиям взаимодействия сухой пары (для давления 0,8 МПа). Обводнение фрикционной пары вызвало в свою очередь некоторое повышение величин коэффициентов трения.

Испытания футеровки подъемных машин типа МК4х4 и 2Ц-6х2,8 позволяют предопределение таких же выводов взаимного отношения коэффициентов трения с одновременной констатацией высших величин.

#### 4.2. Испытания футеровки шкивов трения

Многоканатные подъемные машины вначале снабжались футеровкой советского производства типа "Пластикат" ПП45. В течение времени эту футеровку замещено отечественным изделием, т.е. футеровкой типа "Модар РЭ" применяемой в настоящее время в большинстве машин советского производства работающих в Польше.

В конце 70-х годов проведено в Институте механизации горного дела [7] испытания статического коэффициента трения футеровки ПП45 применяемой в машине МК5х2 (также и теперь). Для этого приспособлено разрывной станок для канатов.

Испытывалась фрикционную пару - футеровка в условиях: поверхности сухие, увлажненные водой и смазанные смазкой для канатов ЛВКП польского производства.

Удельное давление составило от 1 МПа до 2,6 МПа. Констатировано, что для сухой и увлажненной поверхности выполнены требования "Подробных правил" ( $\mu = 0,25$ ) а также правил обязывающих в СССР [6].

В диапазоне давления 1-2,2 МПа коэффициент трения составлял величину порядка 0,3 превышая на 50% требуемую  $\mu = 0,25$  (для 1 МПа).

Для каната смазанного маслом для канатов типа ЛВКП коэффициент трения был ниже от 0,25.

Для всех состояний поверхностей трения пары величины коэффициента статического трения снижались по мере возрастания удельного давления.

#### 5. ВЫВОДЫ

Подъемные машины типа МК и ЦЗ,5х2А сдали экзамен в условиях интенсивной эксплуатации в польской угольной промышленности. Исключением является машина типа 2Ц6х2,8, которая потребовала множества изменений и поправок уже на этапе монтажа и пуска, особенно в электрической части.

Производство подъемных машин в СССР поставлено на высоком уровне, особенно в области элементов электропривода и управления. Кроме того усовершенствуются специальные конструкции предназначенные для проходки стволов. Приобретением этих машин, типа МПП заинтересован трест шахтного строительства.

В ближайшее время не предусматривается импорт стационарных подъемных машин так как принято направление унификации конструкции машин что облегчает процесс капиталовложений и их эксплуатацию. Высокий уровень отечественных технических решений а также возможность выбора между тиристорным приводом и схемой Вард-Леонарда подтверждает выбор токого направления.

Кроме того ограничение импорта оснащения польских подъемных машин только к тахнографам и узлов управления существенно исключил затруднения связанные с производством, поставкой на шахты и эксплуатацией подъемных машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Змысловски Т., Смилек З.: Некоторые проблемы эксплуатации тормозных систем подъемных машин относительно аварии в стволе 1 шахты Качице. Безопасность работы в горной промышленности. 1982/1.
- [2] Антоняк Ю., Бродзиньски С., Чаплицки Ю., Лютыньски А.: Исследования в области надежности подъемных машин с учетом пусковых испытаний. Научно-исследовательский труд. Кафедра горного дела Силезского политехнического института. 1979 (не публ.).
- [3] Траубе Е., Найденко Ю.: Тормозные устройства и безопасность шахтных подъемных машин. Недра, 1980.
- [4] Безок В., Грузутин Р., Калинин В., Чайка В.: Неисправности шахтных подъемных машин. Недра, 1980.
- [5] Бродзиньски С., Янковски А.: Определение величины коэффициента трения футеровки типа "Преосмасс", применяемой в подъемных машинах советского производства. Экспертиза. 1985 (не публ.).
- [6] Правила технической эксплуатации угольных и сланцевых шахт.

- [7] Царбогно А.: Оценка трения свойств футеровки шкива. Заспертиза.  
1978 г. (не публ.).

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Stanisław ŚCIESZKA

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1986

## SPOSTRZEŻENIA Z EKSPLOATACJI W KRAJOWYM GÓRNICTWIE MASZYN WYCIĄGOWYCH PRODUKCJI ZSRR

### S t r e s z c z e n i e

W artykule omówiono doświadczenia zebrane podczas eksploatacji w polskim górnictwie maszyn wyciągowych produkcji radzieckiej. We wstępie wskazano przyczyny decyzyj importowych. W zestawieniu typów i liczebności maszyn uwzględniono maszyny wyciągowe stacjonarne, a także maszyny do głębienia szybów. Następnie omówiono główne różnice konstrukcyjne pomiędzy maszynami wyciągowymi produkcji ZSRR, a rozwiązaniami polskimi.

Na podstawie obserwacji procesów eksploatacji omawianych maszyn dokonano próby oceny niezawodności maszyn wielolinowych oraz przedstawiono najistotniejsze problemy, które pojawiły się podczas użytkowania, jak: dynamika hamowania bezpieczeństwa, wytrzymałość i trwałość wybranych elementów, konstrukcja i działanie zespołu sterowania hamulców itp. W artykule zamieszczono również rezultaty badań laboratoryjnych niektórych elementów, w tym okładzin hamulcowych. W zakończeniu skomentowano wyniki obserwacji i badań.

### SOME OBSERVATIONS ON THE OPERATION OF WINDERS PRODUCED IN THE USSR AND EXPLOITATED IN POLAND

### S u m m a r y

The paper deals with observations made during the operation of the USSR - made winders in Polish coal mines. The introduction presents reasons for importing winders from the USSR. Both stationary winders and those for shaft sinking have been discussed in the article. Main constructional differences between winders produced in the USSR and Poland have been distinguished. On the basis of the carried out observations the reliability of multy-rope winders has been estimated and the most important problems connected with winder exploitation, such as: dynamics of safety braking, strength and durability of chosen elements, construction and operation of brake control assembly, etc. have been considered. The authors have also cited the results of laboratory tests of some elements, e.g. brake linings. The results of observations and tests are discussed in the conclusions.