

6
А-62

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ У С С Р

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Аспирант Г.П. Христианинова

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЯЖИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК

/ На примере узла трения поворотного механизма экскаватора ЭКГ-4 вертикальный вал- втулки /

162. Трение и износ в машинах.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск - 1970 г.

Работа выполнена в научно-исследовательской лаборатории кафедры прикладной механики Днепропетровского металлургического института и на руднике Криворожского Южного горнообогатительного комбината.

- Научный руководитель - доктор технических наук, профессор ЧУМАСОВ С.Ф.
- Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор ВЕНЦЕЛЬ С.В.
- кандидат технических наук, доцент ОСИПОВ А.С.
- Ведущее предприятие - Новокриворожский горнообогатительный комбинат.

Автореферат разослан "12" января 1971 г.
 Защита состоится после "12" февраля 1971 г на заседании Ученого Совета технологического факультета Днепропетровского металлургического института, г.Днепропетровск, проспект Гагарина, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Днепропетровского металлургического института.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА

/ доцент П.Л.КЛИМЕНКО/

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ У С С Р

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Аспирант Г.П. Христианинова На правах рукописи

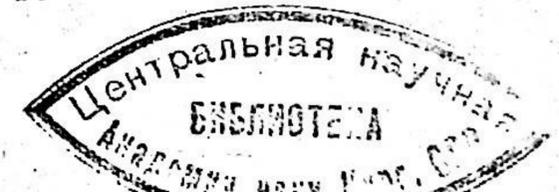
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ КОНСИСТЕНТНЫХ СМАЗОК

/ На примере узла трения поворотного механизма экскаватора ЭКГ-4 вертикальный вал- втулки /

162. Трение и износ в машинах.

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
 диссертации на соискание ученой степени
 кандидата технических наук

Днепропетровск - 1970 г.



В В Е Д Е Н И Е

Директивы XIII съезда КПСС предусматривают высокие темпы роста металлургической промышленности. Выполнение этих планов тесно связано с повышением производительности труда на открытых и подземных горных работах и снижением себестоимости добываемой руды.

Необходимость роста технико-экономических показателей горных работ требует улучшения использования горных машин, в частности экскаваторов. На рудниках Криворожского железорудного бассейна экскаваторы ЭКГ-4 практически работают 50-65% общего календарного времени года. Низкий коэффициент использования экскаваторов в значительной мере обусловлен интенсивным изнашиванием их деталей. Установлено, что из общего числа отказов экскаваторов 50% составляют отказы, возникающие в результате предельного износа вертикальных валов и втулок поворотных механизмов.

Узел трения вертикальный вал-втулки работает в тяжелом режиме, поэтому смазывается консистентной смазкой. Недостаточная герметизация узла, обусловленная его конструкцией, приводит к засорению смазки абразивными частицами.

Теоретических и экспериментальных исследований подшипниковых узлов, работающих при консистентной смазке, засоренной абразивными частицами, до сего времени недостаточно.

Настоящая работа выполнена с целью комплексного исследования противоизносных свойств консистентных смазок и износостойкости трущегося сопряжения экскаватора ЭКГ-4 вертикальный вал-втулки.

Реферируемая работа содержит: 138 страниц машинописного текста, 58 таблиц, 49 рисунков и списка использованной литературы из 76 наименований. К работе приложены методика и акт промышленных испытаний консистентной смазки ЛЗ-122, проведенных на руднике Криворожского Южного горнообогатительного комбината (ЮГОК).

Г Л А В А I.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ УЗЛА ТРЕНИЯ ПОВОРОТНОГО МЕХАНИЗМА ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-4 ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ВАЛ-ВТУЛКИ.

Работа по изучению количества отказов и характера изнашивания вертикальных валов и втулок проводилась в натуральных условиях рудника ЮГОКа. Произведено 172 измерения времени безотказной работы нижних втулок и 113 измерений времени безотказной работы верхних втулок. Анализ натуральных наблюдений позволил установить, что недостаточная износостойкость исследуемых деталей определяется низким качеством материала втулок и обработки трущихся поверхностей, несовершенством смазки и ее засорением, тяжелым режимом работы соединения и агрессивностью окружающей среды.

Втулки, изготовляемые на ДЮКе из дефицитной и дорогостоящей бронзы Вр. СДС 5-5-5, работают в паре с валом, поверхности которого при ремонтах заливаются твердым сплавом, обеспечивающим поверхностную твердость НРС 45-48. Исследованиями установлено, что износостойкость сопряжения существенно зависит от шероховатости трущихся поверхностей, которая назначается без достаточного учета условий работы узла.

Вертикальные валы и втулки работают при удельных давлениях, достигающих $45 \text{ } \frac{\text{H}}{\text{м}^2}$, и скорости скольжения $0,24 \text{ м/сек}$, поэтому в зону трения узла подается смазка УС-3 / Т / (солидол Т). Установлено, что с точки зрения герметизации узла, устойчивости против выжимания из зазоров и эффективности смазочного процесса эта смазка не является совершенной, особенно, при переменных нагрузках и реверсивном вращении вала. Снижению противоизносных свойств смазки способствует изменение ее качественных характеристик и загрязнение при эксплуатации продуктами износа поверхностей трения и проникающими извне абразивными частицами.

Для объяснения явлений, происходящих в зоне трения, сделан минералогический анализ проб отработавшей смазки УС-3/Т/, взятых из исследуемого узла 43 экскаваторов. В смазке обнаружены частицы кварца, магнетита, лимонита, глинистых сланцев, бронзы, стали и определена их крупность. Из них основным изнашивателем сопряжения является кварц.

При визуальном осмотре поверхностей трения изношенных деталей обнаружены: риски-царапины, ориентированные по направлению скольжения, пластически выдавленные канавки, вырвы микрообъемов материала.

Наличие абразивных частиц и срезанных стружек в смазке и характер разрушения поверхностей трения указывают на то, что вертикальные валы и втулки подвергаются преимущественно абразивному износу.

Обработка результатов анализа проб методом математической статистики показала, что среднее арифметическое процентного содержания примесей составляет 3,82 %.

На основании результатов наблюдений установлены фактические сроки службы исследуемых деталей и определено количество горной массы, отгруженной в эти сроки. Методом математической статистики установлено, что время безотказной работы втулок выражается кривыми нормального распределения. Экспериментальные данные близки к определенным теоретическим.

За измеритель процесса изнашивания деталей экскаватора принималось отношение линейных величин износа деталей в мм к 10^5 м^3 отгруженной горной массы. Определено, что среднее значение темпа износа для нижних втулок составляет $1,598 \text{ мм}/10^5 \text{ м}^3$; для верхних - $1,173 \text{ мм}/10^5 \text{ м}^3$ горной массы.

Анализ работы исследуемого узла трения позволил наметить задачи исследования.

В экспериментальной области :

1. Установить влияние микрогеометрии и материала поверхностей трения на толщину слоя смазки при различных нормальных нагрузках. Определить оптимальный класс чистоты обработки трущихся металлических поверхностей, между которыми сохраняется сплошная пленка консистентной смазки.

2. Выявить влияние марок стали, термической обработки и температуры трущихся шлифованных поверхностей на подвижность смазки. Выяснить влияние окисления поверхностей трения на толщину смазочного слоя. Подобрать для втулок более износостойкие, но менее дефицитные материалы, чем бронза.

3. Установить зависимость толщины смазочного слоя от нагрузки при наличии в смазке абразивных частиц различной крупности.

4. Для исследуемого узла трения подобрать консистентную смазку, обеспечивающую герметизацию узла и эффективность смазочного процесса.

5. Разработать методику исследований и конструкции стендов. Проверить полученные результаты на промышленных образцах.

В теоретической области:

1. Установить зависимости интенсивности износа бронзы и момента трения трущейся пары сталь-бронза от удельной нагрузки в сравниваемых смазках, загрязненных абразивом.

2. Получить критериальное уравнение процесса абразивного изнашивания вертикальных подшипников скольжения в вязко-пластической среде.

Г Л А В А П.

СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА РОЛЬ СМАЗКИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ ПРИ АБРАЗИВНОМ ИЗНАШИВАНИИ

На основании анализа опубликованных работ обобщены современные представления о консистентных смазках, механизме их смазочного действия и изучено состояние проблемы об активности абразивного воздействия при трении.

Наиболее крупными исследованиями, оказавшими влияние на формирование науки об изнашивании, являются работы советских ученых : Б.Д. Грозина, А.К. Дьячкова, И.В. Крагельского, М.М. Хрушова , А.К. Зайцева, С.Ф. Чукмасова, Б.В. Дерягина, В.Д. Кузнецова, Б.И. Костецкого, М.М. Тененбаума, И.А. Бегагоена, Г.А. Прейса, Д.Н. Гаркунова, И.М. Федорченко , П.Н. Львова, П.А. Ребиндера, Н.П. Петрова, В.С. Щедрова и других, а также зарубежных ученых Боудена и Тейбора.

Обширные исследования свойств смазок выполнены учеными: П.А. Ребиндером, А.Н. Трапезниковым, Г.В. Виноградовым, М.П. Валаровичем, Д.С. Великовским, С.В. Венцелем, В.В. Зайнштоком, Б.Н. Поддубным, Б.Д. Готовкиным, С.Н. Клемгардтом, Б.Фаррингтоном, Л.Педдингтоном и Р. и М. Болд.

Представления о механизме смазочного процесса свидетельствуют о том, что в неблагоприятных условиях работы основное значение приобретает маслянистость смазки. Констатируется, что в осуществлении маслянистого эффекта участвуют в равной мере смазка и материал, но не вскрывается характер влияния материала и микрогеометрии поверхностей трения на толщину смазочного слоя, в то время, как чистота обработки трущихся поверхностей, их термическая обработка, температура и окисление могут изменить взаимодействие смазочного материала с поверхностью трения.

Нет единого мнения о механизме абразивного изнашивания. Недостаточно изучен вопрос об интенсивности абразивного изнашивания в зависимости от нагрузки, скорости скольжения, чистоты обработки поверхностей трения и их температуры. Кроме того, влияние этих факторов на износостойкость материалов определено при работе без смазки. Представляет интерес изучение влияния указанных факторов на износостойкость материалов в условиях смазки, загрязненной абразивными частицами. Подобные исследования проведены советскими учеными с целью установления влияния нагрузки и скорости на интенсивность изнашивания, но для некоторых трущихся пар, в ограниченном

диапазоне скоростей и нагрузок и при наличии жидких масел.

Консистентные смазки специфически отличаются от смазочного масла. Поэтому намеченное в этом исследовании изучение интенсивности изнашивания материалов в условиях консистентной смазки, загрязненной частицами абразива, позволит установить влияние определяющих параметров процесса изнашивания и будет полезным для практики эксплуатации горных машин, так как даст возможность изыскать способы снижения износа исследуемых деталей.

Г Л А В А Ш.

ВЛИЯНИЕ МИКРОГЕОМЕТРИИ ТРУЩИХСЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ТОЛЩИНУ СЛОЯ КОНСИСТЕНТНОЙ СМАЗКИ.

Результаты исследований позволили установить, по каким законам утончается смазочный слой, как меняются его свойства с уменьшением толщины и какое влияние оказывает на эффект смазочного трения природа материалов и их термическая обработка, а также микрогеометрия, температура, окисление их трущихся поверхностей и присутствие между этими поверхностями абразивных частиц.

Использовалась следующая методика исследований. Опыты проводились на круглых образцах диаметром 60 мм. Поверхности трения обрабатывались до требуемого класса чистоты по ГОСТ 2789-59. Перед испытанием эти поверхности обезжиривались бензином Б-76. Все опыты выполнялись при нормальном атмосферном давлении и температуре окружающей среды 297°К.

Смазка, заключенная между образцами, сдавливалась вместе с последними на гидравлическом прессе. Нормальное давление на образцы определялось по манометру. После снятия нагрузки верхний образец снимался. Капля смазки после сдавливания принимала форму пятна. Толщина смазочного слоя вычислялась как частное от деления объема смазки, заключенной между пластинами, на площадь пятна.

На основании предварительных испытаний опыты для каждой пары образцов проводились не менее трех раз. Полученная совокупность средних арифметических величин диаметров пятен и вычисленные по ним значения толщины смазочного слоя обработаны на ЭВМ по методу наименьших квадратов и представлены графиками.

Опыты по влиянию микрогеометрии и материала поверхностей трения на величину пятна смазки проводились для сопряженных материалов: сталь 45ХН-сталь 45ХН и сталь 45ХН - бронза ОЦС-5-5-5 в диапазоне нормальных нагрузок от 520 н до 5200 н. Исследовалась смазка УС-3/Т/.

Анализ полученных зависимостей показал, что для каждой пары образцов существует интервал нагрузок, в пределах которого изменение нагрузки не влияет на подвижность смазки. При 3-ем, 4-ом и 5-ом классах чистоты такое явление объясняется тем, что смазка временно замыкается контактирующими неровностями. Потеря подвижности между шлифованными поверхностями обусловлена влиянием силового поля материалов испытуемых образцов. Смазка теряет подвижность в тот момент, когда начинают создаваться ориентированные слои смазки.

В ходе исследований выполнено сравнение адгезии смазки к твердой поверхности испытуемых материалов. Обнаружено, что увеличения адгезии смазки к твердой поверхности стали можно достигнуть термообработкой последней. Адгезию смазки к поверхности трения увеличивает окисление материалов при низких температурах. Это объясняется возрастанием эффекта хемосорбции.

Диаметры пятен смазки, находящейся между поверхностями образцов, изготовленных из различных сталей, кроме графитизированной, оказались одинаковыми в пределах ошибок измерения. Взаимодействие графитизированной стали со смазкой другое. Графитизированная сталь улучшает маслянистость смазки по сравнению с бронзой. В таблице I приведен химический состав испытуемой графитизированной стали в %.

Таблица I

C	Mn	Si	S	P	Cu	Ni	C
1.72	0.40	1.47	1.32	0.03	--	0.04	0,08

Влияние температуры поверхностей трения на подвижность смазки исследовано на стальных шлифованных образцах для интервала температур 288°К- 368°К. Наиболее резко диаметр пятна смазки увеличивается в интервале температур от 318°К до 338°К.

С целью выбора наиболее рациональной смазки для исследуемого узла трения проведены испытания смазки УС-3/Т/ и смазок ЛЗ-122, ЛЗ-163, ЛЗ-164, ЛЗ-166 и ЛЗ-184, физико-химические свойства которых приведены в таблице 2.

Наименование смазки	Тип смазки	Состав смазки	Содержание в %		Температура, при которой вязкость смазки в 10 раз превышает вязкость при 100 сек ⁻¹ и температуре 323°K	Температура при испытании		
			Минеральное	Механическое				
Солидол жидкой УС-3/T/	Кальциевая	Очищенное или выделочное минеральное масло, загущенное кальциевыми мылами.	18	3,0	0,5	303	50,0	220
ЛБ-122	Алюминиевая с добавкой Zn мыл.	Минеральное масло цилиндрическое 52, загущенное алюминиевыми и цинковыми мылами.	25	след	-	307	102,0	200
ЛБ-163	Литиевая с добавкой Zn мыл	Минеральное масло веретенное АУ, загущенное литиевыми мылами, с добавкой цинковых мыл.	26	"	-	445	34,0	280
ЛБ-164	Литиевая с добавкой Zn и Al мыл.	Минеральное масло веретенное АУ, загущенное литиевыми мылами, с добавкой цинковых и алюминиевых мыл.	23	"	-	453	55,0	240
ЛБ-166	Литиевая с добавкой Zn мыл.	Смесь минеральных масел вязкостью 34 сСт при 323°K, загущенная литиевыми мылами с добавкой цинковых мыл.	20	"	-	453	89,8	200
ЛБ-184	Литиевая с добавкой Zn мыл.	Минеральное масло ИС-20, загущенное литиевыми мылами с добавкой цинковых мыл.	16	"	-	453	98,9	220

Опыты проводились для пар трения : сталь 40Х- сталь 40Х и сталь 40Х - бронза ОЦС 5-5-5. Поверхности трения образцов обрабатывались по 8-му классу. Эксперименты показали, что наибольшую толщину смазочного слоя между сопряженными поверхностями обеспечивает смазка ЛБ-122. Она лучше других исследуемых смазок сопротивляется выдавливанию. Это объясняется высокой вязкостью минерального масла и спецификой алюминиевых мыл, входящих в ее состав.

Смазка ЛБ-122 выдерживает нагрузку на 35 % выше, чем солидол /Т/. Чтобы выяснить влияние присутствия абразивных частиц на толщину смазочного слоя, в смазку вводились частицы горной породы крупностью до 50-60 мкм. Установлено, что смазка начинает воспринимать давление после внедрения частиц в поверхность трения на глубину, допускаемую смазкой.

Проведенные исследования позволили рекомендовать для узла трения вертикальный вал-втулки смазку ЛБ-122, а в качестве подшипникового материала - графитизированную сталь при обеспечении 8-го класса чистоты обработки сопряженных поверхностей валов и втулок.

Г Л А В А IV.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИЗНОСОУСТОЙЧИВОСТИ АНТИФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, СМАЗЫВАЕМЫХ КОНСИСТЕНТНЫМИ СМАЗКАМИ С ПРИМЕСЬЮ АБРАЗИВНЫХ ЧАСТИЦ

Установление зависимости интенсивности изнашивания и моментов трения трущихся пар от материалов трущихся поверхностей

и их свойств, а также нормальных удельных нагрузок при смазках ЛЗ-122 и УС-3/Т/, загрязненных частицами абразива, - главное содержание настоящей главы.

Эксперименты проведены на специально сконструированных машинах трения МТ-1 и МТ-2. На первой машине воспроизводились такие же условия работы, как и при установлении толщины смазочного слоя. Испытуемые образцы изготавливались в виде круглых пластин, подвижные-из стали 45ХН, НР С 48, неподвижные-из бронзы ОЦС 5-5-5. Их рабочие поверхности обрабатывались по 8-му классу чистоты.

Сценивались противозносные свойства смазок УС-3/Т/ и ЛЗ-122, в которые предварительно вводилось 4% абразива по весу. Величина зерен рабочей фракции горной породы не превышала 50 мкм. Смазка на трущиеся поверхности подавалась через отверстие, расположенное в центре неподвижного образца, по истечении 20 минут. Расход смазки за время испытаний одной пары образцов поддерживался одинаковым.

Был принят следующий цикл испытаний:

а) образцы прирабатывались в чистой смазке УС-3 при угловой скорости 6,28 сек⁻¹ и удельном давлении 1,0 Мн/м² в течение двух часов ;

б) после приработки образцы испытывались в смесях смазок с абразивом в течение 3 часов 20 минут при нагрузках 1,0; 1,6; 2,2 ; 2,8 ; 3,4; 4,0 Мн/м² и прежней скорости.

В качестве оценочного показателя смазочной способности смазок принимался весовой износ образцов с точностью до 0,1 мг.

Дополнительно контролировалось изменение их толщины на вертикальном оптиметре с точностью до 1 мкм.

Момент трения на сопряженных поверхностях измерялся тензометрическим методом, который дублировался весовым. После математической обработки результатов испытаний получены следующие зависимости интенсивности износа и моментов трения от удельной нагрузки :

в смазке ЛЗ-122 с примесью абразива

$$J_q = 0,0000448 q^2 + 0,00016734 q + 0,0020939$$

$$M_{тр} = -0,07295 q^2 + 0,56791 q + 0,16562$$

в смазке УС-3/Т/ с примесью абразива

$$J_q = -0,00021311 q^2 + 0,0024846 q - 0,001316$$

$$M_{тр} = -0,07858 q^2 + 0,92401 q - 0,41893$$

Сопоставление полученных зависимостей, показало, что для проведенных режимов испытаний с увеличением нагрузки моменты трения и интенсивность изнашивания бронзы в обеих смесях смазок возрастают во всем диапазоне нагрузок. В смеси смазки ЛЗ-122 с абразивом увеличение указанных параметров более плавное.

Установлена зависимость температуры рабочих поверхностей образцов от удельного давления. Температура измерялась на расстоянии 0,5 мм от поверхности трения неподвижного образца хромель-капелевыми термопарами, которые проходили индивидуальную градуировку. Температура во всем диапазоне нагрузок при указанных смесях и угловой скорости 6,28 сек⁻¹ не превышает 328°К, поэтому не может служить фактором, определяющим износостойкость бронзы в вязко-пластической среде.

В смеси смазки ЛЗ-122 с абразивом проведены опыты для сравнения антифрикционных свойств бронзы и графитизированной стали. Оба материала испытывались в паре со сталью 45ХН, НРС 48 при удельном давлении 1.8 Мн/м^2 . Режим испытаний оставался идентичным предыдущему. Проверка полученных результатов по гипотезе об однородности средних показала, что целесообразно заменить бронзу графитизированной сталью.

Машина трения МТ-2 позволила обеспечить геометрическое подобие натурального подшипника и модели, подобие микрогеометрии поверхностей трения и воспроизвести необходимые удельные давления, скорости и физический процесс натурального объекта. Применение теории размерностей позволило определить, какая совокупность рассмотренных свойств влияет на износ и установить, что с этими свойствами связано отношение линейного износа ко времени. Физический смысл трех полученных критериев подобия показывает, что при объяснении явлений, происходящих при трении подшипниковых материалов в вязко-пластической среде с примесью абразива должны учитываться энергетические связи.

На машине МТ-2 сравнивались два материала. Для каждого из них устанавливалась зависимость между вторым и третьим критериями при постоянном первом. Определено, что между вторым и третьим критериями существует степенная зависимость.

Выравнивание кривых и определение аналитических зависимостей производилось на ЭВМ. Установлено, что основное влияние на износ подшипника оказывают свойства его материала и удельное давление на трущихся поверхностях.

Абразивному износу лучше сопротивляется графитизированная сталь.

Функциональная зависимость скорости износа от определяющих параметров выражается уравнениями:

для пары сталь-бронза

$$V_{\text{из}} = \frac{S^{\frac{1}{2}} \theta^{\frac{1}{2}} Q^{\frac{2}{3}} A^2}{F^{\frac{2}{3}}}$$

для пары сталь-графитизированная сталь

$$V_{\text{из}} = \frac{S^{\frac{1}{2}} \theta^{\frac{1}{2}} Q^{\frac{1}{3}} A}{F^{\frac{1}{3}}}$$

- где :
- S - объемная удельная теплоемкость материала, дж/кг.град ;
 - θ - температура плавления наиболее легкоплавкой составляющей материала, $^{\circ}\text{К}$;
 - Q - удельное давление, Мн/м^2 ;
 - A - атомный диаметр основной составляющей, А° ;
 - F - свободная энергия образования окисла основной составляющей материала, дж/киломолекула кислорода.

Г Л А В А У.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СМАЗКИ ЛЗ-122 И ГРАФИТИЗИРОВАННОЙ СТАЛИ В ИССЛЕДУЕМОМ УЗЛЕ ТРЕНИЯ ЭКСКАВАТОРА ЭКГ-4

В главе изложены результаты промышленных испытаний, проведенных с целью проверки основных результатов лабораторных исследований и получения данных об изменении темпов изнашивания втулок за счет внедрения смазки ЛЗ-122 и улучшения качественной

обработки сопряженных поверхностей исследуемых деталей.

Вертикальные валы для промышленных испытаний изготовлялись из стали 45ХН; их шейки наплавлялись порошковой проволокой ЗХ2В8, после чего обрабатывались до 8-го класса чистоты. Втулки отливались из бронзы ОЦС 5-5-5, чистота их рабочих поверхностей соответствовала 6-му классу.

Для возможности сравнения противоизносных свойств консистентных смазок ЛЗ-122 и УС-3/Т/ наблюдения велись на экскаваторах, работающих на одних и тех же горизонтах карьера. Подача смазки производилась через каждые два часа. После отгрузки приблизительно одинакового количества горной породы экскаваторами контролировался износ рабочих поверхностей вертикальных валов и определялся темп их износа.

Проведенные промышленные испытания показали, что замена смазки УС-3/Т/ смазкой ЛЗ-122 позволит уменьшить темп износа нижних втулок на 6%, верхних - на 9%, а вследствие этого, получить экономию запасных частей. Если при этом повысить чистоту обработки вала до 8-го класса, то процент использования нижних втулок возрастет на 11%, верхних - на 15,6%.

Основные результаты теоретических, экспериментальных исследований и промышленных испытаний следующие:

1. Определены средние сроки службы и темпы износа вертикальных подшипников скольжения карьерных экскаваторов ЭКР-4.

2. Установлено, что ведущим видом изнашивания в сопряжении вертикального вала и втулок поворотного механизма является изнашивание абразивное.

3. Разработана методика исследований противоизносных свойств консистентных смазок и износостойкости вертикальных подшипников, работающих в вязко-пластической среде, засоренной абразивными частицами. Для проведения экспериментов созданы приспособления и машины трения.

4. Получены зависимости толщины слоя консистентных смазок от нормальной нагрузки с учетом влияния микрогеометрии, материала, окисления, термической обработки и температуры трущихся поверхностей.

5. Показано, что адгезия консистентной смазки к твердой поверхности бронзы превышает адгезию консистентной смазки к твердой поверхности легированной стали, но оказывается ниже адгезии смазки к твердой поверхности графитизированной стали.

6. Получены закономерности изменения момента трения и интенсивности износа трущейся пары сталь-бронза в зависимости от нормальной удельной нагрузки при смазках УС-3/Т/ и ЛЗ-122, загрязненных абразивными частицами.

7. С помощью теории размерностей определено, какая совокупность свойств влияет на износ исследуемого узла при наличии в сопряжении консистентной смазки и абразива.

8. Методами теории подобия получено критериальное уравнение для определения скорости износа вертикальных подшипников в вязко-пластической среде, содержащей частицы абразива.

9. Установлено, что эффективными средствами повышения износостойкости вертикальных подшипников экскаваторов ЭКР-4

являются :

- а) замена в исследуемом сопряжении пары сталь-бронза на сталь-графитизированная сталь ;
- б) обеспечение чистоты обработки трущихся поверхностей сопряжения не ниже 8-го класса ;
- в) применение для исследуемого узла трения консистентной смазки ЛЗ-122.

10. Промышленные испытания показали, что внедрение смазки ЛЗ-122 в производство снизит расходы на приобретение запасных частей экскаваторов ЭКГ-4 по ГОКах Кривоасса на 85600 рублей в год , а при одновременном повышении чистоты обработки вертикальных валов до 8-го класса на 171200 рублей.

Лабораторные исследования графитизированной стали на машине МТ-2 указывают на рациональность ее применения для изготовления втулок исследуемого узла. Это обеспечит экономию 32 тонн бронзы в год по Кривбассу.

Основные положения диссертации изложены в статьях:

Г.Чукмасов С.Ф., Христианинова Г.П. Влияние микрогеометрии трущихся металлических поверхностей на толщину слоя консистентной смазки. Сборник "Детали машин и подъемно-транспортные машины" , изд. "Техника", 1969, №9.

2. Христианинова Г.П., Этин Г.Я. К вопросу о выборе рациональной смазки для подшипников скольжения карьерных экскаваторов ЭКГ-4. Сборник " Горная электромеханика и автоматика ", изд. Харьковского государственного университета, 1969, №14.

3. Христианинова Г.П., Зимокос Г.Н. Характеристика изнашивания вертикальных подшипников скольжения поворотных механизмов экскаваторов ЭКГ-4. Сборник "Металлургическая и горнорудная промышленность ", изд. "ПромІнь ", 1970, № 1 /61 /.

Результаты работы обсуждались и получили одобрение на научно-технических конференциях Криворожского горнорудного института 6 мая 1966 года и 22 апреля 1968 г.