

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕДОМЫХ ДИСКОВ ГМП БЕЛАЗ С НОВЫМ МАСЛОМ LZ_G-BASE И ФРИКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ ФМ-15 И МК-5

Региня В.В.¹, член-корр. НАНБ Ильющенко А.Ф.², к.т.н. Лешок А.В.²,
Роговой А.Н.², Грязев Д.А.³, к.х.н. Петров В.А.⁴

¹ОАО «БелАЗ» – управляющая компания холдинга «БелАЗ-Холдинг», Жодино, Беларусь

²Институт порошковой металлургии, Минск, Беларусь

³Филиал компании «Лубризол Гезелльшафт м.б.Х.», Москва, Россия

⁴ООО «Газпромнефть – Смазочные материалы», Москва, Россия

sdilav@tut.by

На карьерных самосвалах БЕЛАЗ грузоподъемностью от 30 до 90 тонн, погрузчиках и бульдозерах, специальной технике БЕЛАЗ для металлургических производств (шлаковозы, тяжеловозы), аэродромных тягачах, а также на самосвалах и технике для подземных работ марки «МоАЗ» применяются гидромеханические передачи (ГМП) производства ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ». Наиболее ответственным элементом гидромеханической передачи, лимитирующим ее срок службы и надежность, являются фрикционы переключения ступеней и блокирования гидротрансформатора. Диски фрикционов воспринимают значительные статические и динамические нагрузки, их поверхности подвержены воздействию большой удельной тепловой энергии и интенсивному изнашиванию. В процессе проведения испытаний установлено, что для спеченного порошкового фрикционного материала на основе меди МК-5 (серийно используемого в гидромеханической коробке передач) повысить коэффициент трения, снизить время остановки и интенсивность износа можно за счет использования трансмиссионного масла LZ_G-Base. Спеченный порошковый фрикционный материал ФМ-15 имеет изначально повышенные триботехнические свойства в сравнении с материалом МК-5. Исследованию триботехнических свойств спеченных порошковых материалов уделяется в настоящее время много внимания. Однако в этих работах не рассмотрено влияние смазочных материалов на работу спеченных порошковых фрикционных материалов. Применение разработанного на технологиях Lubrizol и базовых маслах G-Base масло типа (LZ_G-Base) при работе спеченного фрикционного материала ФМ-15 повышает его триботехнические свойства на 10...15%. Проведенные исследования ведомых дисков для ГМП БЕЛАЗ с новым трансмиссионным маслом LZ_G-Base и фрикционными материалами ФМ-15 и МК-5 показали, что повышаются триботехнические характеристики и снижается интенсивность износа дисков.

Ключевые слова: гидромеханическая передача, фрикционный диск, конртело, спеченный порошковый фрикционный материал, масла, смазка, коэффициент трения, интенсивность износа, акустические характеристики фрикционного материала, момент трения.

Введение

Гидромеханическая передача карьерных самосвалов БЕЛАЗ грузоподъемностью 30...60 т представляет собой единый агрегат, состоящий из согласующей передачи (на отдельных моделях ГМП), гидротрансформатора, коробки передач, гидродинамического тормоза-замедлителя и узлов гидравлической системы. Коробка передач – вальная с прямозубыми шестернями постоянного зацепления. В зависимости от функции и расположения шестерни коробки передач соединены неподвижно с валами или установлены на подшипниках. В

качестве элементов управления в ГМП применяются работающие в масле многодисковые фрикционы (рис. 1). Переключение ступеней осуществляется посредством фрикционов, блокирующих соответствующие шестерни коробки передач с валами. Фрикцион состоит из барабана 4, венца 13, поршня 3, ведущих 20 и ведомых 21 дисков, упорного диска 19, отжимных пружин 5, опоры пружин 17 и опорных и уплотнительных колец.

Фрикционы гидромеханических передач работают в сложных, напряженных условиях. В процессе включения они воспринимают стати-

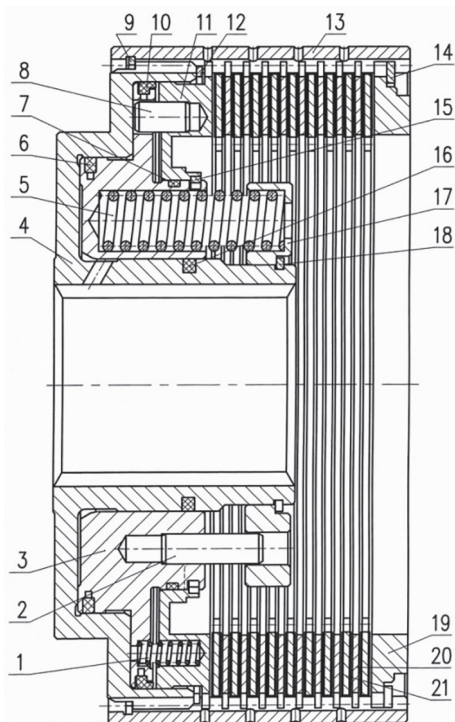


Рис. 1. Фрикцион для ГМП карьерных самосвалов БЕЛАЗ грузоподъемностью 55...60 т:

- 1 – пружина нажимного диска; 2, 8 – штифты;
3 – поршень; 4 – барабан; 5 – пружина отжимная;
6, 7, 10, 16 – кольца уплотнительные;
9, 14, 18 – кольца опорные; 11 – диск нажимной;
12, 15 – кольца стопорные; 13 – венец барабана;
17 – опора пружин; 19 – диск упорный; 20 – диск ведущий; 21 – диск ведомый

ческие и динамические нагрузки, поверхности трения фрикционов подвержены воздействию большой удельной тепловой энергии и интенсивному изнашиванию. Максимальное давление на поверхности дисков для некоторых режимов работы ГМП может достигать 6 МПа.

Фрикцион имеет восемнадцать пар трения (восемь ведущих стальных дисков и девять ведомых дисков с металлокерамическими накладками, закрепленными на стальной основе методом спекания). Барабан и поршень фрикциона образуют гидравлический исполнительный цилиндр, посредством которого осуществляется сжатие пакета дисков для включения фрикциона. При включении ступени рабочая жидкость подается в цилиндры фрикциона. Под давлением рабочей жидкости поршень перемещается, зазоры между ведущими и ведомыми дисками уменьшаются, и когда они будут полностью выбраны, перемещение поршня прекращается, давление жидкости в цилиндре увеличивается до расчетного, диски сжимают-

ся и блокируют шестерню с валом: происходит включение ступени коробки передач. На цилиндрической поверхности поршня установлен нажимной диск 11. Между диском и поршнем помещены пружины 1, которые после выключения ступени разводят между собой диск и поршень, обеспечивая слив рабочей жидкости из большого цилиндра. В поршне установлен клапан плавности, предназначенный для регулирования давления рабочей жидкости при включении ступени.

Ведущие диски изготавливаются из стали 30ХГСА, твердость поверхности диска после термообработки 28...32 HRC.

Ведомые диски представляют собой несущую основу со стали 65Г с расположенным с двух сторон спеченным порошковым фрикционным материалом МК-5 (олово – 9 %; свинец – 9 %; железо – 4 %; графит – 7 %; медь – основа), на поверхности которого имеются канавки для протекания масла, которое охлаждает и смазывает диски вовремя их буксования. Стальная основа ведомого диска термообработывается до твердости 40...46 HRC.

Важной задачей при повышении ресурса фрикционов и надежности ГМП является снижение динамических нагрузок, возникающих при переключении ступеней. Одним из направлений решения требований по плавности является обеспечение стабильности коэффициента трения во время буксования дисков при переключении передач, что связано с необходимостью проведения исследований как фрикционных материалов, так и смазочных материалов.

Применяемые для изготовления фрикционных дисков спеченные порошковые материалы обладают следующими основными достоинствами:

- высокая удельная мощность трения, теплопроводность и износостойкость при повышенной удельной работе трения, возможность применения при высокой температуре на поверхности трения (до 500 °С на медной и до 800–900 °С на железной основах);
- высокая механическая прочность и хорошее сопротивление срезу и сдвигу, возникающим при включении фрикциона;
- возможность работы при повышенных давлениях на поверхностях трения, достигающих 6 МПа, а иногда и выше;
- невысокая твердость металлокерамических материалов (НВ 20...55), которая обеспечивает хорошую прирабатываемость в процессе трения со стальной поверхностью.

В узлах трения агрегатов трансмиссий легковых и грузовых автомобилей, автобусов, тракторов, тепловозов, дорожно-строительных и других машин применяются трансмиссионные масла. Такие масла должны выполнять функции и обеспечивать характеристики:

- иметь достаточные противозадирные, противоизносные и противопиттинговые свойства и предохранять поверхности трения от износа, заедания и других повреждений;
- снижать до минимума потери энергии на трение;
- обладать высокой антиокислительной стабильностью;
- обеспечивать эффективный отвод тепла от поверхностей трения;
- снижать шум и вибрацию;
- уменьшать ударные нагрузки;
- иметь хорошие антипенные свойства;
- иметь высокую физическую стабильность в условиях длительного хранения.

Условия эксплуатации ГМП большой мощности на современной карьерной технике налагают повышенные требования на применяемые фрикционные и смазочные материалы, а также на трибологические характеристики фрикционной пары «материал-масло».

Оптимальная характеристика трения, обеспечивающая плавную и бесшумную работу спекаемых и целлюлозных фрикционных материалов, как правило, имеет вид, представленный на рис. 2. При этом необходимо поддерживать достаточную величину статического коэффициента трения для обеспечения передачи статического момента, нагружающего пакет фрикционов. Увеличение динамического коэффициента трения увеличивает эффективность фрикционного пакета и снижает время его срабатывания.



Рис. 2. Оптимальный вид динамической характеристики трения

Соотношение между различными компонентами пакета присадок смазочного материала позволяет корректировать вид динамической характеристики «скорость скольжения – коэффициент трения».

Основными компонентами пакета присадок для трансмиссионных жидкостей и масел, влияющими на фрикционные характеристики пары фрикцион-смазочный материал являются:

- дисперсанты – компоненты пакета присадок, контролирующие образование шлама и отложений;
- детергенты – ингибируют коррозию, нейтрализуют кислоты, образующиеся в смазочном материале;
- модификаторы трения – вводятся в пакет присадок для коррекции коэффициента трения и вида динамической характеристики.

Следует также отметить, что обеспечение оптимального (с точки зрения характеристик трения) соотношения между элементами пакета присадок не должно ухудшать остальные эксплуатационные свойства смазочного материала, такие как противоизносные и противозадирные свойства, достаточную термоокислительную стабильность и стойкость к деградации.

В ходе совместной работы научно-технического центра ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», г. Жодино, компании *Lubrizol* и ООО «Газпромнефть-СМ», г. Москва и Института порошковой металлургии, г. Минск проведены исследования триботехнических характеристик образцов дисков для ГМП БЕЛАЗ с фрикционными материалами ФМ-15 и МК-5 и новым трансмиссионным маслом *LZ_G-Base*. При разработке нового смазочного материала использованы синтетические базовые масла *G-Base* производства ООО «Газпромнефть-СМ» и технологические разработки компании *Lubrizol*.

Исследованию триботехнических свойств спеченных порошковых материалов посвящены работы [1–6]. Однако в этих работах не рассмотрено влияние смазочных материалов на работу спеченных порошковых фрикционных материалов.

Цель исследования

Целью работы является исследование триботехнических свойств спеченных порошковых фрикционных материалов МК-5 и ФМ-15 при использовании различных смазочных материалов.

Материалы, методы исследования и их обсуждение

Испытания триботехнических свойств спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 проводились на стенде *SAE #2 «Friction*

test machine» осуществлялись при следующих режимах: скорость включения 985 мин⁻¹; рабочее давление от 123 до 764 кПа; рабочая температура смазочного материала – 40 и 80 °С; момент инерции – 2,707 кг·м².

Методика испытаний состояла из трех этапов:

- приработка пар трения и оценка начальных трибологических характеристик – 90 циклов при 5 различных фиксированных величинах рабочего давления, всего 450 циклов;
- основная фаза 5000 циклов при максимальном рабочем давлении;
- контрольная фаза 90 циклов при 5 различных фиксированных величинах рабочего давления и фаза испытания на срыв и скольжения при максимальном рабочем давлении.

Для сравнения использовалось трансмиссионное масло типа «Марка А», жидкость ATF уровня свойств Dexron® II, а также образец трансмиссионного масла разработанного с применением технологий *Lubrizol* и синтетических базовых масел *G-Base* производства ООО «Газпромнефть-СМ», обозначение далее по тексту *LZ_G-Base*.

Основные физико-химические характеристики масел представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные физико-химические характеристики масел

Parameter	Type A	ATF DXII	LZ_G-Base
Viscosity at 40 °C, cSt	32,8	40,5	62,3
Viscosity at 100 °C, cSt	6,5	7,7	10,0
Viscosity index	158	164	145
Freezing point, °C	-42	-45	-40
Ca, % (ASTM D6481)	0,17	n/a	n/a
Zn, % (ASTM D6481)	0,09	n/a	n/a

Измерялись величины псевдостатического коэффициента трения и динамического коэффициента трения в трех точках характеристики (μ_i , μ_d , μ_0), см. рис. 3:

μ_i – начальный динамический коэффициент трения;

μ_d – динамический коэффициент трения в средней точке характеристики;

μ_0 – псевдостатический коэффициент трения.

На рис. 4 приведена зависимость изменения динамического коэффициента трения μ_d для спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 от количества циклов включения при использовании трансмиссионного масла типа «Марка А».

Следует отметить, что рабочая фаза испытания – циклы с 450 по 5450. Циклы с 1 по 450 и с 5450, согласно методике испытаний, являются контрольными.

На рис. 5 приведены графики изменения коэффициента трения μ_d от количества циклов включения для спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 при использовании жидкости ATF уровня свойств Dexron® II, а также образца масла *LZ_G-Base*.

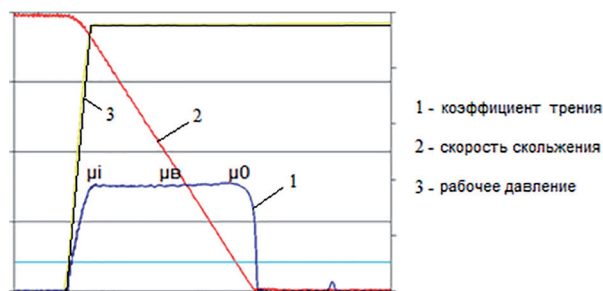


Рис. 3. Коэффициенты трения

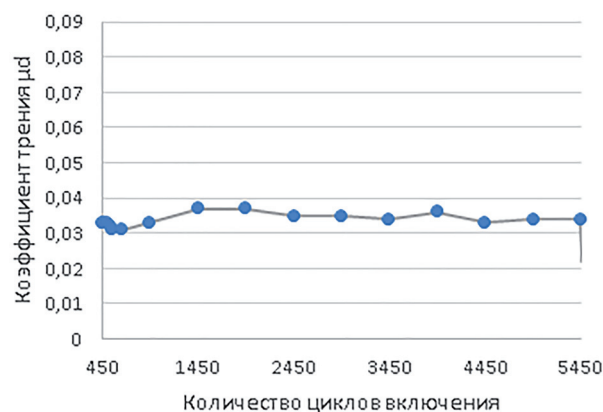


Рис. 4. Изменение динамического коэффициента трения μ_d спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 от количества циклов включения при использовании трансмиссионного масла типа «Марка А»

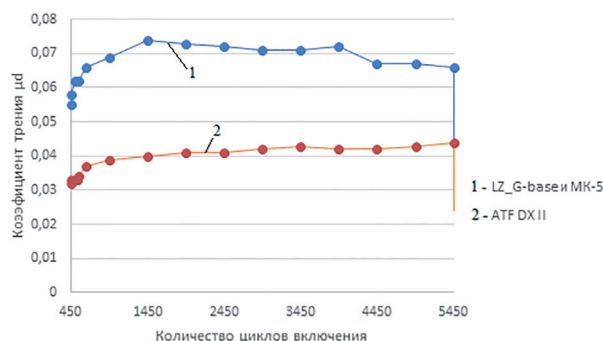


Рис. 5. Изменение коэффициента трения μ_d спеченного порошкового фрикционного материала МК-5 от количества циклов включения при использовании масла типа ATF Dexron® II и масла *LZ_G-Base*

Использование жидкости типа ATF уровня свойств Dexron® II показало незначительное увеличение коэффициента трения μ_d для спеченного порошкового фрикционного материала МК-5, в то время как использование образца масла LZ_G-Base позволило увеличить коэффициент трения μ_d почти в два раза, однако период приработки увеличивается до 450–500 рабочих циклов включения.

На рис. 6 приведены графики изменения значения псевдостатического μ_0 коэффициента трения от количества циклов включения для трех используемых смазочных материалов.

Использование трех типов смазочных материалов показало практически одинаковые значения псевдостатического коэффициента трения $\mu_0 = 0,10...0,12$. При этом жидкость ATF уровня свойств Dexron® II демонстрирует наибольший разброс величин между начальной и конечной фазой испытания.

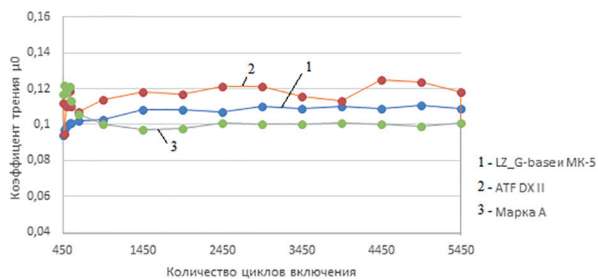


Рис. 6. Изменения значений псевдостатического коэффициента трения μ_0 для используемых смазочных материалов (марка А, ATF Dexron® II, и масла LZ_G-Base от количества циклов включений

Тем не менее, все рассмотренные смазочные обеспечивают стабильные значения псевдостатического коэффициента трения, т.е. расчетная величина статического момента, передаваемого фрикционным пакетом, не изменится.

В работе также проводилась оценка времени остановки пакета фрикционных дисков со спеченным порошковым фрикционным материалом МК-5.

Для масла типа Марка А и жидкости ATF уровня свойств Dexron® II характерное значение на уровне 1,9...2,1 с, в то время как увеличенный динамический коэффициент трения при использовании масла LZ_G-Base позволяет уменьшить время остановки пакета до 1,1...1,3 с. На рис. 7 приведены значения времени остановки для различных смазочных материалов.

На рис. 8 приведены результаты измерения износа пакета дисков для используемых составов трансмиссионных масел при наработке 5000 циклов включения. Так для масла Марка А и жидкости ATF уровня свойств Dexron® II износ практически одинаков и составил 0,07...0,08 мкм. Использование масла LZ_G-Base показало незначительное снижение износа пакетов дисков, значение которого составило 0,05...0,055 мкм.

В работе было произведено исследование триботехнических свойств, нового, разработанного в Институте порошковой металлургии спеченного материала ФМ-15. Данный материал обладает следующими значениями триботехнических свойств: коэффициент трения – 0,07...0,08; интенсивность износа – 3–4 мкм/км.

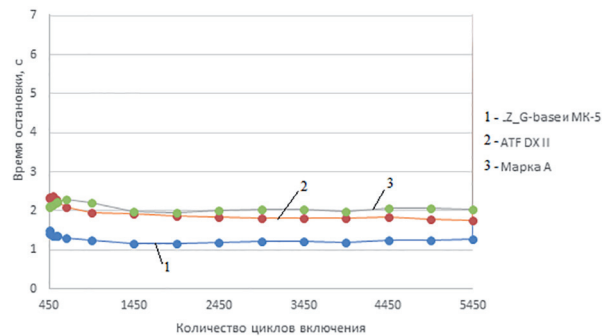


Рис. 7. Зависимость времени остановки пакета дисков от количества циклов включения для различных трансмиссионных масел (Марка А, ATF Dexron® II масло LZ_G-Base)

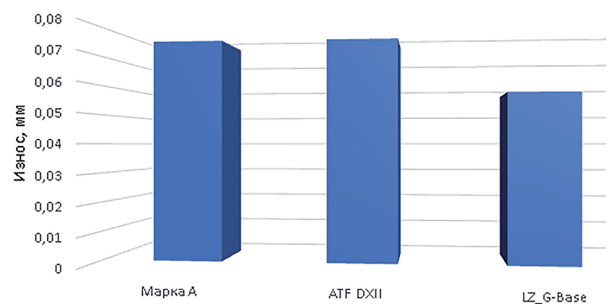


Рис. 8. Износ пакета фрикционных дисков с материалом МК-5 после 5000 циклов испытаний при использовании различных трансмиссионных масел (Марка А, ATF Dexron® II, масло LZ_G-Base)

На рис. 9 приведены результаты исследования влияния масла LZ_G-Base на динамический коэффициент трения μ_d для материалов МК-5 и ФМ-15. Установлено, что для матери-

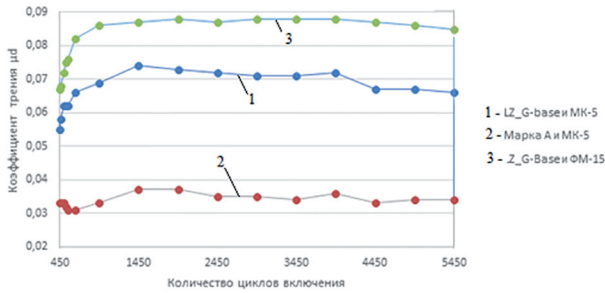


Рис. 9. Изменение динамического коэффициента трения μ_d материалы МК-5 и ФМ-15 при использовании масла LZ_G-Base

ала ФМ-15 и использовании масла LZ_G-Base коэффициент трения μ_d составляет 0,085...0,9, тогда как материала МК-5 при использовании того же смазочного материала коэффициент трения μ_d составляет 0,065...0,07.

Внешний вид поверхностей трения фрикционного материала ФМ-15 после проведения в объеме 5000 циклов включений приведен на рис. 10. Поверхность трения не имеет явно выраженных следов трения, износ равномерный по всей поверхности, поверхность трения изношена равномерно, места прижогов отсутствуют.

Рис. 11 иллюстрирует изменение соотношения между псевдостатическим и динамическим коэффициентами трения μ_d/μ_0 . Для



Рис. 10. Внешний вид поверхностей трения диска фрикционного с материалом ФМ-15 после 5000 циклов включения

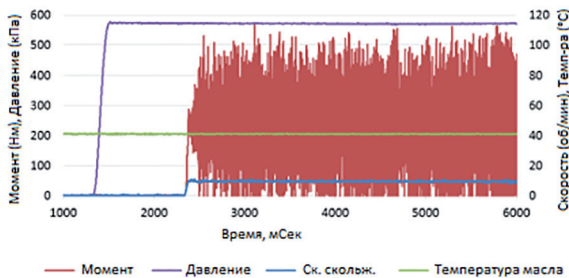


Рис. 12. Изменение крутящего момента на начало (слева) и конец (справа) испытания для пары МК-5 и масла Марка А

обеспечения плавного срабатывания фрикционных элементов без шума и вибраций это соотношение должно быть равно или меньше 1. Наиболее приближенное к 1 значение обеспечивает материал ФМ-15.

В начальной и конечной фазах испытательного цикла, (т.е. циклы № 450, 5450 и 5909) проводилось так называемое «испытание на срыв» для оценки величины статического трения (рис. 12–15). При максимальном рабочем давлении, пакет приводился в движение до достижения частоты вращения 10 мин⁻¹.

Очевидно, что материал МК-5 и масло Марка А на начало и конец испытания не может обеспечить стабильность значений передаваемого крутящего момента на низких скоростях скольжения. Это соотносится с высоким значением отношения статического и динамического коэффициентов трения μ_0/μ_d для этой пары материалов ≈ 3 .

Пара из материала ФМ-15 и масло LZ_G-Base демонстрирует самую стабильную характеристику на начало испытания.

Также в начальной и конечной фазах испытательного цикла оценивалась динамическая характеристика трения. На рис. 16 в качестве

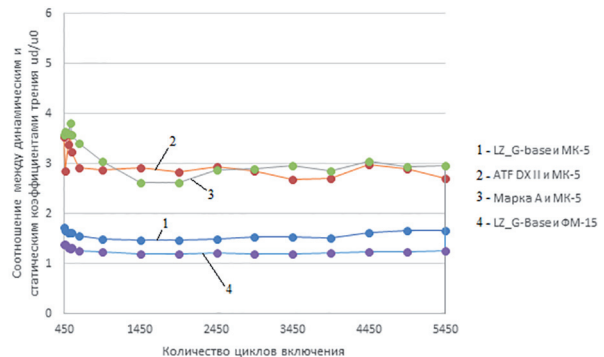
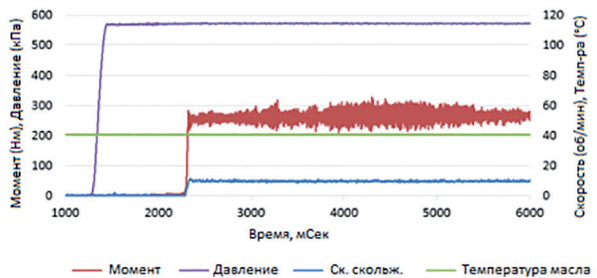


Рис. 11. Изменение соотношения между динамическим и статическим коэффициентом трения для МК-5 и ФМ-15 при использовании масел Марка А, ATF Dexron® II, масло LZ_G-Base



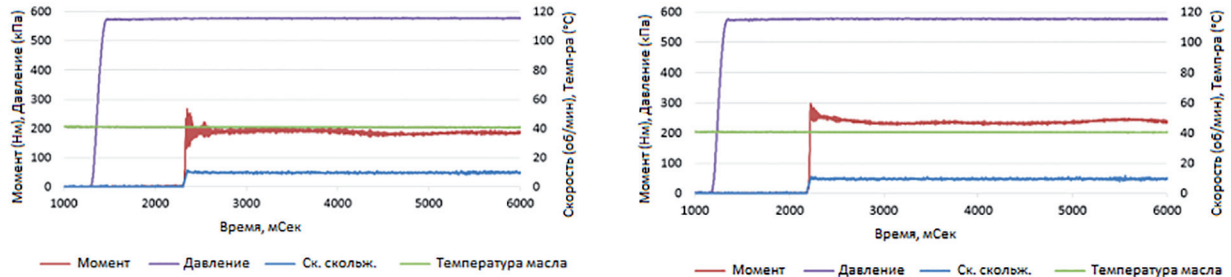


Рис. 13. Изменение крутящего момента на начало и конец испытания для МК-5 и жидкости ATF уровня свойств Dexron® II

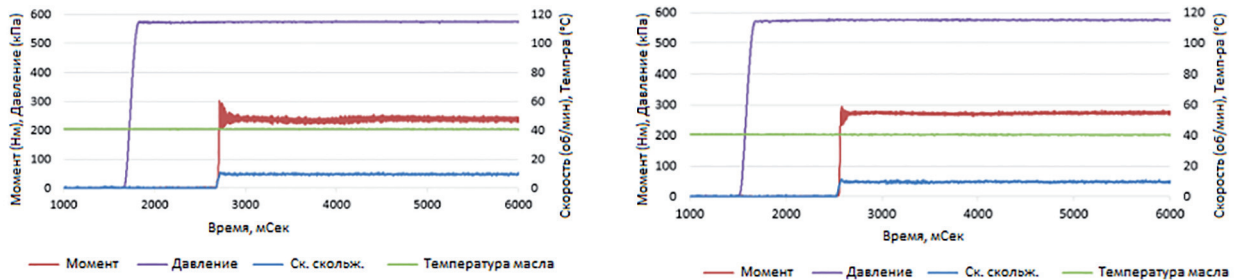


Рис. 14. Изменение крутящего момента на начало и конец испытания для МК-5 и масла LZ_G-Base

примера приведены динамические характеристики трения для исследуемого масла Марки А и материала МК-5.

Из полученных динамических характеристик трения установлено, что применение масла LZ_G-Base в паре с материалом МК-5 обеспечивает более стабильную величину крутящего момента на выходе из фрикцион-

ного пакета и снижает время срабатывания с 3,0...3,5 с до 2,0...2,1 с. Вид характеристики приближается к оптимальному (рис. 3).

При этом использование перспективного материала ФМ-15 в паре с маслом LZ_G-Base еще эффективнее сглаживает кривую момента и обеспечивает снижение времени срабатывания пакета еще на 0,3...0,5 с до 1,5...1,7 с.

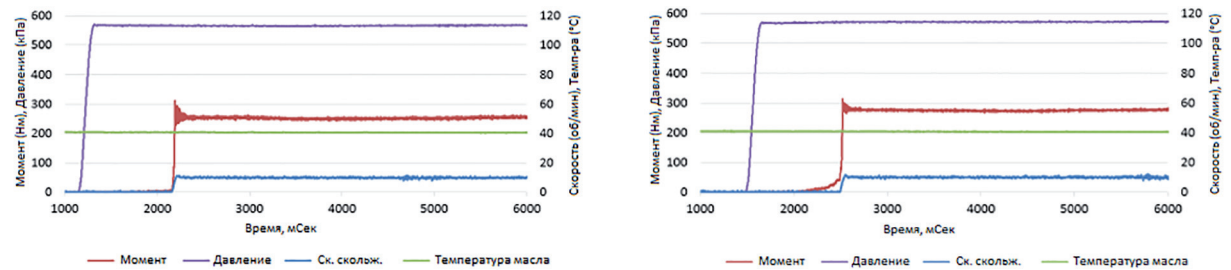


Рис. 15. Изменение крутящего момента на начало и конец испытания для ФМ-15 и масла LZ_G-Base

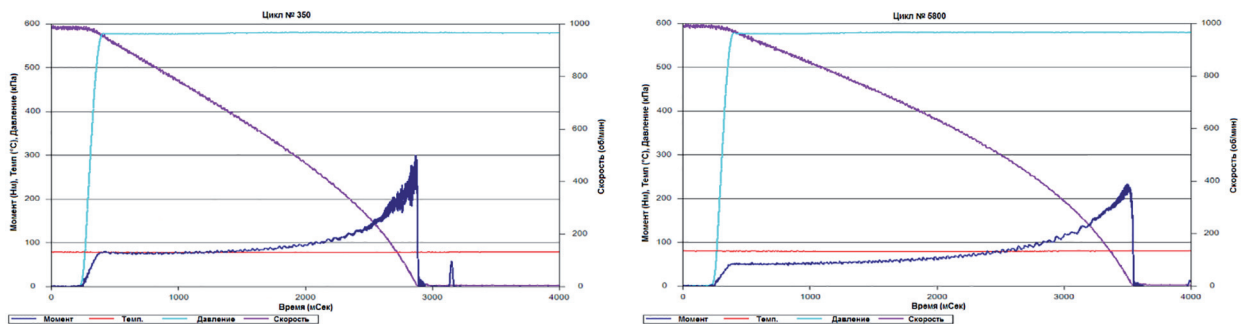


Рис. 16. Динамические характеристики трения на начало (цикл № 350 слева) и конец испытания (цикл № 5800 справа) для МК-5 и масла Марка А

Выводы

В процессе проведения испытаний установлено, что для спеченного порошкового фрикционного материала на основе меди МК-5 (серийно используемого в гидромеханической коробке передач) повысить коэффициент трения, снизить время остановки и интенсивность износа можно за счет использования трансмиссионного масла *LZ_G-Base*.

Спеченный порошковый фрикционный материал ФМ-15 имеет изначально повышенные триботехнические свойства в сравнении с материалом МК-5.

Применение разработанного на технологиях *Lubrizol* и базовых маслах *G-Base* масло типа (*LZ_G-Base*) при работе спеченного фрикционного материала ФМ-15 повышает его триботехнические свойства на 10...15 %.

Литература

1. Рынкевич С.А., Тарасик В.П., Шаповалова О.А., Региня В.В., Курстак В.И. Повышение долговечности многодискового фрикциона гидромеханической передачи мобильной машины // Вестник Белорусско-Российского университета. 2011. № 1(30). С. 65–74.
2. Ильющенко А.Ф., Дмитриевич А.А., Шаповалова О.А., Региня В.В., Лешок А.В. Результаты испытаний фрикционных дисков из различных материалов для гидромеханических передач самосвалов «БелАЗ» // Трение и износ, 2011. Том 32. № 3. С. 248–255.
3. Сергеев Л.В., Кадобнов В.В. Гидромеханические трансмиссии быстроходных гусеничных машин. М.: Машиностроение, 1980. 200 с.
4. Шарипов В.М., Дмитриев М.И., Городецкий К.И. О коэффициенте трения в контакте пар трения фрикционных муфт в коробках передач автомобилей и тракторов при переключении передач без разрыва потока мощности // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 8. С. 21–30.
5. Скадорва А.Ф., Карташевич А.Н. Критерий оценки функционирования фрикционной муфты коробки передач гусеничного трактора «Беларус-2103» // Вестник Белорусско-Российского университета. 2014. № 4(45). С. 80–91.
6. Хренов О.В., Дмитриевич А.А., Лешок А.В. Металлокерамические фрикционные материалы. Минск: БНТУ, 2011. 42 с.

References

1. Rynkevich S.A., Tarasik V.P., Shapovalova O.A., Reginya V.V., Kurstak V.I. Increasing the service life of the multiplate clutch of hydromechanical transmission of a mobile machine. *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*. 2011. No 1(30), pp. 65–74 (in Russ.).
2. Il'yushchenko A.F., Dmitrovich A.A., Shapovalova O.A., Reginya V.V., Leshok A.V. The results of testing frictional discs from various materials for hydromechanical gears of dump trucks "BelAZ". *Trenie i iznos*, 2011. Tom 32. No 3, pp. 248–255 (in Russ.).
3. Sergeev L.V., Kadobnov V.V. *Gidromekhanicheskie transmissii bystrokhodnykh gusenichnykh mashin* [Hydromechanical transmissions of high-speed caterpillar vehicles]. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1980. 200 p.
4. Sharipov V.M., Dmitriev M.I., Gorodetskiy K.I. On a friction coefficient in contacting friction pairs of friction clutches in car and tractor gearbox in gear shifting without power flow interruption. *Nauka i Obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana. Elektron. zhurn.* 2014. No 8, pp. 21–30 (in Russ.).
5. Skadorva A.F., Kartashevich A.N. Criterion for evaluating the functioning of the clutch gearbox of the caterpillar tractor "Belarus-2103". *Vestnik Belorussko-Rossiyskogo universiteta*. 2014. No 4(45), pp. 80–91 (in Russ.).
6. Khrenov O.V., Dmitrovich A.A., Leshok A.V. *Metallokeramicheskie friktsionnye materialy* [Metal-ceramic friction materials]. Minsk: BNTU Publ., 2011. 42 p.

INVESTIGATION OF THE DRIVEN DISKS OF HYDROMECHANICAL TRANSMISSION BELAZ WITH THE NEW LZ_G-BASE OIL AND THE FRICTION MATERIALS FM-15 AND MK-5

V.V. Reginya¹, A.F. Corresponding member of the National Academy of Sciences of Belarus A.V. Il'yushchenko², Ph.D. A.V. Leshok², A.N. Rogovoy², D.A. Gryazev³, Ph.D. V.A. Petrov⁴

¹OJSC «BELAZ» – Management Company of Holding «BELAZ-Holding», Zhodino, Republic of Belarus

²State Scientific Institution «Powder Metallurgy Institute», Minsk, Republic of Belarus

³The branch of the company «Lubrizol Gesellschaft m.b.H», Moscow, Russia

⁴LTD «Gazpromneft-Lubricants», Moscow, Russia, sdilav@tut.by

At the mining dump trucks BELAZ with lifting capacity from 30 to 90 tons, loaders and bulldozers, special vehicles BELAZ for metallurgical production (slag trucks, heavy vehicles), aerodrome tractors, as well as for dump trucks and vehicles for underground works of the brand «MoAZ» are used hydromechanical transmissions OJSC «BELAZ» is the managing company of the holding «BELAZ-HOLDING». The most important element of the hydromechanical transmission, which limits its service life and reliability, are the friction clutches for switching the stages and blocking the hydraulic transformer. The disks of friction clutches sustain significant static and dynamic loads, their surfaces are exposed to high specific thermal energy and intensive wear. During the tests it was established that for the sintered powdered friction material based on copper MK-5 (commercially used in the hydromechanical gearbox) it's possible to increase the friction coefficient, decrease the stopping time and the wear rate by using the transmission oil LZ_G-Base. The sintered powdered friction material FM-15 has initially increased tribotechnical properties in comparison with material MK-5. The investigations of tribotechnical properties of sintered powder materials is currently being given to much attention. However, these studies do not consider the influence of lubricants on the operation of the sintered powder friction materials. The application of oil of type (LZ_G-Base) which is developed on Lubrizol technologies and G-Base base oils during operation of the sintered friction material FM-15 increases its tribotechnical properties by 10...15 %. The conducted investigations of the driven discs for the hydromechanical transmissions BELAZ with the new gear oil LZ_G-Base and the friction materials FM-15 and MK-5 have showed that the tribotechnical characteristics are increased and the wear rate of the discs is decreased.

Keywords: *hydromechanical transmission, friction disk, counterface, sintered powder friction material, oils, lubricant, friction coefficient, wear rate, acoustic characteristics of the friction material, friction torque.*