

УДК 621.894:621.891

В. И. КУБИЧ

Запорожский национальный технический университет, Украина

**КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ ТРИАД «45XH2MФА - LUKOIL-SUPER - AO20-1»,
«12X2H4 - LUKOIL-SUPER - AO20-1»
В УСЛОВИЯХ СТУПЕНЧАТОГО НАГРУЖЕНИЯ**

Проведены триботехнические испытания материалов триад «45XH2MФА - LUKOIL-SUPER - AO20-1», «12X2H4 - LUKOIL-SUPER - AO20-1», которые позволили по установленным закономерностям изменения коэффициента трения в условиях ступенчатого нагружения выявить неоднозначный характер формирования смазочных слоев при граничном трении и проявления их свойств, а так же виды разрушения контактируемых поверхностей, обусловленных влиянием химического состава конструкционных легированных сталей на адсорбционно - когезионные процессы в зоне трения

Ключевые слова: коэффициент трения, трибосопряжение, износ, ролик, колodka, температура, нагрузка

Вступление. Известно, что условия, при которых протекают трибологические процессы в поверхностных и приповерхностных слоях материалов элементов трибосопряжений, определяют виды их разрушений. К ним относятся допустимые (износы): механохимический нормальный окислительный износ кислородного и не-кислородного происхождения; и недопустимые (повреждаемости): схватывание I и II рода; фреттинг процесс; механическая форма абразивного износа; усталость при качении; коррозия; кавитация; эрозия; смятие [1]. При этом характер протекания механохимических, термомеханических и других возможных сопутствующих процессов в зонах непосредственного контакта поверхностей определяются составом, строением и свойствами взаимодействующих материалов.

Значительная часть пар трения объектов машиностроения работает при их смазывании моторными, трансмиссионными, промышленными и другими маслами благодаря которым на поверхностях трения формируются смазочные слои. Постоянством и стабильностью формирующихся толщин последних, определяется в них вид смазки, а также возможное напряженно-деформированное состояние металлических поверхностей, обуславливающее зарождение очагов разрушений. При смене скоростных и нагрузочных режимов взаимодействия элементов трибосопряжений смазочные слои подвергаются нагружению, что на фоне возможного несовершенства ориентационной упорядоченности молекул смазочного материала приводит к разрушению молекулярных структурообразований, их последующему восстановлению с различной интенсивностью, и может иметь место:

- ювенильный контакт с коэффициентом трения свойственному трению без смазочного материала;
- эластогидродинамическая смазка со значениями коэффициента трения 0,005–0,01 [2], 0,03–0,08 [3].
- граничная смазка со значениями коэффициента трения 0,01–0,1 [2], 0,08–0,15 [3].

Постановка проблемы. В настоящее время вопросам оценки эффективности формирования смазочных слоев и их влияния на изнашивание поверхностей посвящены работы [4–9] и другие. Ключевым звеном в рассматриваемых законо-

мерностях формирования смазочных слоев на поверхностях трения являются адсорбционно-когезионные процессы, протекающие между молекулами масла и активными центрами поверхностей металлов, как в присутствии поверхностно-активных веществ, так и без них [10]. Однако вопросу оценки качества формирования смазочных слоев в однотипных триадах трения «металл-смазочный слой-металл» при нижеприведенных условиях внимание не уделялось:

- один и тот же смазочный материал, например моторное минеральное масло;
- одинаковый материал контртела, например антифрикционный сплав;
- тело из материала одного класса, например конструкционные легированные стали с различным содержанием легирующих элементов, но с одинаковой твердостью.

Предпосылки проведения такой работы обусловлены, тем, что на величину энергии атома незавершенной кристаллической решетки к которой присоединяются активные концы молекул смазочной композиции, будут оказывать влияние потенциалы химических элементов, входящих в состав структуры. Подтверждением возможного является полученные ранее результаты [2]:

- при разной концентрации хрома и никеля в стали, получены разные теплоты адсорбции стеариновой кислоты;
- установлена зависимость противоизносных свойств минерального масла от теплоты адсорбции - чем больше теплота адсорбции, тем меньше износ.

Исходя из изложенного, триботехнические испытания обозначенных материалов в условиях, обуславливающих смену режимов смазывания, позволят установить характер формирования и проявления свойств формирующихся смазочных слоев в зависимости от концентрации химических элементов в подобранных материалах.

Целью данной работы является определить характер изменения трибологического состояния триад «45ХН2МФА – Lukoil-Super – АО20-1», «12Х2Н4 – Lukoil-Super – АО20-1» при граничном трении сопряженных материалов в условиях ступенчатого нагружения. Подбор приведенных материалов определен использованием сталей 42ХМФА, 18Х2Н4ВА-Ш, 18Х2Н4МА-Ш, 40ХН-Ш, сталь 45 для изготовления коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания, в которых состав углерода изменяется от 18 до 45 %, и в качестве моторного масла возможно использование минерального масла Lukoil-Super. А в качестве антифрикционного слоя вкладыша коренных и шатунных подшипников коленчатого вала возможно использование сплава АО20-1. Полученные результаты могут послужить отправной точкой в проведении ряда исследований, направленных на установление закономерностей формирования смазочных слоев в парах трения объектов машиностроения, с деталями, изготавливаемыми из одноклассовых материалов, обусловленных влиянием их химического состава, и в которых возможны переходы из одного вида трения в другой при динамическом нагружении. Выявленные же особенности формирования смазочных слоев в триадах трения могут быть использованы для разработки рекомендаций по выбору материалов для узлов трения машин.

Методика исследований. В проводимых исследованиях критериями оценки направленности процессов формирования масляных пленок и их поведения при граничном трении в условиях изнашивания контактных поверхностей деталей, например, модельной пары из ролика и колодки, предлагается рассматривать экспериментально установленные закономерности изменения коэффициента тре-

ния и относительной температуры зоны контакта по времени испытаний. При этом необходимо моделировать возможные нагрузочные и скоростные режимы взаимодействия элементов трибосопряжений, обеспечивающих приработываемость их материалов, в том числе и смазочной среды, если таковая используется в них. Критерием же полного разрушения - отсутствия масляных пленок, т.е. ювенильного контакта может быть принято значение коэффициента сухого трения, полученное при испытании таких же материалов в равнозначных условиях.

Для проведения триботехнических испытаний использовалась машина трения модели СМЦ-2 с потенциометром КСП2-005 для измерения и записи момента трения в виде трибограмм в mV.

Испытания проводились по схеме трения «вращающийся ролик – неподвижная колодка» в условиях смазывания минеральным моторным маслом Lukoil-Super SAE 15W/40 SG/CD при частоте вращения 1000 мин^{-1} , при ступенчатом нагружении и разгрузке контакта в два этапа [11; 12]:

– 1-й этап: капельная подача масла в зону трения с частотой две капли в минуту, при этом производилось нагружение контакта с усилиями 165 Н, 210 Н, 260 Н, 350 Н, 445 Н, 540 Н каждые 5 мин. испытаний до достижения относительной температуры в контакте 125–130 °С с последующей разгрузкой до 165 Н, и дальнейшем нагружении с той же частотой с усилиями 210 Н, 260 Н, 350 Н и разгрузкой до 165 Н, чем обуславливалось приработывание масла и формирование из него полимолекулярных пленок адсорбированных ориентированных молекул на контактных поверхностях ролика и колодки;

– 2-й этап: остановка вращения ролика, вытирание фетровой бумагой контактных поверхностей ролика и колодки, возобновление испытаний с нагружением в 165 Н, 210 Н, 260 Н, 305 Н, 350 Н, 395 Н, 445 Н, 490 Н, 540 Н каждые 4 мин. с последующей разгрузкой до 165 Н и испытанием в течении 5 мин, что позволяло оценить свойства сформировавшихся полимолекулярных пленок без подпитки.

Для определения значения сухого трения образцы нагружались с усилиями 210 Н, 260 Н, 350 Н, 445 Н, частота вращения ролика 1000 мин^{-1} , при этом время испытаний составляло 4 мин.

Образцы-ролики, изготовленные из легированных конструкционных сталей 45ХН2МФА, 12Х2Н4 твердостью не более 269 НВ наружным диаметром $d = 50 \text{ мм}$ и шириной $b = 10 \text{ мм}$, устанавливались и закреплялись на нижнем валу машины трения. Контактные поверхности роликов упрочнению не подвергались.

Образцы колодки, размером $21 \times 13 \text{ мм}$ с радиусом закругления $\approx 35 \text{ мм}$ по контактной поверхности, изготавливались из натуральных вкладышей коленчатого вала двигателя ЗМЗ-402. Антифрикционный слой вкладышей – сплав алюминия с оловом АО20-1 ГОСТ 14113-78, материал основы сталь 08кп ГОСТ 1050-88. В теле колодок выполнялись сверления диаметром 1,2 мм с тыльной стороны максимально приближенные к контактной поверхности, в которые при каждом опыте вставлялась спайка термопары.

Испытанию подвергались по три пары материалов элементов трибосопряжений: «сталь 45ХН2МФА – Lukoil-Super – сплав АО20-1», «сталь 12Х2Н4 – Lukoil-Super – сплав АО20-1», и пять пар «сталь 45ХН2МФА – сплав АО20-1», далее по тексту трибосопряжения №1-3.

Момент трения в соответствии с нагрузкой в контакте и геометрическими размерами ролика пересчитывался в коэффициент трения, $\Delta \pm 0,003$, по формуле:

$$f = \frac{M_t}{Pr} \quad (1)$$

где M_t – момент трения, Нм, в соответствии с тарировочными графиками: 1 деление сетки поля трибограмм – $0,18 \pm 0,001$ Нм; r – радиус ролика, м.

Для измерения относительной температуры в зоне трения поверхности ролика и колодки (далее температуры) использовался мультиметр DT-835 с термопарой TP-01A с диапазоном измеряемых температур: $-18 \sim 712$ °C.

Полученные численные значения коэффициента трения и температуры усреднялись и использовались для построения графических зависимостей. Среднее среднеквадратическое отклонение для коэффициентов трения составило $\sigma_f = 0,003$, для температуры $\sigma_T = 6$ °C

Результаты исследований и обсуждение. В результате проведенных испытаний установлен неоднозначный характер формирования полимолекулярных пленок на легированных стальных поверхностях роликов с разным составом и количеством химических элементов, и проявление их свойств совместно с формирующимися при этом пленками на поверхности вкладыша, о чем свидетельствовали регистрируемые трибограммы и изменения температурного состояния контакта.

Наблюдаемое состояние поверхностей образцов совместно с продуктами взаимодействия компонентов вкладыша и масла приведены на рис. 1, *a–в*, рис. 2, *a–e*. При этом установлено следующее.

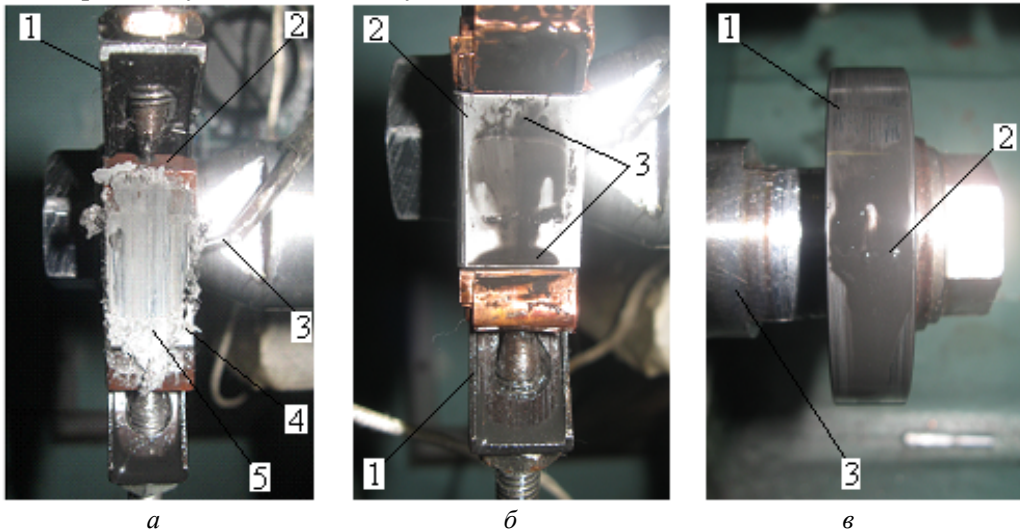


Рис. 1. Вид образцов при разъединении контакта: *a* – колодка при комбинированном износе: 1 – держатель оправки; 2 – оправка колодки; 3 – провод термопары; 4 – колодка; 5 – продукты взаимодействия; *б* – колодка при нормальном износе: 1 – держатель оправки; 2 – колодка; 3 – продукты взаимодействия; *в* – ролик при нормальном износе: 1 – контактная поверхность; 2 – продукты взаимодействия; 3 – нижний вал машины трения

На 1-м этапе испытаний для трибосопряжений №1, 2 визуализированных процессов, протекающих на поверхности вращающегося ролика, и при последующем разъединении контакта перед 2-м этапом испытаний, не наблюдалось (рис. 2, *a*). Отличия замечались по изменению вида трибограмм при варьировании величиной нагрузки.

На 2-м же этапе картина протекания трибологических процессов была такова.

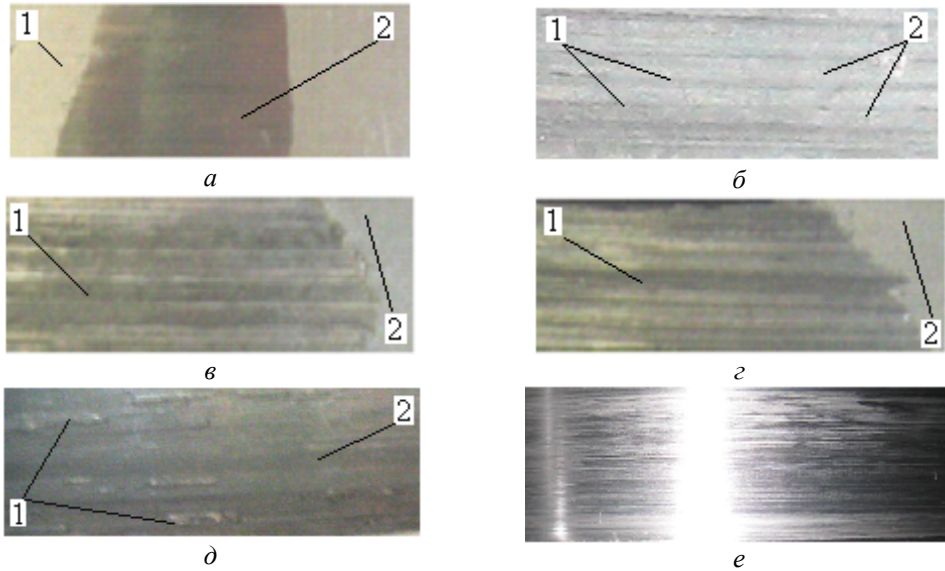


Рис. 2. Состояние поверхностей колодок (*a–г*), роликов (*д, е*) после триботехнических испытаний: нормальный механохимический износ (*a*): 1 – исходная поверхность; 2 – зона износа; абразивный износ при смазывании (*б*): 1 – вершины борозд; 2 – продукты взаимодействия масла с компонентами антифрикционного слоя; абразивный износ при смазывании (*в*): 1 – мелкие борозды; 2 – исходная поверхность; абразивный износ при сухом трении (*г*): 1 – крупные борозды; 2 – исходная поверхность; комбинированный износ (*д*): 1 – перенесенные вторичные структуры из антифрикционного слоя при схватывании II рода; 2 – зона нормального механохимического износа; нормальный механохимический износ (*е*)

В трибосопряжении № 1 при нагрузке с усилием 210 Н на поверхности ролика образовывался сизый налет с матовым металлическим оттенком. При разъединении контакта поверхность колодки (рис. 1, *a*) была покрыта пастообразным составом сизо-матового оттенка, вязкой консистенции, что наблюдалось и на поверхности ролика (рис. 2, *б, в*). При удалении образовавшихся продуктов взаимодействия на поверхности ролика были обнаружены зоны со схватившимися с его поверхностью вторичными структурами сплава АО20-1, а также идеально гладкие полосообразные зоны (рис. 2, *д*). При удалении продуктов взаимодействия с поверхности колодки были обнаружены мелкие борозды, образованные в результате абразивного действия схватившихся с поверхностью ролика вторичных структур, чередующиеся со следами нормального износа.

В трибосопряжении № 2 при нагрузке в 305 Н на поверхности ролика появлялась тонкая полоса темного налета, которая распространялась по всей его поверхности. При нагрузке в 40 Н выделившиеся контактным взаимодействием образования меняли цвет с темного на сизо-матовый, который на глазах вновь менялся на темный, но более плотного распределения. При разъединении контакта поверхность колодки (рис. 1, *б*) и ролика (рис. 1, *в*) была покрыта образовавшимися продуктами взаимодействия темного цвета пастообразной консистенции. При чем продукты сначала удерживались на поверхности силами поверхностного натяжения в течении 2–3 с., а затем растекались. При удалении продуктов взаимодействия с поверхности колодки и ролика (рис. 2, *е*) следов патологического износа не обнаружено.

На рис. 3, *a–в*, 4, *a–в* приведены графики зависимости коэффициента трения и температуры в зоне трения образцов трибосопряжений № 1, 2 в зависимости от изменения нагрузки. На 1-м этапе испытаний в трибосопряжении №1 макси-

мальный коэффициент трения $f_{max} = 0,13$ был достигнут при нагрузке в 350 Н и температуре в 130 °С, тогда как в трибосопряжении №2 текущее значение коэффициента трения падало с 0,04 до 0,03 при росте температуры с 51 °С до 58 °С. В трибосопряжении № 2 в конце времени испытания при нагрузке в 540 Н $f_{max} = 0,11$, при этом температура составляла 118 °С. При разгрузке контакта до 165 Н коэффициент трения трибосопряжения № 1 оставался постоянным 0,02 при падении температуры с 106 °С до 83 °С. В то же время, в трибосопряжении № 2 наблюдался рост коэффициента трения с 0,05 до 0,06 при падении температуры с 95 °С до 61 °С. С последующим нагружением до 350 Н в обоих трибосопряжениях наблюдалось снижение коэффициента трения и его стабилизирование, причем в трибосопряжении № 2 более интенсивно, с таким же характером изменения температурного состояния.

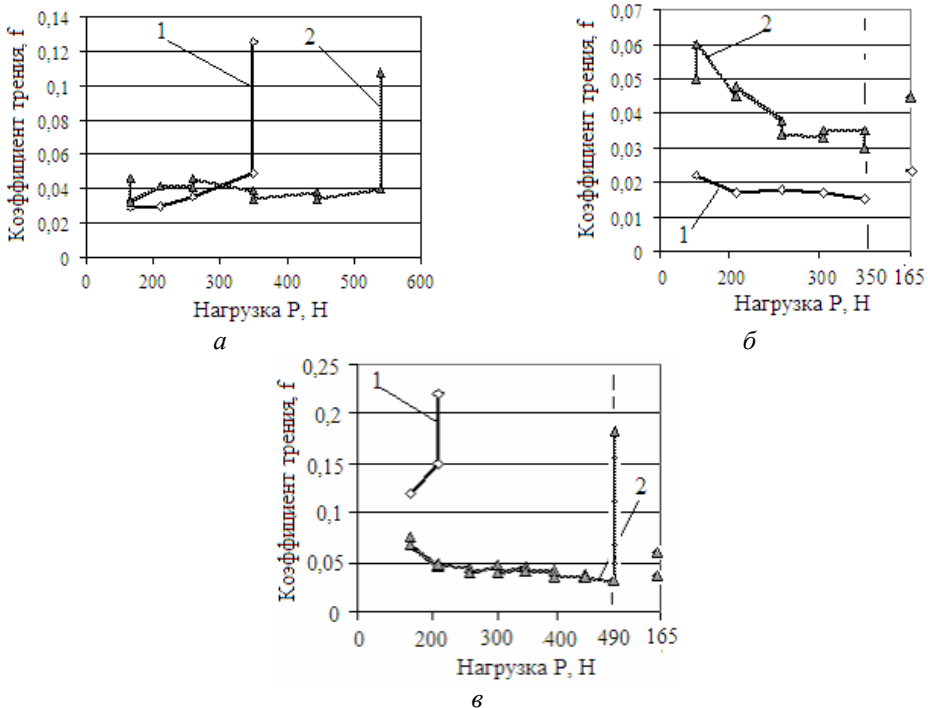


Рис. 3. Зависимость изменения коэффициента трения в зоне контакта от нагрузки:

а, б – 1-й этап испытаний; в – 2-й этап испытаний; 1 – трибосопряжение №1; 2 – трибосопряжение №2

Однако значение установившегося коэффициента трения в трибосопряжении № 2 было приблизительно в 2 раза выше, чем в трибосопряжении № 1, а границы температурного диапазона для обоих трибосопряжений составляли 45–55 °С. При этом, если для трибосопряжения № 1 при каждом нагружении коэффициент трения оставался постоянным, то в № 2 имело место его изменение. С последующим разгрузкой контакта до 165 Н имело место в обоих трибосопряжениях увеличение коэффициента трения приблизительно в 1,5 раза.

На 2-м этапе испытаний в трибосопряжении №1 коэффициента трения $f_{max} = 0,22$ был достигнут при нагрузке 210 Н и температуре в 130 °С, тогда как в трибосопряжении №2 его текущее значение составляло 0,05 при постоянной температуре в 50 °С. При последующем ступенчатом нагружении коэффициент трения в трибосопряжении №2 снижался, при этом имели место его незначи-

тельные скачки на каждой ступени. Однако имели место кратковременные скачки до 0,3 при 165 Н, и до 0,16 при 350 Н в течении 1,5–2 с при неизменной температуре, что свидетельствовало об ухудшении условий смазывания в направлении от входа к выходу области контакта, т.е. имел место режим голодания. Максимальное значение коэффициента трения в сопряжении № 2 было достигнуто при нагрузке в 490 Н и составляло 0,18, при этом наблюдался рост температуры с 71 °С до 121 °С. При последующем разгрузке контакта до 165 Н имел место рост коэффициента трения с 0,04 до 0,06 с падением температуры с 111 °С до 61 °С.

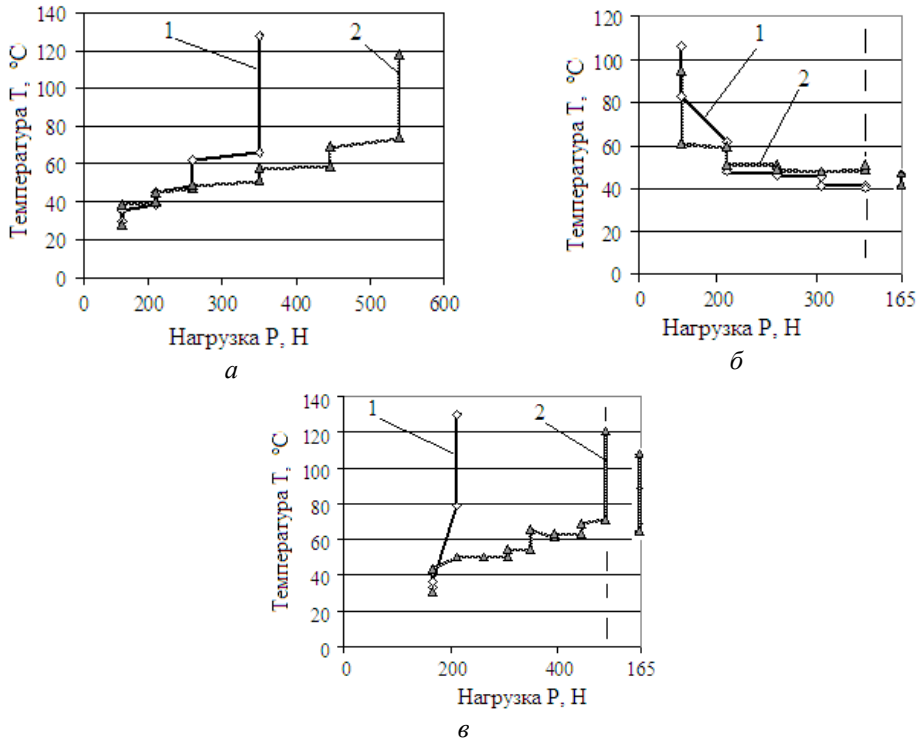


Рис. 4. Зависимость изменения относительной температуры в зоне контакта от нагрузки:
 а, б – 1-й этап испытаний; в – 2-й этап испытаний; 1 – трибосопряжение № 1;
 2 – трибосопряжение № 2

Для трибосопряжения №3 определено значение установившегося сухого трения, которое составило $\bar{f} = 0,26$ при $\sigma_t = 0,028$ и регистрировалось на протяжении 45–75с температурным диапазоном 95–105 °С. При этом поверхность ролика покрывалась очагами схватывания с компонентами сплава АО20-1 с последующим их наращиванием до размеров $2,5 \times 1,5 \times 0,5$. Поверхность колодки имела глубокие борозды (рис. 2, з), а вокруг следа контакта на поверхности вкладыша наблюдались мельчайшие шарики сплавленного олова.

Геометрическая оценка сформировавшихся следов износа контактной поверхности колодок позволила определить величины и характер изменения площадей трения на этапах испытаний. При этом установлено следующее:

- в трибосопряжении №1 изменение площади составило с начальной $S_1 = 7 \text{ мм}^2$ до $S_2 = 60 \text{ мм}^2$ в конце 1-го этапа, и до $S_3 = 150 \text{ мм}^2$ в конце 2-го этапа;
- в трибосопряжении №2 соответственно с $S_1 = 7 \text{ мм}^2$ до $S_2 = 45 \text{ мм}^2$ и до $S_3 = 90 \text{ мм}^2$;
- в трибосопряжении №3 соответственно с $S_1 = 7 \text{ мм}^2$ до $S_2 = 160 \text{ мм}^2$.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что при предложенных режимах и условиях триботехнических испытаний:

– получить эффект полного разрушения масляных пленок и удаления их из зоны трения не удалось, что подтверждается не достижением значений максимального коэффициента граничного трения в сопряжениях №1, 2 установленного значения сухого трения в сопряжении №3, так как $0,22 (0,18) < 0,26$. Полученное объясняется устойчивостью и плотностью распределения сформировавшихся адсорбционных связей активных концов молекул масла первого ряда, т.е. монослоя, с активными центрами микропрофиля поверхностей материалов ролика и колодки. При чем белее устойчивые связи образовывались в трибосопряжении № 2.

– толщины образующихся полимолекулярных слоев масляных пленок в трибосопряжениях не одинаковы, поскольку полученные численные значения коэффициента трения в трибосопряжении № 2 при прирабатываемости масла больше приблизительно в 2 раза, интенсивность разрушения слоев в нем без подпитки масла при росте нагрузке гораздо ниже, чем в трибосопряжении № 1, да и величины износа поверхностей колодок меньше, о чем свидетельствует уменьшение площади трения в 1,3–1,6 раза на этапах испытаний. Полученное объясняется распространением поля энергии активных центров материалов колодок и ролика по глубине слоев масла.

– соотнесение полученных численных значений коэффициента трения в трибосопряжениях №1, 2 с диапазонами коэффициента трения [2; 3] свидетельствуют о том, что формирующиеся слои из компонентов моторного масла можно оценивать как эластогидродинамическую и как граничную смазку.

Выводы. Проведенные триботехнические испытания триад позволили выявить неоднозначное влияние химического состава материалов роликов на формирования смазочных слоев на контактных поверхностях роликов и колодок при смазывании и определить предельные значения нагрузок в зоне трения, обуславливающих разрушения поверхностей в условиях односкоростного режима трения и ступенчатого нагружения без подачи масла.

Предложенная методика триботехнических испытаний и оценки результатов может использоваться для последующего исследования трибологического состояния тех же триад, но при других скоростных режимах, а также с использованием иных марок масел.

Список литературы

1. Костецкий Б.И. Надежность и долговечность машин / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, Л.И. Бершадский, А.К. Караулов // – К.: Техніка, 1975. – 408 с.
2. Смазочные материалы: Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 224 с.
3. Синельников А.Ф. Автомобильные масла. Краткий справочник. / А.Ф. Синельников, В.И. Балабанов// – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2005. – 175 с.
4. Сагин С.В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения судовых дизелей / С.В. Сагин, Ю.В. Заболотный // Проблемы теніки. – 2012. – №4. – С.68–81.
5. Трофімов І.Л. Моделювання впливу електричного поля на протизносні властивості масляних матеріалів / І.Л. Трофімов // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ. – 2013. – Вип. 59. – С. 89–92.
6. Мельник В.Б. Метод оцінки складових змащувального шару в локальному контакті зубчатих передач / В.Б. Мельник / Проблеми тертя та зношування: наук.-техн. зб. – К.: НАУ. – 2012. – Вип. 58 – С. 165–168.

7. Савчук А.М. Кінетика зміни характеристик мастильного матеріалу в умовах недостатнього мащення /А.М. Савчук// Проблеми трибології. – 2012. – №4. – С.127–129.
8. Гедзюк Т.В. Аналіз процесів самоорганізації в умовах граничного тертя / Г.В. Гедзюк// Проблеми трибології. –2011. – №4. – С.72–75.
9. Стельмах А.У. Адгезионно-деформационные и динамические процессы в граничных слоях. Сообщение 1. Закономерности процесса изнашивания при трении в условиях граничной смазки /А.У. Стельмах// Проблеми трибології. – 2012. – №1. –С.106–111.
10. Ахматов А.С. Молекулярная фізика граничного трения /А.С.Ахматов. – М.: Физматгиз, 1963. – 472 с.
11. Кубіч В.І. Про вплив вмісту компонентів галієво-індієвого середовища на триботехнічні характеристики трибоз'єднання / В.І. Кубіч, Л.Й. Івченко // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ. – 2009. – Вип. 52 – С. 92–101.
12. Кубич В.И. Износостойкость деталей трибосопряжения «шейка-вкладыш» с медьсодержащими покрытиями / В.И. Кубич, Л.И. Ивченко // Проблемы трибологии. – 2011. – №2. – С.103–110.

Статья поступила в редакцию 05.09.2013

КУБІЧ В. І.

КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ ТРІАД «45XH2MΦA - LUKOIL-SUPER - AO20-1», «12X2H4 - LUKOIL-SUPER - AO20-1» В УМОВАХ СТУПІНЧАСТОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Проведені триботехнічні випробування матеріалів тріад «45XH2MΦA – LUKOIL-SUPER – AO20-1», «12X2H4 – LUKOIL–SUPER – AO20-1, які дозволили за встановленими законамирностями зміни коефіцієнта тертя в умовах ступінчастого навантаження виявити неоднозначний характер формування змащувальних шарів, прояву їх властивостей при граничному терті, а також види руйнування поверхонь, які контактують, що обумовлено впливом хімічного складу конструкційних легованих сталей на адсорбційно-когезійні процеси в зоні тертя

Ключові слова: коефіцієнт тертя, трибоз'єднання, знос, ролик, колодка, температура, навантаження.

KUBICH V. I.

FRICION FACTOR OF TRIADS «45XH2MΦA - LUKOIL-SUPER - AO20-1», «12X2H4 - LUKOIL-SUPER - AO20-1» STEPPED IN LOADING

The results of tribotesting materials triads «45XH2MΦA-LUKOIL-SUPER-AO20-1», «12X2H4-LUKOIL-SUPER-AO20-1, which allowed the established laws of changes in the factor of friction in the step of loading reveal the ambiguous nature of the formation of lubricating layer at the boundary friction action and their properties, as well as failure modes contacted surface, due to the influence of the chemical composition of the alloy structural steels in the adsorption – cohesive processes in the zone of friction. A key element in these lubricating layers forming patterns on surfaces are friction-cohesion adsorption processes occurring between the oil molecules and the active surface metal, in the presence of surfactants and without them. The simulation of stress modes of interaction elements of triboconjugation «pulley-block» at a constant frequency of rotation of the roller, ensuring their running-materials, including the lubricant.

Keywords: friction factor, triboconjugation, wear, roller, shoe, temperature, loading

Кубич Вадим Иванович – к.т.н., доцент кафедры автомобилей, Запорожский национальный технический университет, Украина, reibung1@mail.ru.