

струкций, работающих в условиях нестационарного термомеханического воздействия. В частности, данный метод открывает путь к решению практических задач оптимизации нестационарных режимов эксплуатации оборудования с целью снижения интенсивности процессов вязкоупругого деформирования и накопления повреждений в материале изделий.

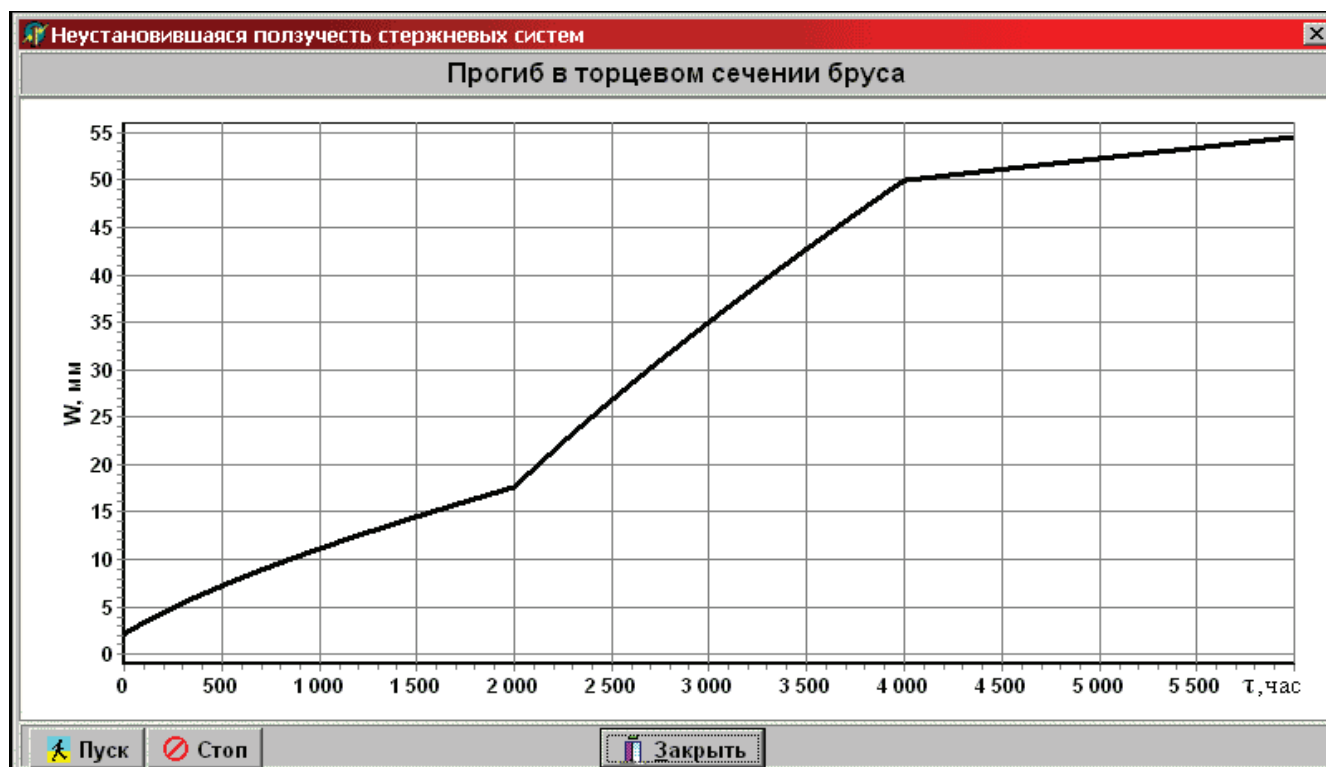


Рисунок 4. Прогибы бруса при нестационарном температурном воздействии

Литература

1. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
2. Луганцев Л.Д. Анализ циклического упругопластического деформирования и ресурса элементов конструкций // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2014. Т. 80. № 1, с. 54-58.
3. Коростылёв А.В., Луганцев Л.Д. Моделирование процесса ползучести реакционных труб печей конверсии углеводородных газов// Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2009. Т. 75. № 11, с.51-53.

Улучшение эксплуатационных характеристик автотранспортной техники за счет применения высокоэффективных присадок

К.т.н. Зарубин В.П., к.т.н. Киселев В.В., к.т.н. Пучков П.В., к.т.н. Топоров А.В.
ФГБОУ ВПО Ивановский институт ГПС МЧС России
8 (910) 687-53-98, slavakis76@mail.ru

Аннотация. Описана разработанная присадка к маслам и смазкам, содержащая порошок искусственного серпентина. Представлены результаты экспериментальных исследований смазок с порошками серпентина, указаны их триботехнические показатели.

Ключевые слова: пожарная техника, безызнное трение, смазочная композиция

В настоящее время в подразделениях ГПС МЧС России эксплуатируется более 14000 основных пожарных автомобилей, более 3000 специальных пожарных автомобилей и 13000 единиц оперативно-служебного транспорта, а также 9 млн метров пожарных рукавов. Одновременно на вооружении у подразделений находится более 200 наименований пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования. И все это перечисленное оборудование следует содержать в надлежащем порядке, обеспечивая его надежность и нормативный срок службы.

Повышение надежности автотранспортных средств, используемых в системе МЧС и в любой другой сфере, является важной хозяйственной задачей. Результаты анализа эксплуатационных испытаний пожарных автомобилей на пробегах, близких к капитальному ремонту, в качестве основной причины отказов указывают на преждевременный износ трущихся поверхностей. При этом 45% отказов двигателя, 83% сцепления, 98% карданной передачи, 73% заднего моста, 58% переднего моста и 79% рулевого управления происходят вследствие износа ограниченного количества быстроизнашивающихся деталей. Износ парка аварийно-спасательной и пожарной техники в ряде регионов России достигает 70%. Поддержание имеющейся пожарной техники в исправном состоянии, проведение ее ремонта и технического обслуживания требуют больших материальных затрат. Общая задача повышения долговечности автомобиля в большинстве случаев сводится к увеличению износостойкости отдельных деталей, лимитирующих надежность узлов, систем и всего агрегата в целом.

Не секрет, что интенсивно используемая автомобильная техника подвержена негативным воздействиям ряда факторов. Это и неустановившийся режим работы, и реверс, и вибрации, и возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей, и разнообразие внешних условий эксплуатации, вызванное как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде, — все это приводит к существенному повышению интенсивности изнашивания трущихся поверхностей деталей машин.

Применительно к пожарной технике эта проблема наиболее актуальна, поскольку в данной сфере двигатели пожарных и аварийно-спасательных автомобилей кроме транспортного режима эксплуатируются еще и в стационарном режиме в качестве привода на исполнительный агрегат, кроме того, они работают и без нагрузки в режиме прогрева и при смене караула во время проведения ежедневного технического осмотра. Изнашивание деталей приводит к ухудшению технических характеристик механизмов, снижению скорости движения пожарных автомобилей, подачи и напора, развиваемых пожарными насосами. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт.

Наиболее действенным и эффективным методом борьбы с износом является использование в узлах трения качественных смазочных материалов. На практике часто складывается ситуация, когда для пожарных автомобилей стоимостью в сотни тысяч рублей в качестве смазочного материала для деталей узлов механизма используют в лучшем случае солидол, в то время как в обычных легковых автомобилях применяют дорогие высококачественные смазочные материалы. Стоимость смазочного материала ничтожно мала по сравнению со стоимостью узлов механизмов, а польза, которую можно получить при использовании хорошего смазочного материала, может быть огромна.

В последние годы широко используется в качестве наполнителя масел и смазок порошок измельченного природного серпентина. Природный серпентин – геомодификатор трения (ГМТ) содержит в виде примесей большое количество оксидов и других компонентов (алюминий, железо, никель, кремний, магний, асбест, шамот, базальт и др.), роль которых в зоне трения является неоднозначной. К недостаткам такого наполнителя можно отнести большой разброс по содержанию примесей и гранулометрическому составу измельченного минерала, присутствие в составе крупных твердых частиц, что может привести к абразивному износу антифрикционных сплавов.

Поскольку минералы, входящие в состав геомодификаторов, химически инертны, то на эксплуатационные свойства масел они действия не оказывают. Изначально ГМТ представляют собой абразивные невысокой твердости частицы. Попав в зону трущихся деталей, они под воздействием энергии трения вступают в реакцию с металлом и образуют на нем гладкий металлокерамический слой (согласно рекламным описаниям), благодаря чему смазочные материалы с ГМТ могут применяться практически во всех машинах и механизмах.

Серпентин представляет собой слоистую разновидность гидросиликатов магния с общей формулой $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. Он может быть синтезирован с применением геля кремниевой кислоты и соединений магния (растворимых и не растворимых).

Золь-гель технология является основным методом синтеза антигорита различной степени дисперсности, обладающего большей степенью чистоты, чем природный.

Вторым способом получения искусственного серпентина является гидротермальный синтез. Такой способ получения смазочной композиции включает обработку смеси гидроксида магния $Mg(OH)_2$ и кремнийорганического эфира при температуре свыше $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении свыше $3,5\text{ МПа}$.

Исследование полученных разными методами порошков серпентина проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-2,0 – общего назначения. Параметры измерений были выбраны следующие: напряжение на рентгеновской трубке $U = 40\text{ кВ}$; ток рентгеновской трубки $I = 20\text{ мА}$; скорость счетчика – $4^{\circ}\text{ мин}^{-1}$, излучение – $\text{CuK}\alpha$.

Разработанные геомодификаторы выступали в качестве наполнителя к базовому маслу (И-20). На базе масла И-20 были получены смазочные композиции (№1, №2, №3), содержащие 10% геомодификатора трения. Композиция №1 содержит природный геомодификатор, №2 и №3 содержит 10% искусственного аналога геомодификатора трения, полученного гидротермальным синтезом или по золь-гель технологии.

Размер частиц синтезированного минерала определяли с помощью лазерного дисперсионного анализатора микрочастиц «Analizetter 22».

Триботехнические свойства разработанных серпентиноподобных соединений проводились по следующим методикам: частичный вкладыш и контртело (рисунок 1) были изготовлены из стали 45 (ГОСТ 1050) с поверхностной твердостью (45 – 48) HRC. Все образцы имели рабочие поверхности с $Ra = 0,16$ [2].

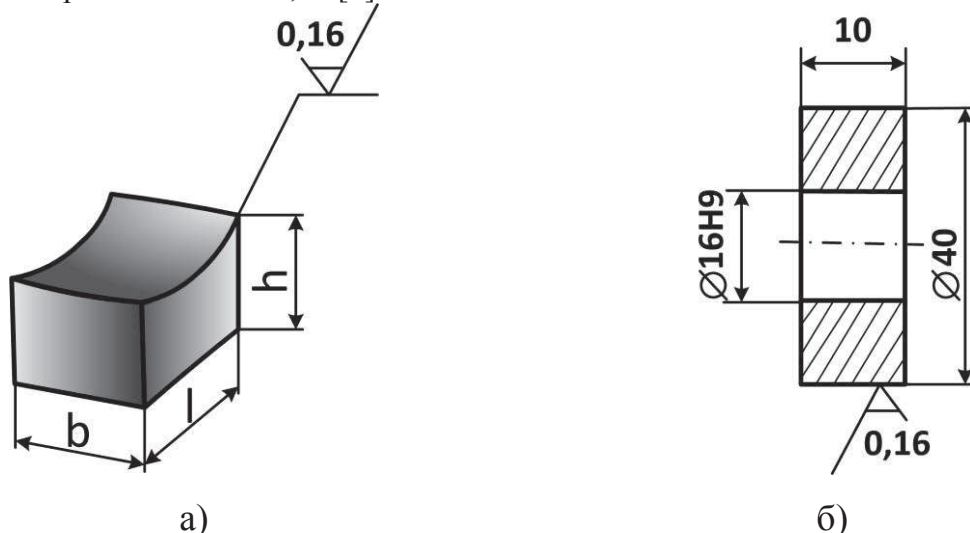


Рисунок 1. Частичный вкладыш (а) и контртело (б) для проведения испытаний на трение и изнашивание

Исследование триботехнических характеристик разработанных присадок проводилось на машине для испытания материалов на трение и износ модели СМТ-1 (рисунок 2).

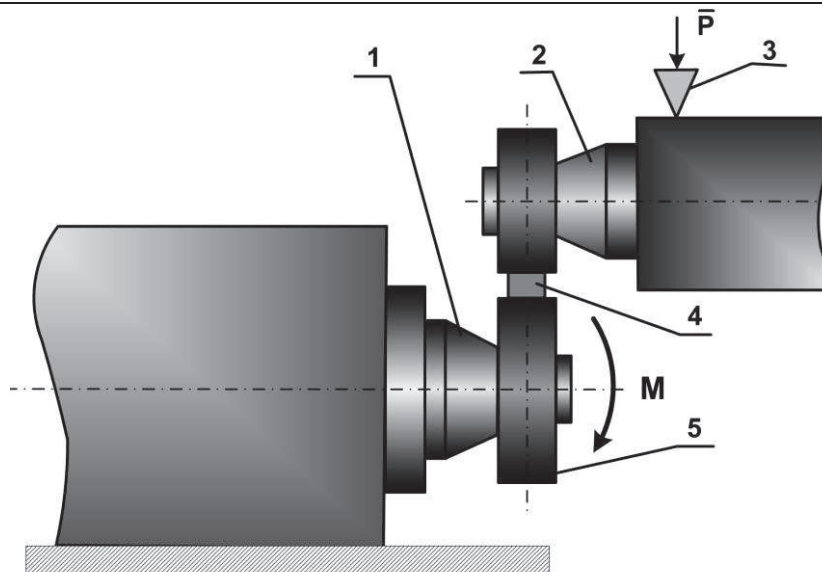


Рисунок 2. Упрощенная схема узла трения машины СМТ – 1:
1 – нижний (вращающийся) вал; 2 – верхний (неподвижный) вал;
3 – нагружающее устройство; 4 – образец; 5 – контртело

При исследовании износостойкости образца в присутствии разработанной смазочной композиции были выбраны усредненные режимы трения, применительно к режимам работы большинства узлов трения машин и аппаратов: скорость скольжения составляла 1 м/с; нагрузка повышалась ступенчато до резкого увеличения момента трения; смазочная композиция вводилась в зону трения капельным способом: 8 – 10 капель в минуту.

Поскольку, как известно из ранних работ, геомодификатор трения (ГТМ) организует на поверхностях контакта слой с повышенной микротвердостью, было исследовано изменение микротвердости поверхностного слоя образцов при изнашивании.

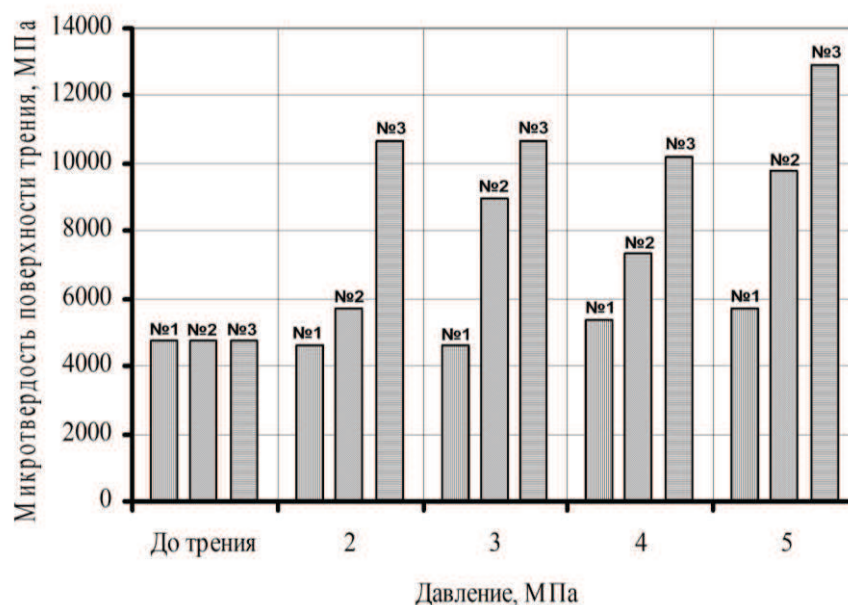


Рисунок 3. Зависимость микротвердости поверхности трения от давления:
№1 - для базового масла И-20 с 10% природного геомодификатора;
№2 - для масла И-20 с 10% наполнителя, изготовленного гидротермальным способом;
№3 - для масла И-20 с 10% наполнителя, изготовленного по золь-гель технологии

Из исследованных смазочных композиций следует выделить смазочную композицию №2. При введении в масло порошка этого наполнителя коэффициент трения снижается более чем в 5 раз при давлении до 3 МПа, интенсивность изнашивания уменьшается в 2 – 4 раза во всем диапазоне исследованных давлений. Улучшение триботехнических свойств масла можно объяснить образованием на поверхности стальных образцов слоя с повышенной микротвердостью (микротвердость поверхности трения увеличилась в 1,5 – 2 раза). Попадая в зону трения, частицы наполнителя, под действием нагрузки, разрушаются с выделением большого количества тепла и внедряются, размягчая верхние слои металла. Повышенная микротвердость оказывает непосредственное влияние на снижение интенсивности изнашивания и, как следствие, продления срока службы узла трения. Изменение микротвердости поверхности трения стальных образцов показано на рисунке 3.

Результаты триботехнических испытаний масла И-20 с 10 масс.% разработанных наполнителей представлены на рисунке 4 и 5.

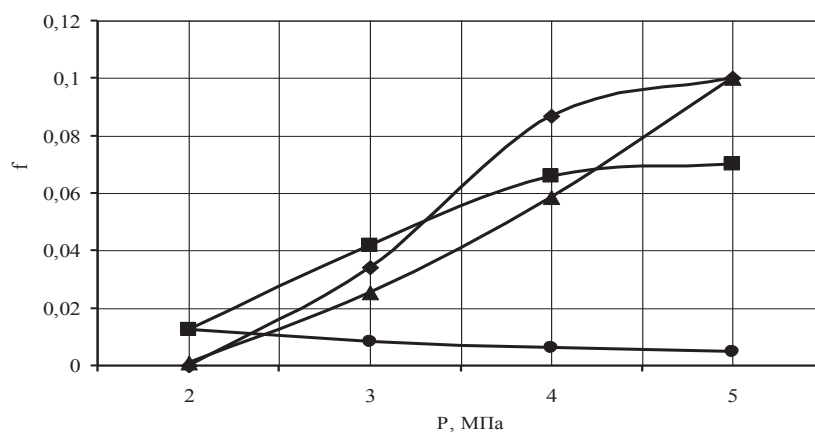


Рисунок 4. Зависимость коэффициента трения от давления на образец:
 ■ – масло И-20 без наполнителей; ▲ – масло И-20 со смазочной композицией №1;
 ◆ – масло И-20 со смазочной композицией №2;
 ● – масло И-20 со смазочной композицией №3

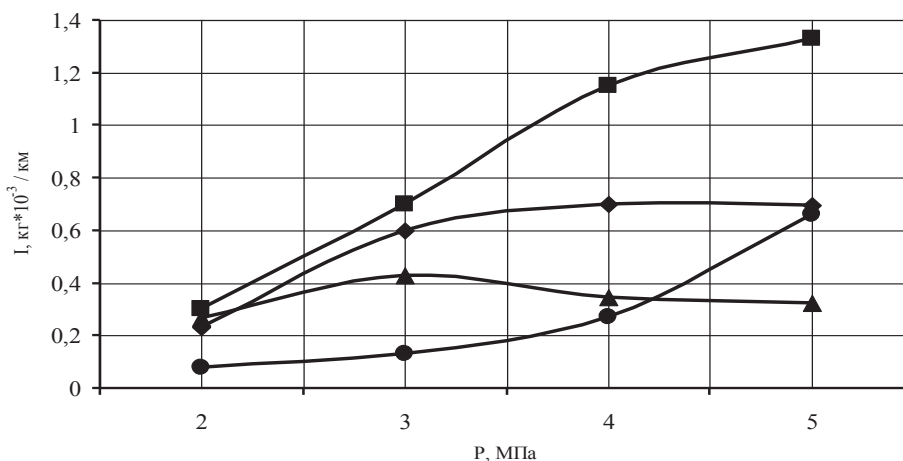


Рисунок 5. Зависимость интенсивности изнашивания от давления на образец: ■ – масло И-20 без наполнителей; ▲ – масло И-20 со смазочной композицией №1; ◆ – масло И-20 со смазочной композицией №2; ● – масло И-20 со смазочной композицией №3

Анализируя результаты исследований можно сделать выводы:

1. Смазочная композиция №1 проявила себя как противоизносная. В ее присутствии

интенсивность изнашивания снижается в 2 – 4 раза. Коэффициент трения при этом мало отличался от значений коэффициента трения в масле без наполнителей. Микротвердость поверхности трения частичного вкладыша увеличилась в 1,5 – 2 раза. Таким образом, смазочная композиция №1 снизила интенсивность изнашивания за счет образования на поверхности трения прочного слоя.

2. Смазочная композиция №2 мало отличается от смазочной композиции №1. В ее присутствии коэффициент трения снизился в 1,5 – 2 раза, интенсивность изнашивания уменьшилась в 1,5 – 2,5 раза, микротвердость поверхности трения увеличилась в 1,5 – 3 раза.

3. Лучшие триботехнические характеристики показала смазочная композиция №3: коэффициент трения снизился в 5 – 12 раз, интенсивность изнашивания уменьшилась в 3 – 4 раза, микротвердость поверхности трения увеличилась 1,5 раза.

Исследования показали, что использование в качестве наполнителя к смазочным материалам порошков серпентинов приводит к улучшению триботехнических свойств. Снижение коэффициента трения и интенсивности изнашивания связано с образованием на поверхности трения слоя с повышенной твердостью.

Для контроля размеров частиц наполнителей и количества тех или иных частиц в составе порошков использовался лазерный дисперсионный анализатор микрочастиц «Analizet-ter 22». В приборе используется физический принцип возможных перемещений электромагнитных волн. Через жидкость с порошком проходит лазерный луч и отражается от частиц под разными углами, которые зависят от величины и оптических свойств частиц. Прибор имеет набор линз, которые концентрируют отраженный свет в пучок. Пучок света попадает на измеряющий датчик. Датчик посылает сигнал в компьютер, который с помощью комплекса математических программ рассчитывает размер частиц исследуемого порошка.

По данным лазерного дисперсионного анализатора микрочастиц следует, что наполнитель №1 имеет 85% частиц с размерами менее 40 мкм, наполнитель №2 – 93%, наполнитель №3 96%, что говорит о тонкой дисперсности порошков наполнителей и о возможности применения смазок, наполненных порошками силикатов в машинах с фильтрами тонкой очистки масла. Порошки наполнителей не будут отфильтровываться и в достаточном количестве попадут в зону трения.

Внедряясь в поверхность трения, наночастицы порошка искусственного серпентина, образуют слой с повышенной микротвердостью. Повышенная микротвердость оказывает непосредственное влияние на снижение интенсивности изнашивания и, как следствие, продления срока службы узла трения.

Применение прогрессивных смазочных материалов в пожарной технике позволит добиться значительных положительных результатов, а именно: продлить ресурс работы узлов автотранспортной техники до 2 раз, резко снизить аварийные разрушения оборудования, сократить затраты на внеплановые ремонты оборудования, экономить горюче-смазочные материалы [5].

Разработанная присадка может найти широкий круг применения. Выявленные в ходе экспериментов некоторые качественные показатели значительно превосходят показатели других аналогичных присадок. Не последним достоинством присадки является простота в применении и относительная дешевизна в изготовлении.

Литература

1. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. – Т. 19. – №2. – С. 50 – 53.
2. Киселев В.В., Полетаев В.А. Исследование триботехнических характеристик металлосодержащих присадок к маслам, используемым в электрических машинах // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Выпуск 2. – С. 65 – 67.

3. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения // Вестник ИГЭУ. – 2012. – Выпуск 1. – С. 28 – 31.
4. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Перспективы использования модернизированных смазочных материалов в пожарной и аварийно-спасательной технике // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – 2011. – №3. – С. 23 – 29.
5. Зарубин В.П., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Никитина С.А. Перспективы использования искусственных геомодификаторов трения для пожарной техники / Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. – Химки: АГЗ МЧС России. – 2013. №3 (18). – С. 99 – 105.

**Разработка новых смазочных композиций,
повышающих надежность пожарной техники**

К.т.н. Киселев В.В., к.т.н. Зарубин В.П., к.т.н. Никитина С.А., к.т.н. Покровский А.А.
ФГБОУ ВПО Ивановский институт ГПС МЧС России
8 (910) 687-53-98, slavakis76@mail.ru

Аннотация. Описана разработанная противоизносная присадка к моторным маслам, содержащая соли мягких металлов. Показаны триботехнические показатели разработанной смазки. Указана возможная область внедрения смазочной композиции.

Ключевые слова: пожарная техника, безизносное трение, смазочная композиция

Одним из приоритетных научных направлений научно-технической политики МЧС в настоящее время является повышение уровня технического оснащения сил гражданской обороны. Сотрудниками кафедры механики и инженерной графики в соответствии с указанным направлением проводится активная работа по созданию новых, прогрессивных смазочных композиций, призванных повысить надежность и безотказность работы аварийно-спасательной техники МЧС.

Особое место в отрасли транспортного машиностроения занимает развитие производств противопожарной и спасательной техники. Все мы понимаем, что без современной и мощной научно-технической базы невозможно решить весь комплекс проблем, связанных с обеспечением защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Как известно, на первом этапе создания отечественной аварийно-спасательной техники, в период с конца 80-х до середины 90-х гг., основное внимание уделялось разработке многофункциональных технических комплексов на базе крупнотоннажной автомобильной и бронетанковой техники, предназначенных для ликвидации последствий военных действий и крупномасштабных ЧС природного и техногенного характера, сопровождающихся образованием обширных зон разрушений, наводнений, загрязнения территории радиоактивными и химически опасными веществами.

Однако ввиду острого дефицита бюджетных финансовых средств данные работы не были завершены путем воплощения в реальную машиностроительную продукцию. В это же время, одновременно с созданием поисково-спасательных формирований нового типа, по инициативе и при поддержке руководства МЧС России начато производство отечественных аварийно-спасательных машин, предназначенных для обеспечения аварийно-спасательных и неотложных работ в крупных населенных пунктах. Анализ результатов их применения показал, что такая техника способна оказать существенное влияние на сохранение жизни людей и снижение размеров материального ущерба от ЧС в мирное время.

На сегодняшний день для оснащения формирований МЧС России отечественные пред-