

УДК 62-237

Козырева Лариса Викторовна

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»
Россия, Тверь¹
Профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология»
Доктор технических наук
E-Mail: larisa.v.k.176@mail.ru

Козырев Виктор Вениаминович

ФГБОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»
Россия, Тверь
Ведущий научный сотрудник лаборатории «Инновационные и нанотехнологии»
Доктор технических наук
Профессор
E-Mail: kosurew-tgsxa@rambler.ru

Филиппова Наталья Андреевна

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный технический университет»
Россия, Тверь
Доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и экология»
Кандидат медицинских наук
E-Mail: natvard@mail.ru

**Обеспечение безопасности при эксплуатации
автомобильных крановых установок применением
износостойких композиционных материалов**

¹ 170026 г. Тверь, Наб. А. Никитина, 22 (ТвГТУ)

Аннотация. Автомобильные крановые установки нашли широкое применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства. Грузоподъемные механизмы, устанавливаемые на автомобильных кранах, относятся к категории опасных производственных объектов. При их эксплуатации частыми причинами возникновения аварий и несчастных случаев становятся разрушение деталей в результате изнашивания, несовершенство конструкции узлов, нарушение требований к их обслуживанию и ремонту. Решение проблемы повышения безопасности при эксплуатации автомобильных крановых установок должно осуществляться в нескольких направлениях: материаловедческом, связанном с разработкой износостойких материалов для ответственных деталей, и технологическом, основанном на разработке технологических процессов их восстановления и изготовления. В данной статье приводятся результаты научно-исследовательской работы коллектива авторов по созданию износостойких композиционных материалов и их рациональному применению в процессах восстановления и изготовления деталей подъемно-транспортных машин, работающих в условиях воздействия абразивных частиц и при отсутствии или ограниченном поступлении смазочных материалов. Разработанные композиционные материалы на основе полиамида-6, армированного металлизированными волокнами и порошками, применялись для изготовления направляющих опор механизма перемещения стрелы и восстановления подшипников механизма подъема груза автомобильной крановой установки. В результате проведения комплексного исследования зафиксировано увеличение ресурса восстановленных и изготовленных деталей относительной серийных сборочных единиц, что снижает затраты на проведение плановых технического обслуживания и ремонта и способствует обеспечению безопасности при эксплуатации крановых установок.

Ключевые слова: безопасность; износостойкий композиционный материал; автомобильная крановая установка; восстановление.

Идентификационный номер статьи в журнале 80TVN314

Автомобильные крановые установки оснащены стационарно установленными грузоподъёмными механизмами (лебёдками для подъёма груза, механизмами телескопирования и подъёма стрелы и др.), которые согласно приложению 1 к Федеральному закону от 21.07.97 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» относятся к категории опасных производственных объектов. При их эксплуатации возможно возникновение аварийных ситуаций и несчастных случаев, причинами которых являются нарушение персоналом инструкций по охране труда, отказ механизмов и приборов безопасности, разрушение деталей и металлоконструкций в результате изнашивания, коррозии, несовершенства конструкции узлов, нарушения требований к их обслуживанию и ремонту [1, 2].

Ответственными деталями, обеспечивающими безопасные условия при эксплуатации грузоподъёмных механизмов, являются направляющие опоры, по которым производится перемещение телескопических частей механизма вылета стрелы, и подшипники механизма подъёма груза. Особенности эксплуатации автомобильных кранов способствуют попаданию абразивных частиц в зону перемещения стрелы по направляющим опорам и в подшипниковые узлы механизма подъёма груза, а в результате применения консистентных смазок создаются благоприятные условия их накопления. Вследствие этого развивается процесс абразивного и сопутствующих ему других видов изнашивания направляющих опор, капроновых защитных уплотнений, а затем начинается интенсивный износ сепаратора, роликов, внутреннего и наружного колец подшипника, что приводит к частичной или полной потере работоспособности механизмов вылета стрелы и подъёма груза крановой установки.

На автомобильных кранах модели МТА-160 используются опоры, изготовленные из проката композиционного материала «Sipas» производства Австрии. Основной причиной снижения ресурса опоры является обработка заготовки из композиционного материала (КМ) на металлорежущих станках. Воздействие режущих инструментов оказывает негативное воздействие на эксплуатационные свойства изделий, так как в поверхностном слое нарушается пространственная ориентация армирующих частиц, и на границе «матрица-наполнитель» возникают дополнительные внутренние напряжения, приводящие к образованию микротрещин в композиционном материале. Необходимо отметить, что при механической обработке до 60 % дорогостоящего композита уходит в стружку, к процессу изготовления привлекаются высококвалифицированные рабочие, что также увеличивает себестоимость изделий. Применение последующей термической обработки не позволяет, в полной мере, обеспечить первоначальные свойства исходного материала, и срок службы таких направляющих составляет 10...12 месяцев (износ 8...12 мм). Единственный способ обеспечения безопасности при эксплуатации крановой установки становится трудоёмкая операция по их замене новыми дорогостоящими деталями [3].

В настоящее время особую востребованность приобретают научно-практические исследования, направленные на создание отечественных аналогов зарубежных материалов, применение которых при восстановлении и изготовлении деталей опасных производственных объектов, способствует увеличению их ресурса и снижению риска возникновения аварийных ситуаций при эксплуатации машин и оборудования.

На базе ОАО «Научно - исследовательский институт синтетического волокна с экспериментальным заводом» (г. Тверь), ФГБОУ ВПО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», лаборатории Научного центра Российской Федерации Государственного научно-исследовательского института химии и технологии элементоорганических соединений (г. Москва) авторами разработаны композиционные материалы на основе полиамида ПА-6, армированные металлизированными порошками и волокнами, имеющие насыпную плотность 1,38...2,80 г/см³, усадку при литье под давлением 0,6...1,6 %, коэффициент трения при работе без смазочных материалов 0,09...0,60. Высокие физико-механические и эксплуатационные характеристики композиционных материалов

достигаются за счёт металлизации элементов наполнителя методом химического газофазного осаждения металлоорганических соединений. На порошках и волокнах формируется металлическая плёнка толщиной от 10 до 500 нм, которая, обладая избыточной по сравнению с однородными материалами энергией и являясь энерггонасыщенной стабильной системой, обеспечивает оптимальные условия адгезионного взаимодействия наполнителя (углеродных, стеклянных волокон, порошков оксида кремния) и полимерной матрицы [4, 5].

На рисунках 1, 2 представлен внешний вид металлизированных методом химического газофазного осаждения пентакарбонила железа и циклопентадиенила никеля порошков оксида кремния SiO_2 и стеклянных волокон, а также полимерного композита, созданный с их применением [6].

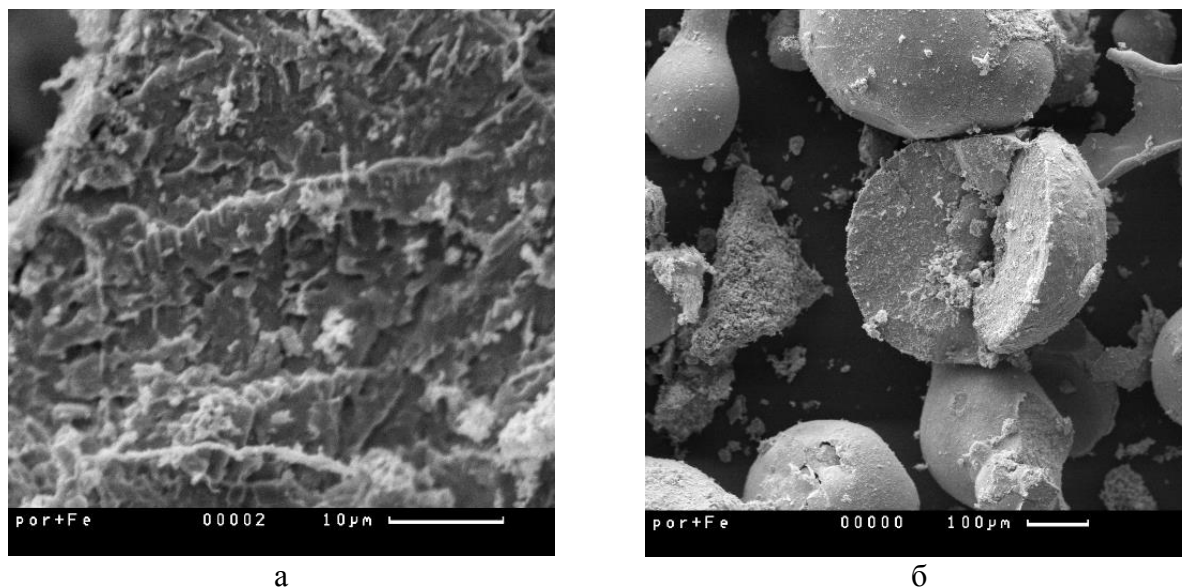


Рис 1. - Порошки SiO_2 , покрытые металлической плёнкой, полученной методом химического газофазного осаждения пентакарбонила железа:
а - разрез металлизированной порошковой частицы; б - внешний вид

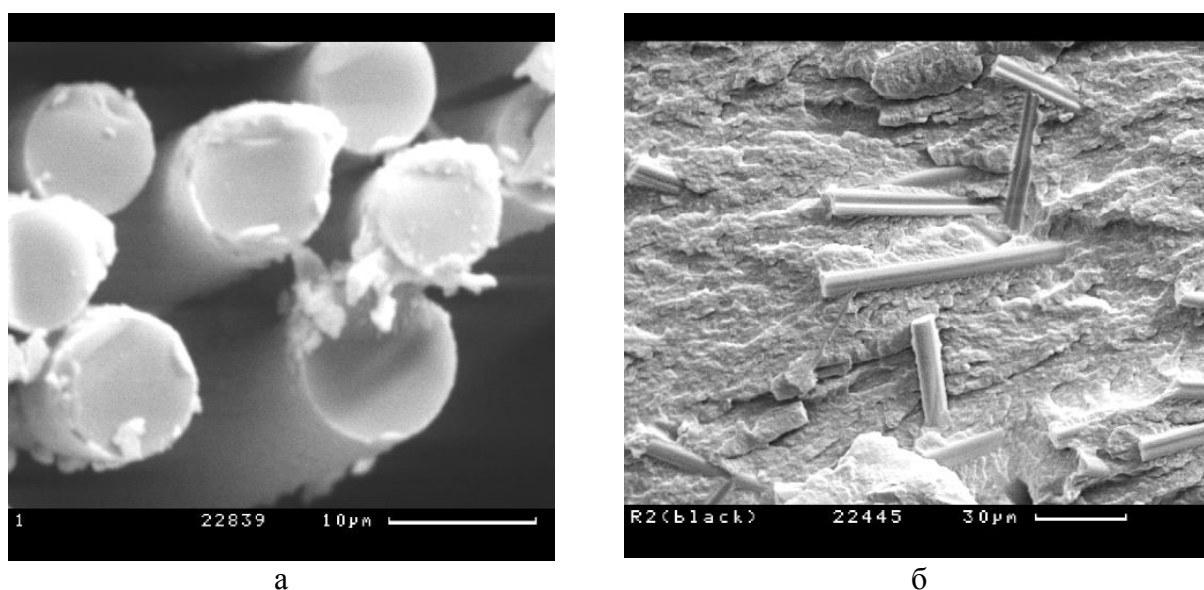


Рис.2 - Внешний вид объектов:
а) стеклянные волокна, металлизированные методом химического газофазного осаждения циклопентадиенила никеля; б) композиционный материал на основе полиамида, армированного металлизированными стеклянными волокнами

Сравнительная характеристика разработанных материалов и композита VMT «Sipas» представлена в таблице 1 [7].

Таблица 1

Сравнительная характеристика композиционных материалов

Свойства	Композиционный материал			
	VMT «Sipas»	Полиамид-6, армированный металлизированными углеродными волокнами	Полиамид-6, армированный металлизированными стеклянными волокнами	Полиамид-6, армированный металлизированными порошками
Твёрдость, МПа	95	138	150	158
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	56	73	68	86
Ударная вязкость, кДж/м ²	4,9	5,3	4,9	7,1
Теплостойкость по Мартенсу, К	373	413	463	463
Коэффициент трения без смазочного материала	0,20	0,12	0,30	0,26

Разработанные композиционные материалы по исследованным показателям превосходят VMT «Sipas». Необходимо отметить, что свойства VMT «Sipas» приведены в соответствии с сертификатом качества, где не учитывается снижение некоторых параметров после осуществления механической обработки при изготовлении конкретных деталей, т.е. фактические различия будут ещё более существенными в пользу разработанных композиционных материалов.

При исследовании свойств новых композиционных материалов определена целесообразность их применения в процессах восстановления и изготовления деталей трибосопряжений подъёмно-транспортных машин, работающих в условиях абразивного изнашивания и отсутствия или ограниченного поступления смазочных материалов, что характерно для условий эксплуатации крановых установок МТА-160.

Стендовые испытания проводились на образцах из композиционных материалов на основе термопластов, армированных различными наполнителями. При этом учитывалось, что созданные КМ работали в парах трения с деталями из качественных сталей ГОСТ 1050-88.

В результате сравнительных стендовых испытаний установлено, что лучшие показатели в парах трения «композит - сталь 45» наблюдаются у полиамида-6, армированного углеродными волокнами. Максимальный износ диска (более 20 мм) зафиксирован у материала VMT «Sipas» (рис. 3). Этот факт объясняется тем, что образцы из разработанных композиционных материалов изготавливаются литьём под давлением, а образцы из VMT «Sipas» из проката обработкой на металлорежущих станках [3, 7].

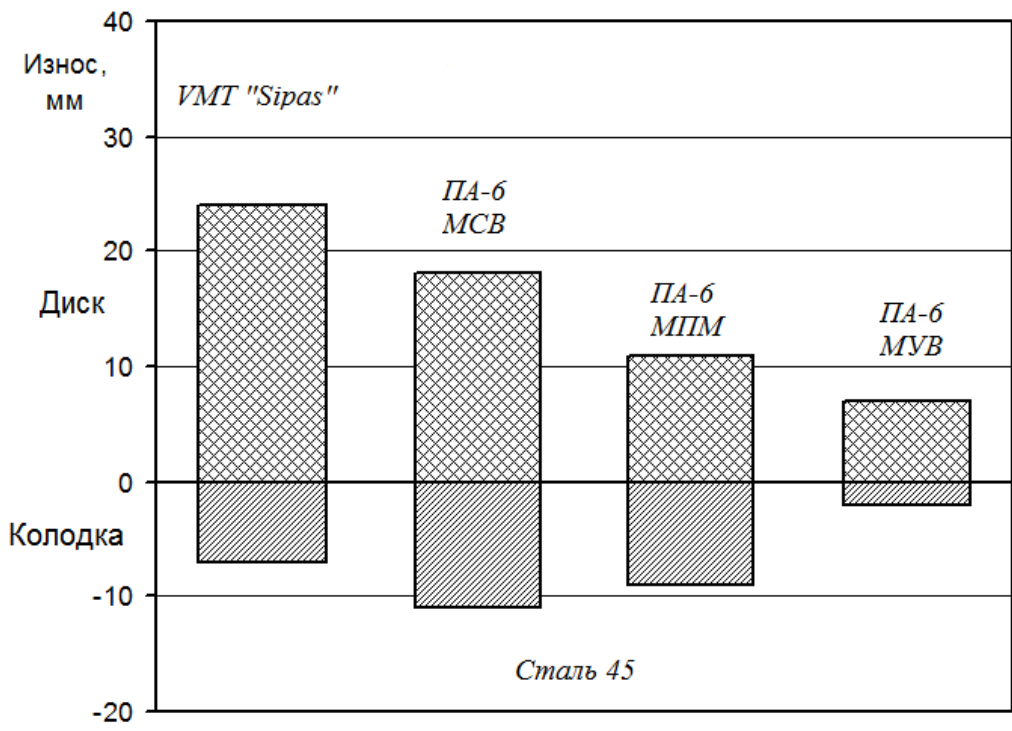


Рис. 3. Сравнительная оценка износостойкости пар трения «диск-колодка»
 ($P=2,0$ МПа, $v=0,786$ м/с, концентрация абразива 2 % в масле M10B ГОСТ 8581-78, продолжительность испытания 3,5 ч, путь трения 10000 м);

МСВ – металлизированные стеклянные волокна, МПМ – металлизированные порошковые материалы, МУВ – металлизированные углеродные волокна

На основании экспериментальных исследований разработана многокритериальная модель формирования выбора оптимального состава композиционных материалов в зависимости от эксплуатационных условий и определён перечень КМ для конкретной номенклатуры восстанавливаемых деталей с учётом себестоимости их изготовления [8, 9].

В таблице 2 приведены характеристики композиционных материалов, пригодных для восстановления и изготовления деталей крановой установки МТА-160 [7].

Таблица 2

Композиционные материалы, используемые для обеспечения безопасности при эксплуатации крановой установки МТА-160

Характеристика	Композиционный материал	
	1	2
Наполнитель:	Металлизированные углеродные волокна	Металлизированные порошки оксида кремния
- вид		
- содержание, % (об.)	30	30
Детали и сборочные единицы:		Подшипник INASL 045014 PPSM
- вид	Направляющие опоры	
- количество, шт.	4	9
- место установки на МТА-160	Механизм вылета стрелы	Механизм подъёма груза
- максимальная нагрузка, кН	10	8
- частота вращения, мин ⁻¹	-	70
- технологический процесс	Изготовление	Восстановление

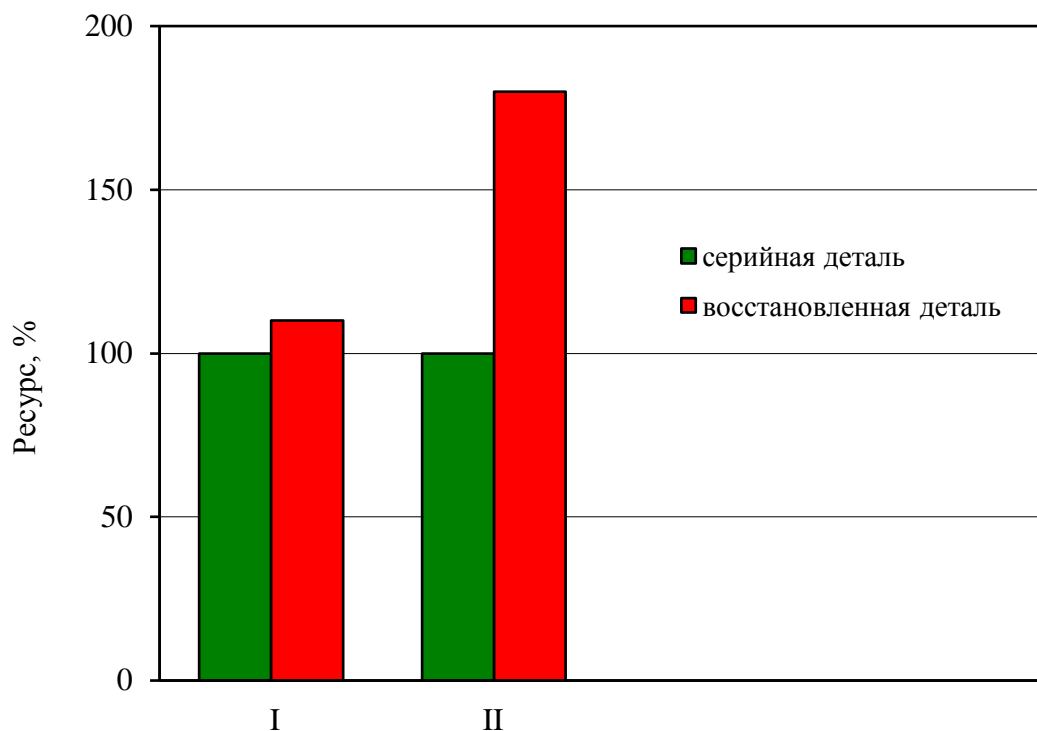


Рис. 5. Результаты эксплуатационных испытаний деталей и сборочных единиц, восстановленных и изготовленных с использованием КМ:

I – подшипник механизма подъёма МТА-160К;

II – направляющая опора МТА-160К

Сравнительные стендовые и эксплуатационные испытания позволяют сделать выводы о целесообразности восстановления и изготовления исследуемых деталей с использованием разработанных композиционных материалов.

Выводы:

1. Созданы композиционные материалы на основе термопластов, содержащие от 10 до 50 % (об.) металлизированных порошков и волокон, имеющие насыпную плотность 1,38...2,80 г/см³, усадку при литье под давлением 0,6...1,6 %, коэффициент трения при работе без смазочных материалов 0,09...0,60, теплостойкость 373...473 К.

2. В результате сравнительных стендовых и эксплуатационных испытаний деталей и сборочных единиц, восстановленных и изготовленных с использованием разработанных композиционных материалов, установлено:

- ресурс подшипников механизма подъёма автомобильного крана МТА-160 на 10...15 % выше, чем у серийных;
- износ направляющих опор крановых установок на 60...70 % меньше, чем у аналогичных деталей, изготовленных из композиционного материала VMT «Sipas» производства Австрии.

3. Увеличение ресурса деталей и сборочных единиц снижает затраты на проведение плановых технического обслуживания и ремонта, что в итоге способствует обеспечению безопасности при эксплуатации крановых установок

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестопалов К.К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. - М.: Мастерство, 2002. - 320 с.
2. Шишков Н.А. Обеспечение безопасности при производстве работ грузоподъемными кранами. - М.: ПИО ОБТ, 1999. – 98 с.
3. Козырев В.В., Козырева Л.В., Чупятов Н.Н. Полимерные нанокомпозиты в технологических процессах восстановления деталей подъемно-транспортных машин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. - 2012. - №7(90). – С. 143-147.
4. Козырева Л.В., Чупятов Н.Н. Химическое газофазное осаждение металлоорганических соединений в машиностроении и ремонтном производстве // Техника в сельском хозяйстве. – 2011. - №3. - С.27-29.
5. Козырева Л.В. Металлические наноматериалы для восстановления деталей // Техника и оборудование для села.- 2011. - №8(170). - С.41 -43.
6. Козырева, Л.В. Ресурсосберегающие нанотехнологии на предприятиях технического сервиса: монография - Тверь: ТГТУ, 2010. – 188 с.
7. Козырев В.В. Металлоорганические соединения в машиностроении и ремонтном производстве: монография. – Тверь: Студия-С, 2003. – 160 с.
8. Козырева Л.В. Оценка эффективности применения наноматериалов в составе композитов // Нанотехника. – 2011. - №1(25). - С. 8-13.
9. Козырева, Л.В. Поиск оптимального состава полимерных нанокомпозитов для трибосопряжений // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Сер. Агроинженерия. – 2010. – Вып. 2(41). - С. 124-127.
10. Ерохин М.Н. Восстановление и изготовление подшипников сельскохозяйственных машин с использованием нанокомпозитов: методические рекомендации / М.Н. Ерохин, Л.В. Козырева. - М.: Издат. центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2011. – 68 с.

Рецензент: Зюзин Борис Фёдорович, проректор по международным связям, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Тверской государственной технической академии». Россия, Тверь.

Kozyreva Larisa

Tver State Technical University
Russia, Tver
E-Mail: larisa.v.k.176@mail.ru

Kozyrev Victor

Tver State Agricultural Academy
Russia, Tver
E-Mail: kosurew-tgsxa@rambler.ru

Filippova Natalia

Tver State Technical University
Russia, Tver
E-mail: natvard@mail.ru

Safety during the operation of lorry-mounted cranes using wear-resistant composite materials

Abstract. Lorry-mounted cranes are widely used in various industries and agriculture. Hoisting mechanisms mounted on automobile cranes are classified as hazardous production facilities. During their operation frequent causes of accidents and injuries are a result of the attrition of the parts wear, inadequate construction sites, violation of requirements for their maintenance and repair. Solving the problem of improving road safety in the operation of lorry-mounted cranes should be carried out in several ways: materials science associated with the development of wear-resistant materials for critical components, and processing design and manufacturing of their rework. This article presents the results of research work group of authors to create wear-resistant composite materials and their rational use in the processes of reconstruction and parts manufacturing lifting and transporting machines running under the impact of the abrasive particles in the absence or limited admission Lube. Developed composite materials based on polyamide-6 reinforced with metallic fibers and powders used for the manufacture of guide mechanism supports the boom and recovery of hoisting mechanism bearings of the lorry-mounted crane. As a result of conducting a comprehensive study reported an increase in rework resources and manufactured parts relative serial assembly units, which reduces the costs of routine maintenance and helps to ensure safety in the operation of the lorry-mounted cranes.

Keywords: safety; wear-resistant composite material; lorry-mounted crane; rework

Identification number of article 80TVN314

REFERENCES

1. Shestopalov K.K. Podjomno-transportnye, stroitel'nye i dorozhnye mashiny i oborudovanie. - M.: Masterstvo, 2002. - 320 s.
2. Shishkov N.A. Obespechenie bezopasnosti pri proizvodstve rabot gruzopod#emnymi kranami. - M.: PIO OBT, 1999. – 98 s.
3. Kozyrev V.V., Kozyreva L.V., Chupjatov N.N. Polimernye nanokompozity v tehnologicheskikh processah vosstanovlenija detalej pod#emno-transportirujushhh mashin // Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik. - 2012. - №7(90). – S. 143-147.
4. Kozyreva L.V., Chupjatov N.N. Himicheskoe gazofaznoe osazhdenie metalloorganicheskikh soedinenij v mashinostroenii i remontnom proizvodstve // Tehnika v sel'skom hozjajstve. – 2011. - №3. - S.27-29.
5. Kozyreva L.V. Metallicheskie nanomaterialy dlja vosstanovlenija detalej // Tehnika i oborudovanie dlja sela.- 2011. - №8(170). - S.41 -43.
6. Kozyreva, L.V. Resursosberegajushhie nanotehnologii na predpriyatijah tehničeskogo servisa: monografija - Tver': TGTU, 2010. – 188 s.
7. Kozyrev V.V. Metalloorganicheskie soedinenija v mashinostroenii i remontnom proizvodstve: monografija. – Tver': Studija-S, 2003. – 160 s.
8. Kozyreva L.V. Ocenka jeffektivnosti primenenija nanomaterialov v sostave kompozitov // Nanotehnika. – 2011. - №1(25). - S. 8-13.
9. Kozyreva, L.V. Poisk optimal'nogo sostava polimernyh nanokompozitov dlja tribosoprjazhenij // Vestnik FGOU VPO MGAU. Ser. Agroižhenerija. – 2010. – Vyp. 2(41). - S. 124-127.
10. Erohin M.N. Vosstanovlenie i izgotovlenie podshipnikov sel'skohozjajstvennyh mashin s ispol'zovaniem nanokompozitov: metodicheskie rekomendacii / M.N. Erohin, L.V. Kozyreva. - M.: Izdat. centr FGOU VPO MGAU, 2011. – 68 s.