



Приведенные разработки позволяют на базе простой в изготовлении и эксплуатации измерительной системы [1, 4] осуществлять контроль высокой точности (1 мкм) деталей с центральной осью симметрии, в том числе по ходу технологического процесса их изготовления, что позволит существенно повысить качество контроля деталей «тело вращения», а следовательно, и качество самих деталей/сборочных единиц.

Материалы исследований (диссертации): математические модели – алгоритмы – программное обеспечение – измерительная система используются в учебном процессе подготовки инженеров специальностей 151001, 200503, 220501 при изучении дисциплин «Метрология, стандартизация, сертификация» и «Технология машиностроения» филиала ЮУрГУ в г.Миассе.

#### Библиографический список

1. Чиненов С.Г., Высогорец Я.В., Максимов С.П. Математическое моделирование операций комплексного размерного контроля деталей машин // Вестник ИрГТУ. 2011. №8 (55). С.172-176.
2. Косаревский С.В. Автоматизация контрольно-измерительных операций при производстве крупногабаритных деталей атомного энергомашиностроения: дис. ... канд. тех. наук. СПб., 2009. 140 с.
3. IMT Technische Unterlagen. Koordinaten Meßgeräte „UMC 850 OPTON“. Carl Zeiss, 1989. 528 с.
4. Патент 2 348 006 С1 Российская Федерация, МПК<sup>51</sup> G 01 B5/08, G 01 B5/12. Способ размерного контроля поверхностей деталей, имеющих круглые сечения / С.Г.Чиненов,

- С.П.Максимов, Я.В.Высогорец № 2007126311/28; заявл. 10.07.07; опубл. 27.02.09, Бюл. № 6. 15 с.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011614778. Программа для определения параметров точности цилиндрических поверхностей деталей типа «тело вращения» / Я.В. Высогорец, С.Г. Чиненов; заявка № 2011613133 от 29.04.2011. 26 с.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011617665. Программа для определения параметров точности торцевых поверхностей / Я.В. Высогорец, С.Г. Чиненов, Р.Р. Саитгалиев; заявка № 2011615883 от 3.09.2011. 25 с.

УДК 629.421.027

## ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ГОРНЫХ МАШИН

**М.В.Гречнева<sup>1</sup>, С.А.Толкачев<sup>2</sup>, И.К.Владимирцев<sup>3</sup>**

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Исследован износ рабочих органов горных машин на примере Мугунского угольного разреза. Определены вид и зоны интенсивного износа ковшей экскаваторов. Установлены факторы, влияющие на степень их износостойкости. Выявлен ряд факторов, которые возможно контролировать. Предложены пути повышения износостойкости ковшей экскаваторов: армирование режущей части сменных коронок, конструктивная доработка подъёмных проушин, создание поверхностного износостойкого слоя с использованием электродуговой наплавки и газопорошкового напыления.

Ил. 8. Библиогр. 4 назв.

*Ключевые слова:* износостойкость ковшей экскаваторов; абразивный износ; конструктивная доработка; электродуговая наплавка; защитное покрытие; газопорошковое напыление.

## INCREASING WEAR RESISTANCE OF MINING MACHINERY PARTS

**M.V. Grechneva, S.A. Tolkachev, I.K. Vladimirtsev**

National Research Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074.

The article studies the wear of the operating units of mining machinery on the example of Mugunsky coal mine. The types and zones of bucket intensive wear are determined. The factors affecting the degree of their wear resistance are identified. A number of factors that may be controlled are specified. The article proposes ways to increase bucket wear resistance: the reinforcement of the cutting part of interchangeable bits, design revision of lifting lugs, creating of a surface wear-resistant layer using electroarc surfacing and gas-powder deposition.

8 figures. 4 sources.

*Key words:* bucket wear resistance; abrasive wear; design revision; electroarc surfacing; protective coating; gas-powder deposition.

<sup>1</sup>Гречнева Мария Васильевна, кандидат технических наук, профессор кафедры машиностроительных технологий и материалов, тел.: 83952405247, e-mail: mgrech@irk.ru

Grechneva Maria, Candidate of technical sciences, Professor of the Department of Engineering Technologies and Materials, tel.: 83952405247, e-mail: mgrech@irk.ru

<sup>2</sup>Толкачев Сергей Александрович, студент, тел.: 89041271282.

Tolkachev Sergey, Student, tel.: 89041271282.

<sup>3</sup>Владимирцев Игорь Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры горных машин и электромеханических систем, тел.: 83952405069.

Vladimirtsev Igor, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Mining Machinery and Electromechanical Systems, tel.: 83952405069.

Конкурентоспособность современных промышленных предприятий во многом зависит от производительности и надежности используемого оборудования. Эффективность того или иного оборудования или промышленного комплекса во многом зависит от технологических перерывов, которые в наибольшей степени связаны с износом оборудования. К основным проблемам, возникающим перед предприятиями в процессе эксплуатации, относятся: малый ресурс оборудования, большие простои, связанные с плановым и аварийным ремонтом, снижение производительности

При воздействии на элементы двигателя, работающие в сопряжении, абразив нарушает поверхность, которая в свою очередь начинает разрушать сопряженные с ней детали, вследствие чего износ развивается с нарастающей интенсивностью.

Влияние абразивного износа на работу драглайнов можно оценить, сравнивая время всех простоев с простоями, связанными с восстановлением рабочих органов машин. Как видно из диаграммы (рис. 1), на восстановление рабочего органа приходится практически половина всего времени простоев.

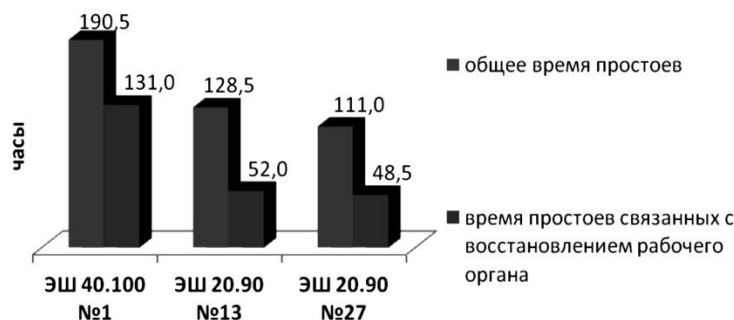


Рис. 1. Влияние абразивного износа на работу вскрышных экскаваторов

машин и агрегатов, большой расход запасных частей. Это приводит к снижению технико-экономических показателей предприятий и вследствие этого повышает стоимость готовой продукции.

Долговечность оборудования зависит от ресурса входящих в него деталей. Детали, подвергающиеся интенсивному износу, как правило, имеют короткий срок эксплуатации, что значительно снижает общий ресурс оборудования и приводит к плановым остановкам. Различными предприятиями промышленности и сельского хозяйства ежегодно расходуются сотни тысяч тонн металла на изготовление запасных частей: различного рода штампов, рабочих органов дробильных механизмов, деталей землеройных машин, валков прокатных станков, почвообрабатывающих машин и других деталей. При этом затрачивается большое количество труда, увеличиваются простои, снижается производительность машин и аппаратов. Поэтому повышение износостойкости и срока службы машин – весьма важная задача науки и производства, особенно в современных условиях, когда предприятия для сохранения высокой конкурентоспособности вынуждены использовать высокопроизводительное оборудование. С другой стороны, это очень дорогое оборудование как в плане капитальных, так и эксплуатационных затрат.

Одной из основных проблем, связанных с недостаточным сроком службы деталей машин, является абразивный износ. Его последствия могут быть как прямо, так и косвенно связаны с остановкой машины. Например, при эксплуатации землеройного и размольного оборудования износ прямо влияет на снижение производительности этих машин за счет уменьшения сечения и изменения формы деталей. При эксплуатации транспортных машин, основным агрегатом которых является двигатель внутреннего сгорания, этот вид износа имеет косвенный характер.

На сегодняшний день выявлено несколько факторов, влияющих на степень абразивного износа:

- скорость соударения;
- угол атаки;
- исходный размер абразивных частиц породы;
- содержание влаги;
- твердые добавки;
- концентрация абразивных частиц;
- соотношение твердости абразива и изнашиваемого материала.

Проблема состоит в том, что разработать один универсальный метод защиты деталей машин практически невозможно из-за неоднородности абразива, разных механизмов взаимодействия абразивных частиц породы с металлом изделия и конструктивных особенностей узлов и агрегатов. Для разработки технических решений с целью повышения стойкости к абразивному износу рабочего оборудования драглайнов, работающих на вскрыше Мугунского угольного разреза, был использован следующий алгоритм:

- определение общей схемы изнашивания;
- определение состава и механических свойств материала изделия;
- определение общих физико-механических характеристик вскрышных пород;
- выявление факторов, которые возможно искусственно изменять и контролировать в процессе работы машины;
- оптимизация взаимодействия среды и рабочего органа;
- поиск оптимального способа упрочнения поверхности.

При решении проблемы важно выявить факторы, поддающиеся воздействию. Например, в случае измельчительного оборудования возможно изменение практически всех параметров, тогда как для выемоч-

ных машин на такой фактор, как изменяющуюся в широких пределах влажность среды, влиять невозможно.

При изучении работы драглайнов были определены зоны интенсивного износа. Как показано на рис. 2, наибольшая интенсивность изнашивания наблюдается на козырьке, задней части днища и задней стенке ковша.

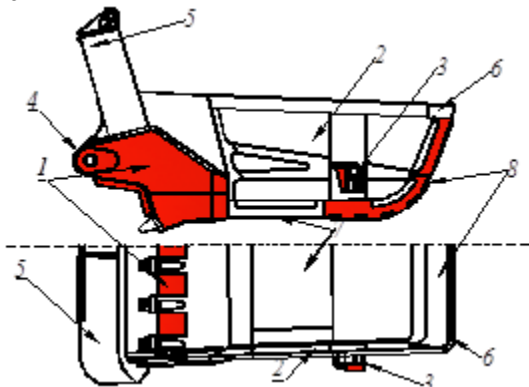


Рис. 2. Зоны интенсивного износа ковша 40 м<sup>3</sup> экскаватора ЭШ 40.100: 1 – козырек; 2 – боковые стенки; 3 – подъемные проушины; 4 – тяговые проушины; 5 – арка; 6 – верхний пояс; 7 – днище; 8 – задняя стенка

Высокая интенсивность износа наблюдается и в передней части подъемных проушин ковша из-за того, что в этих зонах сила взаимодействия поверхности стенок ковша и породы очень велика. В передней части она наблюдается в момент наполнения ковша, на днище – когда ковш проходит путь наполнения и всей массой воздействует на грунт. Задняя стенка изнашивается во время планировки.

Были определены наиболее важные факторы, влияющие на интенсивность износа при работе вскрышных машин: скорость соударения (рис. 3), угол атаки (рис. 4), соотношение твердости материала и абразива. Это те факторы, которыми возможно регулировать интенсивность износа в условиях Мугунского угольного разреза.

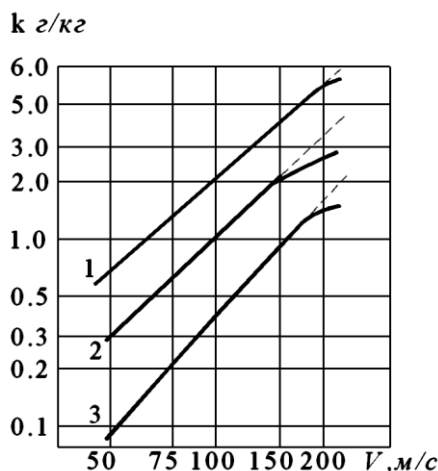


Рис. 3. Зависимость интенсивности изнашивания от скорости соударения при  $\alpha = 90^\circ$ : 1 – ВК6М в потоке электрокорунда; 2 – У8А в потоке стеклянных крошек; 3 – ВК6М в потоке песка

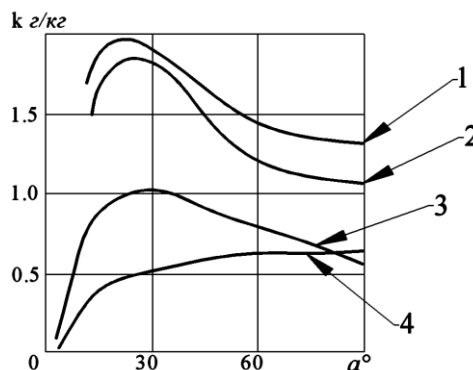


Рис. 4. Зависимость интенсивности изнашивания от угла атаки. Сталь Ст3: 1 – в потоке стеклянных крошек; 2 – в потоке электрокорунда; 3 – в потоке песка; 4 – сталь У8А (HV 850) в потоке песка

Интенсивность износа тем выше, чем больше сила взаимодействия между поверхностью изделия и породой. На интенсивность изнашивания влияет не только твердость поверхности, но и ее способность противостоять внедрению мелких частиц абразива. Износостойкость заметно повышается с уменьшением угла атаки.

Для повышения износостойкости предлагается решать проблему в двух направлениях:

- конструктивная доработка;
- создание поверхностного износостойкого слоя.

Конструктивная доработка элементов рабочего органа должна быть направлена на уменьшение силы взаимодействия между абразивом и корпусом ковша, т.е. на уменьшение угла атаки. Предлагаемая доработка подъемных проушин ковша показана на рис. 5. Такое снижение угла атаки позволит значительно снизить интенсивность изнашивания несущих элементов конструкции (см. рис. 4).

Немаловажной является оптимизация конструкции сменных коронок. Это позволит значительно сократить плановые простои. Для этого предлагается армировать режущую часть коронок (рис. 6). Армирование возможно двумя путями: нанесением покрытия (в условиях эксплуатирующего предприятия) и установкой более износостойкого материала в режущей области коронки.

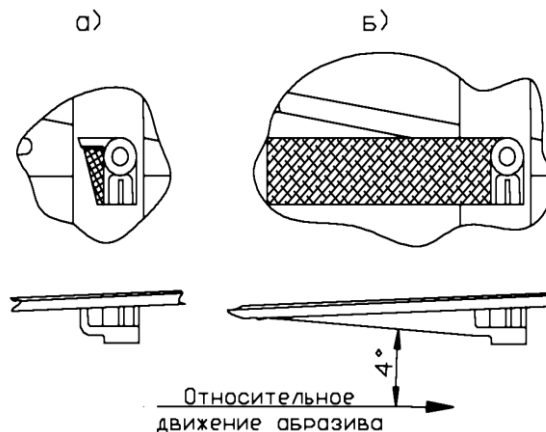


Рис. 5. Схема конструктивной доработки подъемных проушин: а – до доработки; б – после доработки

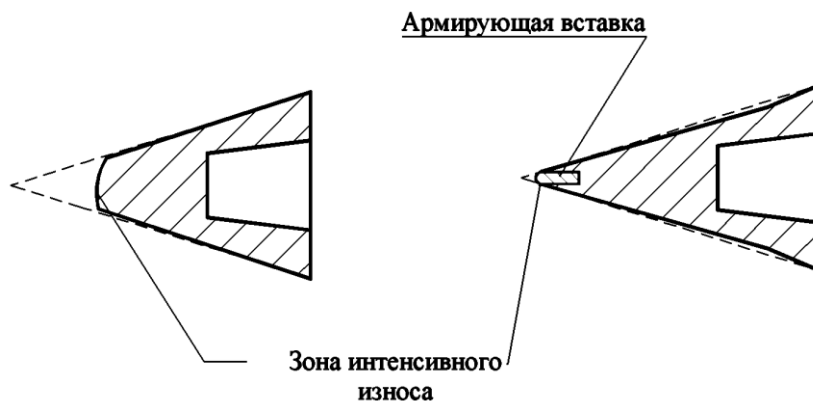


Рис. 6. Армирование режущей кромки коронки экскаватора ЭШ 40.100, ЭШ 20.90 в условиях завода-изготовителя

Соотношение износостойкости основного материала и материала вставки должно быть не менее 1/2. При таком соотношении будет обеспечена разная скорость изнашивания материалов, что позволит снизить скорость затупления коронки и увеличить ее общий ресурс.

Так как рассматриваемое оборудование в большинстве случаев восстанавливается в полевых условиях, при выборе способа восстановления и упрочнения поверхности определяющими были следующие факторы: широкий выбор материалов, возможность работы в любых пространственных положениях, простота и надежность оборудования, мобильность. Этим условиям соответствуют два способа: электродуговая наплавка и газопламенное напыление.

Главным принципом при армировании является создание поверхностного слоя с требуемыми параметрами. Проблема существующей технологии заключается в том, что при нанесении износостойкой сетки (рис. 7) создается искусственная преграда для движения частиц породы, вследствие чего увеличивается угол атаки, что приводит к увеличению интенсивности износа.

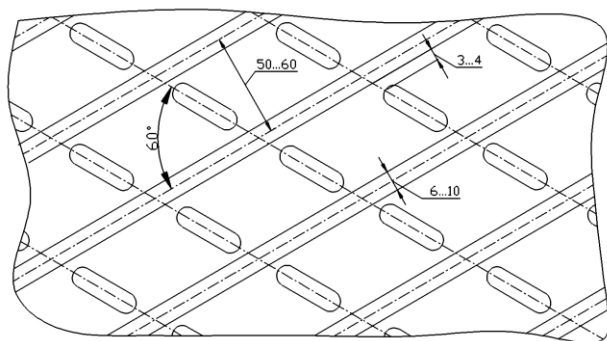


Рис. 7. Схема нанесения износостойкой сетки

Предлагается дополнить существующую схему защитной сетки нанесением защитного покрытия и тем

самым уменьшить сопротивление движению частиц породы (рис. 8).

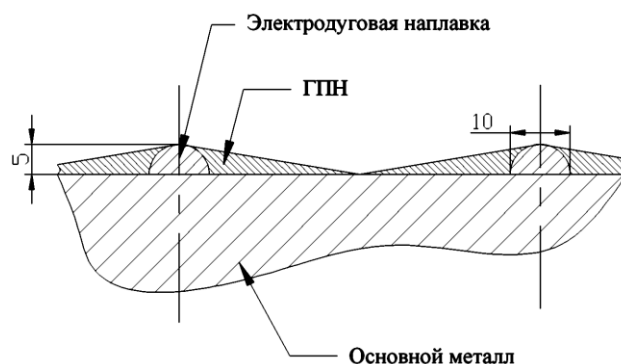


Рис. 8. Схема нанесения защитного покрытия методом газопорошкового напыления

В качестве защитного материала предлагается порошок Т-Термо-40. Этот порошок применялся для защиты автосцепок и деталей типа «вал» на железнодорожном транспорте. Порошок наносится с помощью газопламенного напыления. Структура нанесенного покрытия из этого порошка мелкодисперстная, однородная. Микротвердость карбидов и боридов хрома  $H_{50}$  840–1670. Твердость покрытия составляет HV 672–773, что превышает твердость упрочненных слоев стали 110Г13Л. Такое увеличение твердости способствует значительному росту износостойкости детали. Газопорошковое напыление практически полностью исключает недостатки армирования электродами Т-590, когда после нанесения сетки увеличивается средний угол атаки и, следовательно, сила взаимодействия абразива и поверхности.

Нанесенное покрытие эффективно препятствует образованию трещин и развитию имеющихся дефектов, что, несомненно, улучшает эксплуатационные характеристики. Фактическую износостойкость оборудования должны показать эксплуатационные испытания.

#### Библиографический список

1. Полевой Г.В., Сухинин Г.К. Газопламенная обработка металлов. М.: Академия, 2005. 336 с.
2. Львов П.Н. Износостойкость деталей строительных и дорожных машин. М.: Машгиз, 1962. 112 с.
3. Крагельский И.В. Трение и износ. М.: Машиностроение, 1968. 480 с.
4. Каган И.Л. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин контактной приваркой лент // Сварочное производство. 1969. №2. С. 38–40.