

П.В. Иванова, С.А. Асонов, С.Л. Иванов, С.Ю. Кувшинкин

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ И НАДЕЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО ПАРКА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Проанализирована структура современного экскаваторного парка РФ и стран СНГ. Основным типом выемочно-погрузочного оборудования остаются карьерные экскаваторы типа ЭКГ, выпущенные в разные годы ООО «ИЗ-КАРТЭКС» (бывший ИЗТМ) и Уралмаш-заводом. Указаны основные отечественные и зарубежные производители современных карьерных экскаваторов — как механических лопат, так и гидравлических. Указаны достоинства и недостатки машин с электромеханическим и гидравлическим приводом. Проведен анализ отказов карьерных экскаваторов типа ЭКГ, эксплуатирующихся на различных горнодобывающих предприятиях. Отмечены факторы, вызывающие внеплановые простои экскаваторов. Проанализирована работа экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и ЭКГ-32Р № 2, эксплуатирующихся в КРУ «Краснобродский». Установлено время внеплановых простоев, связанных с отказами различных систем экскаватора — привода подъема, привода напора, привода поворота, привода хода, рабочего оборудования и вспомогательного оборудования. Выявлено, что наибольшее количество внеплановых простоев связано с отказами привода подъема, наименьшее — с отказами привода поворота и вспомогательного оборудования. Проведено сравнение времени простоев, обусловленных отказами и проведением плановых работ по техническому обслуживанию и ремонту. Установлено, что простои и время, затраченное на проведение плановых работ, сопоставимы друг с другом, что позволяет сделать вывод о том, что применяемые системы технического обслуживания и ремонта недостаточно эффективны, так как не обеспечивают минимизацию количества отказов и связанных с ними внеплановых простоев.

Ключевые слова: карьерный экскаватор, отказ, простои, надежность, наработка, техническое обслуживание и ремонт.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-7-0-51-57

Карьерные экскаваторы — механические и гидравлические лопаты являются основным видом технологического оборудования, применяемого как для добычных, так и для вскрышных работ при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом. В период с 2000 по 2011 гг. на горнодобывающие предприятия РФ и стран СНГ было поставлено более 2000 единиц одноковшовых электрических экскаваторов с вместимостью ковша от 4,6 до 42 м³ и

более 230 единиц гидравлических лопат с ковшами вместимостью более 5 м³.

Основными поставщиками карьерных гидравлических экскаваторов на рынок России являются четыре крупнейших производителя, контролирующих мировой рынок: Komatsu (Япония), Caterpillar (США), Liebherr (Германия), Hitachi (Япония). Также на рынок России осуществляются поставки гидравлических экскаваторов компаний Hyundai (Южная Корея), Volvo (Швеция) и Bonny (Китай),

но в существенно меньших объемах. Большая часть (38%) гидравлических экскаваторов поставляется на угледобывающие предприятия, а на предприятия по добыче железных руд, руд цветных и драгоценных металлов, неметаллических полезных ископаемых (апатита, алмазов и строительного сырья) приходится примерно одинаковые доли в пределах 19–22% в каждую отрасль.

Основными производителями и поставщиками карьерных электрических экскаваторов для горнодобывающих предприятий мира являются Caterpillar (ранее Bucyrus) и P&H Mining Equipment (в составе Joy Global). Три других производителя — Тайюаньский завод, расположенный в Китае, ИЗ-КАРТЭКС (Россия) и Уралмашзавод (Россия), заметно уступают по поставкам оборудования лидерам мирового рынка и ориентированы в большей степени на внутренние региональные горнодобывающие компании [8].

В России экскаваторы P&H (всего порядка 25 шт.) с вместимостью ковша 25–57 м³ эксплуатируются на крупных угольных месторождениях Сибирского региона, 2 единицы 495HD с объемом ковша 42 м³ (Bucyrus) эксплуатируются на Тугнуйском разрезе СУЭК и 5 единиц Marion с ковшами 15–40 м³ на Нерюнгринском разрезе компания Якутуголь. В 2011–2012 гг. для УК «Кузбассразрезуголь» поставлены 5 единиц WK-35 (Китай) с ковшом вместимостью 33 м³. [12, 13].

Анализ парка карьерных экскаваторов, эксплуатирующихся на горнодобывающих предприятиях России и стран СНГ, показывает, что основным выемочно-погрузочным оборудованием по-прежнему остаются ЭКГ — одноковшовые гусеничные экскаваторы с электромеханическим приводом. При этом основной парк (63%) составляют экскаваторы с ковшами вместимостью 8–15 м³ произ-

водства (ИЗ-КАРТЭКС) и их модификации. На долю УЗТМ приходится около 25% [1, 2, 3, 4, 14].

Опыт работы гидравлических экскаваторов на горных предприятиях РФ показывает, что они имеют в целом меньшую надежность, выражающуюся в меньшем времени работы на линии даже на первом этапе эксплуатации, существенно меньший срок службы в природно-технологических условиях работы отечественных карьеров. Однако, технологические преимущества гидравлических экскаваторов в совокупности с меньшими инвестиционными затратами определяют их экономическую эффективность в конкретных условиях разработки.

Высокий уровень внеплановых простоев экскаваторов приводит к значительным материальным издержкам, как из-за снижения добычи полезного ископаемого, так и из-за большой стоимости ремонта крупногабаритных узлов и металлоконструкций.

Анализ вклада механической и электрической подсистем экскаваторов в общее количество отказов показывает, что в большинстве случаев отказы механического оборудования преобладают и составляют 50–70% от их общего количества [7, 11].

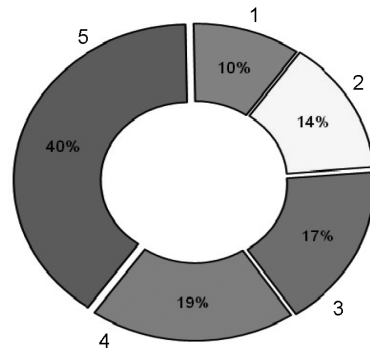
По данным КАТЭКНИИуголь, к наиболее длительным простоям приводят отказы трансмиссий, а также элементов рабочего оборудования: балка рукояти, болты крепления седлового подшипника, канаты. Из факторов, являющихся причинами выхода из строя механического оборудования, на технологический фактор приходится 10% всех отказов, на организационный — 14% и на климатический — 17%. На машинный (технический) и человеко-машинный (личностный) факторы приходится соответственно 19% и 40% отказов (см. рис. 1) [6].

Большой удельный вес аварий, обусловленных взаимодействием системы

человек-машина, для карьерных экскаваторов связан с большой чувствительностью механической системы к ошибкам машиниста, что вызвано наличием жесткой связи между механической и электрической составляющими приводов и необходимостью непрерывно управлять движением ковша [5, 9].

Основным способом получения информации о надежности горных машин является способ, основанный на результатах их непосредственной эксплуатации в конкретных горно-технических условиях. Характерной чертой данного способа получения информации является возможность проведения наблюдений в течение всего срока службы горных машин по заранее определенному парку, при этом не требуется никакой имитации работы горной машины.

С целью обоснования методики сбора статистических данных по наработке карьерных экскаваторов в исследовании к.т.н. Пашкина [10] была подвергнута анализу документация, ведущаяся техническими отделами ремонтных подразделений ОАО «Апатит». В результате были получены статистические ряды по наработкам карьерных экскаваторов, позволившие выполнить расчеты основных показателей их надежности. В рамках указанной работы автору не удалось провести разделение отказов по составляющим машину узлам и агрегатам, однако были установлены зако-



- 1 ■ Технологический фактор
- 2 □ Организационный фактор
- 3 ■ Климатический фактор
- 4 ■ Машинный (технический) фактор
- 5 ■ Человеко-машинный (личностный) фактор

Рис. 1. Причины отказов механического оборудования карьерных экскаваторов

номерности отказов машин в целом. Вычисления параметров надежности карьерных экскаваторов проводились в обезличенной форме с целью установления законов распределения наработки до отказа. В результате было, в частности, установлено, что наработка экскаваторов на Восточном руднике ОАО «Апатит» подчиняется экспоненциальному закону распределения вероятностей.

На рис. 2 представлена гистограмма и функция распределения наработки карьерного экскаватора ЭКГ-10, эксплуатирующегося на добычных работах в условиях Восточного рудника ОАО «Апатит» [10].

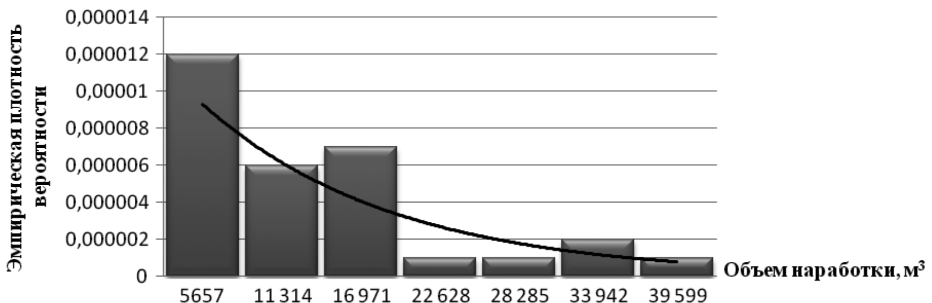


Рис. 2. Экспоненциальное распределение наработки на отказ экскаваторов ЭКГ-10 на добычных работах, рудник «Восточный» АО «Апатит»

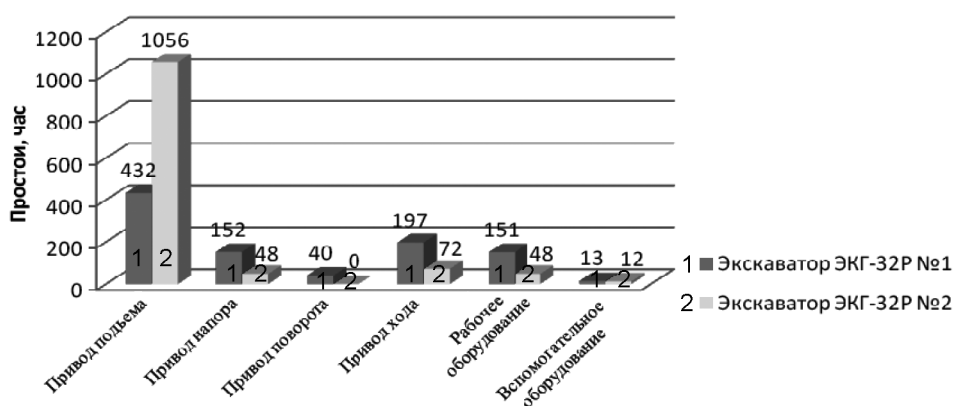


Рис. 3. Распределение простоев экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 по системам за весь период эксплуатации

Задачей нашего исследования является установление распределения отказов карьерных экскаваторов по отдельным узлам машины, причем анализируется не только количество отказов, но и затраты времени на их устранение. Результаты такого анализа дадут возможность определить наименее надежные системы экскаватора и дать рекомендации по совершенствованию применяемых систем ТО и Р, основной целью которых является предупреждение отказов и связанных с ними внеплановых простоев.

В качестве первичной информации использована документация по сервисному обслуживанию экскаваторов, ведущаяся с момента ввода машин в эксплу-

атацию. На данный момент обработана статистика отказов по двум машинам: ЭКГ-32 № 1 и ЭКГ-32 № 2 производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС», эксплуатирующихся в КРУ «Краснобродский» соответственно с 2011 г. по настоящее время и с 2014 г. по настоящее время.

На рис. 3, 4 представлены распределения внеплановых, вызванных отказами простоев экскаваторов ЭКГ-32 № 1 и ЭКГ-32 № 2 по узлам соответственно за весь период эксплуатации и за первый год эксплуатации.

Из диаграмм, представленных на рис. 3 и 4 следует, что наибольшее количество простоев (суммарно по двум машинам 1488 ч) связано с отказами

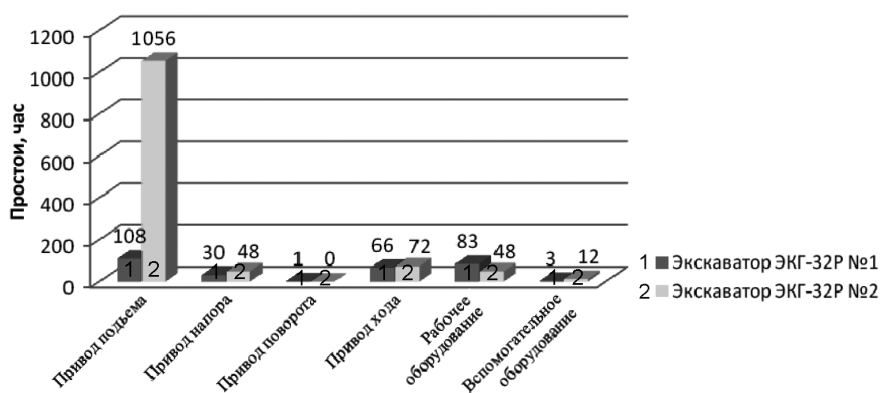


Рис. 4. Распределение простоев экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 по системам за первый год эксплуатации



Рис. 5. Простои экскаваторов ЭКГ-32 Р № 1 и № 2 с момент ввода в эксплуатацию по настоящее время

привода подъема, суммарные простои, связанные с отказами приводов хода, напора и рабочего оборудования составляют соответственно 269, 200 и 199 ч. Меньше всего внеплановых простоев наблюдается из-за отказов привода поворота (40 ч) и вспомогательного оборудования (25 ч).

На рис. 5 и 6 представлены простои экскаваторов ЭКГ-32 № 1 и ЭКГ-32 № 2, обусловленные отказами и проведением плановых работ по ТОиР соответственно за весь период эксплуатации и за первый год эксплуатации.

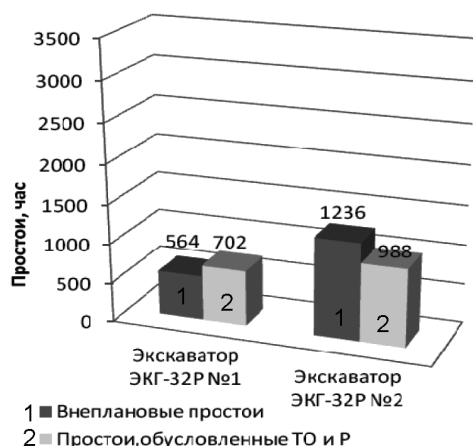


Рис. 6. Простои экскаваторов ЭКГ-32 Р № 1 и № 2 за первый год эксплуатации

Из рис. 5, 6 следует, что внеплановые простои карьерных экскаваторов ЭКГ-32Р № 1 и № 2 значительны и сравнимы с простоями, связанными с проведением плановых технических обслуживаний и ремонтов. Данный факт позволяет сделать вывод о том, что принятая на КРУ «Краснобродский» система ТОиР не эффективна, так как не обеспечивает минимизацию количества отказов и связанных с ними внеплановых простоев. Следовательно совершенствование системы ТОиР карьерных экскаваторов является актуальной научной задачей.


СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самолазов А. В., Донченко Т. В., Шибанов Д. А. Практические результаты внедрения экскаваторов ЭКГ-18Р и ЭКГ-32Р производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» на угледобывающих предприятиях России // Уголь. — 2013. — № 4. — С. 36—38.

2. Шибанов Д. А., Иванов С. Л., Иванова П. В. Оценка эффективности эксплуатации карьерных экскаваторов / Наука и образование в жизни современного общества: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2014 г.: в 12 частях. Часть 3. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. — С. 158—160.

3. Шибанов Д. А., Иванов С. Л., Звонарев И. Е. Влияние факторов эксплуатации карьерных экскаваторов на их техническое состояние / Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: сборник научных трудов 9-й Международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Т. 1. — Минск: БНТУ, 2013. — С. 430—433.

4. Щадов М. И., Ефимов В. Н. Оценка технического состояния горнотранспортного оборудования и его техническое перевооружение как основа эффективности развития открытой угольной Кузбасса // Горное оборудование и электромеханика. — 2008. — № 7. — С. 6—17.

5. Москвичев В. В., Утехин С. А., Доронин С. В., Эбич В. Р. Анализ отказов механического оборудования и металлоконструкций экскаваторов. — Красноярск: ВЦ СО АН СССР, 1989. — 34 с.
6. Шибанов Д. А., Шишлянников Д. И., Иванова П. В., Иванов С. Л. Комплексная оценка факторов, определяющих наработку экскаваторов ЭКГ новой продуктовой линейки производства ИЗ-КАРТЭКС // Горное оборудование и электромеханика. — 2015. — № 9. — С. 3–9.
7. Иванова П. В., Иванов С. Л. Анализ отказов механического оборудования карьерных экскаваторов / «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование»: Тезисы докладов. — СПб.: НМСУ «Горный», 2015. — С. 54.
8. Анистратов К. Ю., Анистратов М. К., Борщ-Компониец Л. В., Петросян Р. Р. Анализ рынка карьерных экскаваторов и самосвалов в РФ и странах СНГ // Мировая горная промышленность. — 2013. — № 2. — С. 71–76.
9. Ганин А. Р., Донченко Т. В., Шибанов Д. А. Практические результаты внедрения экскаваторов новой продуктовой линейки ООО «ИЗ'КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» на горных предприятиях России // Горная промышленность. — 2013. — № 2. — С. 6–9.
10. Пашкин Л. Н. Повышение эффективности системы технического сервиса горного поручочного оборудования в условиях ОАО «Апатит»: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб.: СПГИ (ТУ), 2005. — 22 с.
11. Gilmore Tostengard Good maintenance management // Mining Magazine, 1994. № 2. Pp. 45–48.
12. The world's biggest mining excavators [Electronic resource]. — URL: <http://www.mining-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-mining-excavators-4153289>. — date of access: 28.12.2015.
13. Chase R. V., Garvin D. A. The Service Factory // Harvard Business Review. 1989, 67, N 4. — Pp. 61–69.
14. Kuvshinkin S.Y. Określanie parametrów geometrycznych do obliczeń siły i mocy głównych napędów koparki odkrywkowej // Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna "Innowacje w systemach sterowania, kontroli, ochrony i kontroli bezpieczeństwa w górnictwie", Katowice, 2014. — S. 13–14. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Иванова Полина Викторовна¹ — аспирант, e-mail: polinapuh@yandex.ru,

Асонов Сергей Алексеевич¹ — аспирант,

Иванов Сергей Леонидович¹ — доктор технических наук, профессор,

Кувшинкин Сергей Юрьевич¹ — кандидат технических наук, доцент,

¹ Санкт-Петербургский горный университет.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2017. No. 7, pp. 51–57.

UDC 622.271.022

P.V. Ivanova, S.A. Asonov, S.L. Ivanov, S.Yu. Kuvshinkin

ANALYSIS OF STRUCTURE AND RELIABILITY OF MODERN FLEET OF MINE SHOVELS

The article analyzes the structure of the modern excavator fleet of the Russian Federation and CIS countries. It is noted that the main type of excavation and loading equipment used in domestic mining enterprises are shovels type EKGs issued in the years of «IZ KARTEKS» (former IZTM) Ural-mash and. Along with the now produced models — the EKG-10 EKG-15 EKG-1500, EKG-12 EKG-18, EKG-32, are in operation production EKG-5, EKG-8I, EKG 12,5 and modification. Indicate the main domestic and foreign manufacturers of modern mining shovels — like mechanical shovels and hydraulic. The shown are the advantages and disadvantages of machines with electromechanical and hydraulic drives. The analysis of failures such as mining excavators EKG, operated at various mining enterprises. Noted factors that cause unplanned downtime excavators. Analyzed in detail the work of EKG-32R number 1 and EKG-32R number 2 operated in «Krasnobrodsky.» Based on the study of

technical documentation set during unplanned downtime associated with failures of various systems of the excavator — drive recovery, drive pressure, drive rotation, drive speed, front-end equipment and auxiliary equipment. It was revealed that the highest number of unplanned downtime is due to drive failure recovery. Least of all unplanned downtime occurs due to the rotation of a drive failure, and auxiliary equipment. A comparison of downtime due to failures and conduct routine maintenance and repair. It was found that the downtime and time spent for the planned works are comparable with each other, which leads to the conclusion that the system used for maintenance and repair are not effective enough, because it does not provide the minimization of the number of refusals and related unplanned downtime.

Key words: mining shovel, failure, downtime, reliability, service life, front-end equipment, maintenance and repair.

DOI: 10.25018/0236-1493-2017-7-0-51-57

AUTHORS

Ivanova P.V.¹, Graduate Student, e-mail: polinapuh@yandex.ru,

Asonov S.A.¹, Graduate Student,

Ivanov S.L.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Kuvshinkin S.Yu.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,

¹ Saint Petersburg Mining University, 199106, Saint-Petersburg, Russia.

REFERENCES

1. Samolazov A. V., Donchenko T. V., Shibanov D. A. *Ugol'*. 2013, no 4, pp. 36–38.
2. Shibanov D. A., Ivanov S. L., Ivanova P. V. *Nauka i obrazovanie v zhizni sovremennogo obshchestva: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 30 dekabrya 2014 g.: v 12 chastyakh*. Ch. 3 (Science and education in modern society. Collection of scientific works on materials of the International scientific-practical conference December 30, 2014: in 12 parts. Part 3), Tambov, OOO «Konsaltingovaya kompaniya Yukom», 2015, pp. 158–160.
3. Shibanov D. A., Ivanov S. L., Zvonarev I. E. *Sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy gornoy promyshlennosti, stroitel'stva i energetiki: sbornik nauchnykh trudov 9-y Mezhdunarodnoy konferentsii po problemam gornoy promyshlennosti, stroitel'stva i energetiki*. T. 1. (Socio-economic and environmental problems of mining, construction and power engineering: collection of scientific papers of the 9th International conference on problems of mining industry, construction and energy. Vol. 1), Minsk, BNTU, 2013, pp. 430–433.
4. Shchadov M. I., Efimov V. N. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2008, no 7, pp. 6–17.
5. Moskvichev V. V., Utekhin S. A., Doronin S. V., Ebich V. R. *Analiz otkazov mekhanicheskogo oborudovaniya i metallokonstruktsiy ekskavatorov* (Failure analysis of mechanical equipment and steel structures of excavators), Krasnoyarsk, VTs SO AN SSSR, 1989, 34 p.
6. Shibanov D. A., Shishlyannikov D. I., Ivanova P. V., Ivanov S. L. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2015, no 9, pp. 3–9.
7. Ivanova P. V., Ivanov S. L. «Gornoe delo v XXI veke: tekhnologii, nauka, obrazovanie». Tezisy dokladov («Mining in the XXI century: technology, science, education». Abstracts), Saint-Petersburg, NMSU «Gornyy», 2015, pp. 54.
8. Anistratov K. Yu., Anistratov M. K., Borshch-Komponiets L. V., Petrosyan R. R. *Mirovaya gornaya promyshlennost'*. 2013, no 2, pp. 71–76.
9. Ganin A. R., Donchenko T. V., Shibanov D. A. *Gornaya promyshlennost'*. 2013, no 2, pp. 6–9.
10. Pashkin L. N. *Povyshenie effektivnosti sistemy tekhnicheskogo servisa gornogo pogruzochnogo oborudovaniya v usloviyakh OAO «Apatit»* (Improving efficiency of mining and loading equipment maintenance under conditions of Apatit company), Candidate's thesis, Saint-Petersburg, SPGGI (TU), 2005, 22 p.
11. Gilmore Tostengard. Good maintenance management. *Mining Magazine*, 1994, no 2. Pp. 45–48.
12. The world's biggest mining excavators. URL: <http://www.mining-technology.com/features/featurethe-worlds-biggest-mining-excavators-4153289>. date of access: 28.12.2015.
13. Chase R. B., Garvin D. A. The Servise Factory. *Harvard Business Review*. 1989, 67, N 4. Pp. 61–69.
14. Kuvshinkin S. Y. Okreslanie parametrov geometrycznych do obliczen siły i mocy glównych napędów koparki odkrywkowej. Międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna «Innowacje w systemach sterowania, kontroli, ochrony i kontroli bezpieczeństwa w górnictwie», Katowice, 2014. S. 13–14.