

УДК 303.71:656(23)

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА – ОСНОВА УСПЕШНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА



М. В. РАХМАНИН,
ведущий специалист
группы главного горняка
технического управления,
rahmanin_m_v@lebgok.ru

АО «Лебединский ГОК», Губкин, Россия



В. А. РАСКАЗОВ,
начальник производственно-
аналитического управления



С. С. МАЛЮТИН,
начальник

Управление производственно-технического анализа
ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», Москва, Россия



М. А. КЛАДОВА,
главный специалист

Выполнен статистический анализ зависимости производительности горного оборудования от его возраста. Установлена степень зависимости от возраста оборудования, его часовой технической производительности и времени технической готовности. Предложены методические решения для оценки годовой эксплуатационной производительности выемочно-погрузочного и горнотранспортного оборудования при долгосрочном прогнозировании и перспективном планировании горнотранспортного комплекса.

Ключевые слова: горнотранспортный комплекс, горное оборудование, производительность, срок эксплуатации, статистический анализ, методические решения, долгосрочное прогнозирование, перспективное планирование.

DOI: 10.17580/gzh.2017.05.14

как перспективное планирование, так и достоверный расчет годовой производственной программы, составляющих основу любого инвестиционного проекта. В сложившейся практике планирования производительность оборудования оценивается по годовой выработке за последние периоды эксплуатации. Производительность транспортного и бурового оборудования определяется в среднем по парку, а выемочно-погрузочного – в среднем по типу забоя. Производительность экскавации оценивается отдельно по железнодорожным и автомобильным забоям, соответственно, на скальных и рыхлых породах или перегрузках, а также на отвальных тупиках скальной и рыхлой вскрыши. Концептуальные и методические подходы таких оценок заложены в базисных научно-технических разработках горнорудной отрасли [16–18].

Однако с недавнего времени для оценки перспективы развития горнотранспортного комплекса в АО «Лебединский ГОК» выполняется анализ замены оборудования по годам эксплуатации. График движения оборудования позволяет точнее оценить эксплуатационный цикл и спрогнозировать распределение инвестиционной нагрузки по годам. В настоящее время график замены оборудования по годам строится на основании оценки годовой потребности оборудования, исходя из средней его производительности на момент расчета.

Очевидно, что производительность горнотранспортного оборудования на момент расчета существенно зависит от оперативной обстановки в карьере, обусловленной текущим состоянием горных работ. При этом не учитывается старение оборудования и возможность изменения его годовой выработки за счет сокращения времени технической готовности к концу эксплуатационного цикла. Это несоответствие может быть особенно чувствительным для точности прогноза в связи с внедрением новых видов оборудования, существенно отличающихся как по производительности, так и по срокам эксплуатации.

Введение

Современные условия ведения бизнеса требуют от корпоративного менеджмента высокой инновационной активности и вполне закономерно становятся предметом пристального внимания многих аналитиков [1–5]. В связи с этим особое значение приобретает тщательная организация инвестиционного процесса, который вполне можно считать ключевым фактором успешного функционирования компании на рынке. Анализ горнотехнической литературы позволяет сформулировать основные тренды, инициирующие инвестиционный процесс в горнорудной отрасли. Таковыми следует считать внедрение циклично-поточной технологии [6–9], техническое перевооружение на оборудование повышенной грузоподъемности [10–12] и рост производительности труда при добыче полезного ископаемого [13–15].

Очевидно, что подобные задачи стоят перед инвестиционным менеджментом Лебединского ГОКа. Не менее очевидно, что организация инвестиционного процесса должна опираться на достоверный прогноз работы оборудования горнотранспортного комплекса. Только на базе качественной прогнозной оценки производительности горнотранспортного оборудования возможны

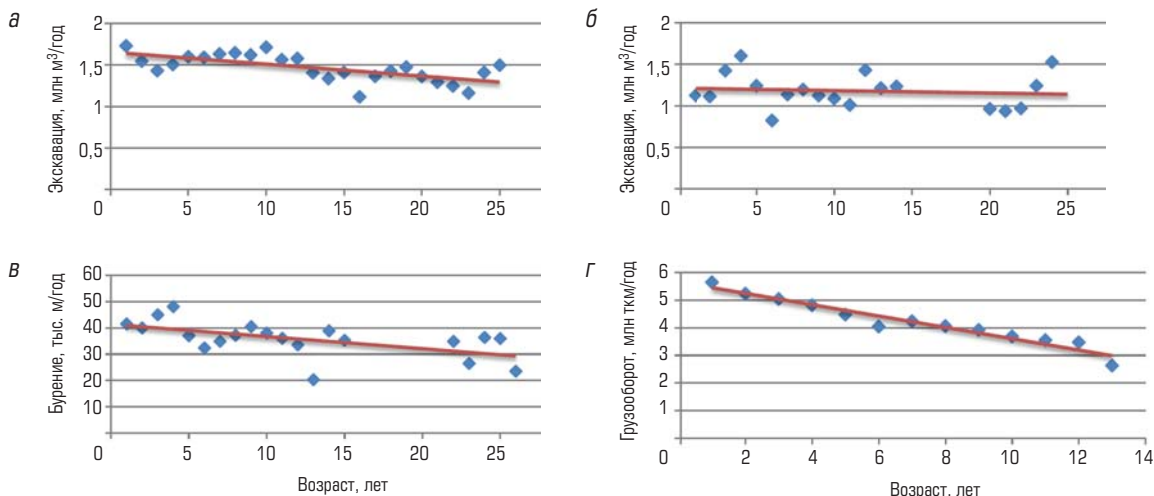


Рис. 1. Зависимость годовой выработки оборудования от его возраста по отдельным моделям:

- а – ЭКГ-10;
- б – ЭКГ-8УС;
- в – СБШ-270;
- г – БЕПАЗ-75131

Цель настоящего анализа – выявление новых методических решений, позволяющих более объективно оценивать производительность оборудования и ее динамику с учетом старения за весь период эксплуатации.

Для статистического анализа использовали информационные данные оперативно-управленческого контроля из системы «Модулар», скорректированные или корректируемые в процессе маркшейдерских замеров, а также систему статистического учета и отчетности Технического управления АО «Лебединский ГОК».

Анализ годовой эксплуатационной производительности

Оценка годовой производительности горнотранспортного оборудования по фактическим данным последних периодов демонстрирует заметный разброс значений. Это неизбежно, поскольку фактическая годовая выработка оборудования за любой период отражает не только его технические возможности, но также и организационно-технологические факторы, качество предшествующего технического обслуживания, а возможно, и изменения конъюнктуры производства, вследствие чего оборудование может быть недогружено.

На практике основным фактором, определяющим технические возможности оборудования, можно считать только его физический износ, обусловленный сроками эксплуатации. Анализ статистических распределений годовой выработки оборудования по годам эксплуатации демонстрирует очевидную тенденцию снижения годовых объемов производства с увеличением возраста машин. Такая зависимость наиболее ярко выражена при анализе однотипного оборудования (рис. 1).

Однако, как указывалось выше, годовая выработка единицы оборудования недостаточно точно отражает его технические возможности. Поэтому для оценки влияния возраста оборудования на его производительность необходим анализ факторов, определяющих годовую производительность. Известно, что эксплуатационная производительность горнотранспортного оборудования зависит от его технической производительности и фактического времени работы, в том числе и на вспомогательных процессах за определенный период.

Техническая производительность может определяться квалификацией и работоспособностью оператора, состоянием забоя или дороги, в некоторой степени – износом оборудования и дру-

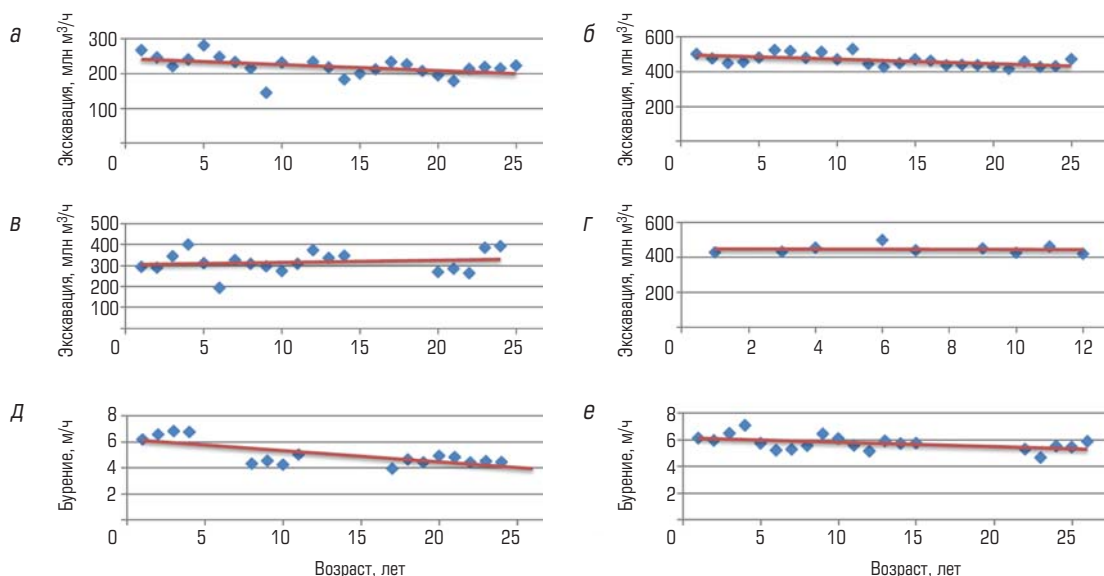


Рис. 2. Зависимость часовой технической производительности от возраста выемочно-погрузочного и бурового оборудования:

- а – ЭКГ-10 – Автозабой;
- б – ЭКГ-10 – Перегрузки;
- в – ЭКГ-8УС – Ж.-д. забой;
- г – ЭКГ-8УС – Перегрузки;
- д – СБШ-250;
- е – СБШ-270

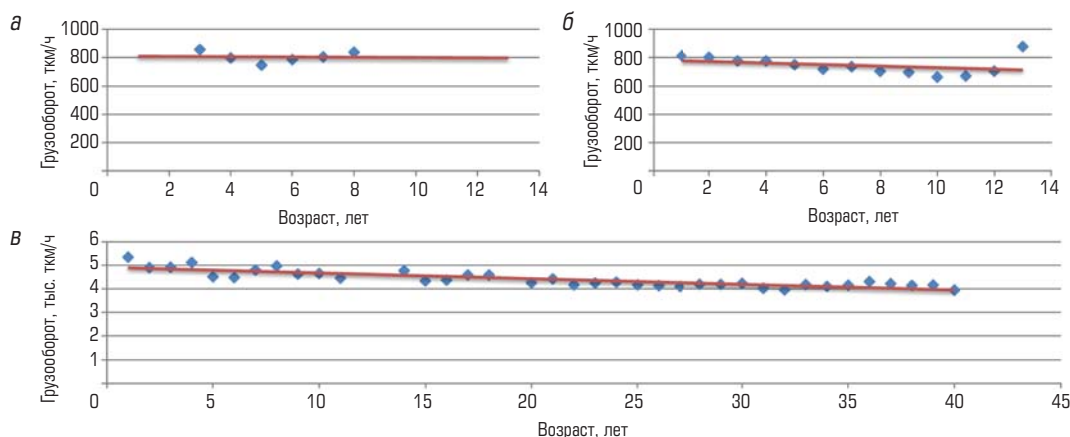


Рис. 3. Зависимость часовой технической производительности от возраста карьерного транспорта:

а – CATERPILLAR-785C;

б – БЕЛАЗ-75131;

в – ж.-д. транспорт

гими подобными факторами. Все это позволяет рассматривать техническую производительность как статистический параметр.

Время технической готовности исключает из календарного фонда времени все виды ремонта, включая аварийные. Если продолжительность аварийных ремонтов является, несомненно, статистическим фактором, то плановые ремонты не должны рассматриваться как случайный параметр. На самом деле ремонт оборудования выполняется по его фактическому состоянию, а потому зависит от фактического износа оборудования. Очевидно, что фактический износ разных единиц оборудования даже одного возраста различен. Поэтому затраты времени на его ремонт также отличаются. Все это позволяет рассматривать плановый ремонт оборудования как статистический фактор.

Продолжительность организационно-технологических простоев зависит от оперативной обстановки в карьере, сложившейся практики планирования горных работ и также может рассматриваться как статистический фактор.

Время резерва оборудования зависит от плановых объемов горных работ. Оно определяется при планировании, а потому может рассматриваться в качестве расчетного фактора.

Таким образом, для достоверного прогноза производительности единицы оборудования необходимо выполнить статистический анализ трех факторов: технической производительности, времени технической готовности и организационно-технологических простоев.

Факторный анализ

Статистическое распределение годовой технической производительности по экскаваторному парку (рис. 2) показывает относительно стабильный тренд этого параметра за весь жизненный цикл оборудования. Особенно явно закономерность проявляется при анализе однотипного оборудования, имеющего наиболее представительную статистическую выборку, в схожих условиях.

Буровое оборудование демонстрирует устойчивую тенденцию к снижению технической производительности с возрастом (см. рис. 2). Следует обратить внимание, что снижение часовой технической производительности с возрастом становится не столь выраженным в границах рекомендованных сроков эксплуатации оборудования до 10 лет.

Более устойчивую техническую производительность с возрастом демонстрирует автомобильный транспорт (рис. 3). Линейная аппроксимация статистических выборок свидетельствует о минимальной зависимости часовой технической производительности автотранспорта от возраста.

Для железнодорожного транспорта падение технической производительности с возрастом более заметно (см. рис. 3). Оно составляет около 20 % начального значения на срок до 40 лет.

Время технической готовности в календарном фонде оборудования зависит от сроков плановых и аварийных ремонтов. Статистика показывает, что наступление случаев аварийных ремон-

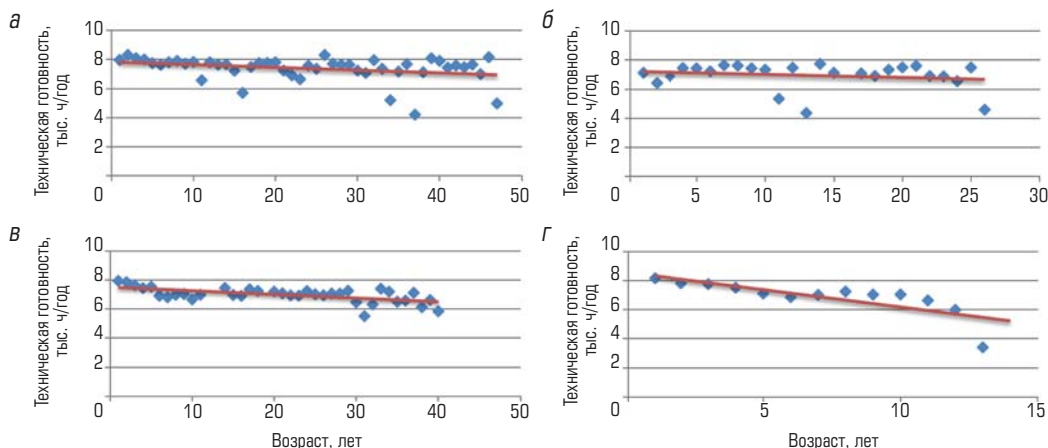


Рис. 4. Зависимость времени технической готовности экскавации (а), бурения (б), ж.-д. транспорта (в) и автотранспорта (г) от возраста оборудования

тов, так же, как и сроки его проведения, практически не зависят от возраста оборудования.

Организация планового технического обслуживания для всех моделей одной категории оборудования одинакова. Линейная аппроксимация статистического распределения времени технической готовности во всех случаях имеет очевидный тренд на снижение с возрастом оборудования. Особенно явно эта закономерность проявляется для автомобильного транспорта (рис. 4).

Продолжительность организационно-технологических простоев, исходя из определения, зависит от организации технологических процессов. Очевидно, что она не зависит ни от модели, ни от возраста горнотранспортного оборудования. Поэтому оценку и прогноз времени технологических простоев следует выполнять в корреляции не с возрастом оборудования, а с календарным периодом. Продолжительность организационно-технологических простоев можно оценивать по факту предыдущего планового периода.

Выводы и рекомендации

1. Прогноз годовой эксплуатационной производительности горнотранспортного оборудования по факту предыдущего периода не отражает его технических возможностей.

2. Основные факторы, определяющие техническую производительность горнотранспортного оборудования, демонстрируют очевидную зависимость от сроков эксплуатации оборудования. Более точным следует считать прогноз годовой эксплуатационной производительности каждой единицы оборудования в зависимости от его возраста.

3. Наиболее достоверным представляется прогноз производительности оборудования на основе линейных трендов часовой технической производительности и времени технической готовности с учетом аварийных и организационно-технологических простоев.

4. При долгосрочном прогнозе и перспективном планировании развития горнотранспортного комплекса годовую эксплуатационную производительность оборудования рекомендуется оценивать с учетом возраста его эксплуатации.

Библиографический список

См. англ. блок. **ТЖ**

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 5, pp. 63–66
DOI: 10.17580/gzh.2017.05.14

Statistical analysis of productiveness of mining and transportation machinery – the foundation of the successful investment management

Information about authors

M. V. Rakhmanin¹, Leading Specialist of Chief Miner Group at Technical Department, rahmanin_m_v@lebgok.ru

V. A. Rasskazov¹, Head of Production and Analysis Department

S. S. Malyutin², Head of Production Engineering Analysis Department

M. A. Kladova², Chief Specialist of Production Engineering Analysis Department

¹ Lebedinsky GOK, Gubkin, Russia

² Metalloinvest Management Company LLC, Moscow, Russia

Abstract

Modern business environment calls for high innovation activity of corporate management. The investment management, in its turn, should rest upon the reliable prediction of performance of mining and transportation machines. In terms of Lebedinsky GOK, the authors have assessed key engineering factors and operational parameters of mining and transportation machinery with a view to revealing new approaches to the objective evaluation of the equipment productiveness and its history with regard to aging over the period of operation. It is found how the age of equipment is related with its hourly output and mechanical availability time. The technical solutions are suggested to estimation of annual operational output of extraction-and-loading and transportation machines in case of the long-term prediction and strategic planning of mining and transportation infrastructure. The statistical analysis of key engineering factors and operational parameters of mining and transportation machines is performed in order to find new technical solutions for more objective assessment of the equipment productiveness and its history with regard to aging during the entire lifetime.

Keywords: mining and transportation machinery, mining equipment, productiveness, lifetime, statistical analysis, technical solutions, long-term prediction, strategic planning.

References

1. Abzalov V. M., Gorbachev V. A., Evstyugin S. N. Efficient of modernization of pelletization machines OK-306 and ways of further improvement of production of iron ore pellets in the JSC «Lebedinsky GOK». *Stal*. 2003. No. 1. pp. 6–10.
2. Evstyugin S. N., Mayzel G. M., Malyavin B. Ya. Improvement of technology of iron ore pellets production on conveyor pelletization machines. *Stal*. 2002. No. 4. pp. 2–5.
3. Abzalov V. M., Bragin V. V., Nevolin V. N. et al. Modernization of roasting machines within the commonwealth of independent states. *Stal*. 2010. No. 9. pp. 7–9.
4. Abzalov V. M., Bragin V. V., Kleyn V. I., Evstyugin S. N., Solodukhin A. A. Thermal systems of conveyor roasting machines. *Stal*. 2010. No. 9. pp. 10–12.

5. Bokovikov B. A., Bragin V. V., Malkin V. M., Naydich M. I., Solodukhin A. A. Mathematical model of conveyor pelletization machine as an instrument for optimization of thermal scheme of aggregate. *Stal*. 2010. No. 9. pp. 33–37.
6. Abzalov V. M., Evstyugin S. N., Makarov Yu. G., Maltseva V. E., Sapozhnikova T. V. Some aspects of technology of coating deposition on pellets, intended for the processes of direct iron obtaining. *Stal*. 2003. No. 9. pp. 15–17.
7. Bokovikov B. A., Bragin V. V., Gruzdev A. I., Naydich M. I., Shvydkiy V. S. Relation between the productivity and fuel consumption in roasting machines. *Stal*. 2014. No. 8. pp. 38–42.
8. Kozub A. V., Panchenko A. I., Efendiev N. T., Ismagilov A. A., Solodukhin A. A., Gorbachev V. A., Chesnokov Yu. A., Leontev L. I., Burtsev D. L. Improving blast-furnace efficiency by regulating the properties of iron-ore pellets. *Stal*. 2016. No. 10. pp. 4–8.
9. Abzalov V. M., Evstyugin S. N., Kleyn V. I. Thermal performance of conveyor pelletizing machines. Ekaterinburg: UrO RAN, 2012. 247 p.
10. Abzalov V. M., Gorbachev V. A., Evstyugin S. N., Kleyn V. I., Leontev V. I., Yurev B. P. Physical-chemical and thermal technical basis of production of iron ore pellets. Ekaterinburg: Mezhdregionalnyy izdatelskiy tsentr, 2015. 334 p.
11. Mayzel G. M., Bokovikov B. A., Malkin V. M., Abzalov V. M., Kleyn V. I., Evstyugin S. N. Method of management of pellets roasting on conveyor mechine. Patent RF, No. 2229074. Applied: 13.02.2003. Published: 20.05.2004. Bulletin No. 14.
12. Abzalov V. M., Kleyn V. I., Evstyugin S. N., Nevolin V. N., Solodukhin A. A. Method of three-stage drying of pellets on roasting machine. Patent RF, No. 2350664. Applied: 06.09.2007. Published: 27.03.2009. Bulletin No. 9.
13. Midrex. Available at: <http://www.midrex.com/process-technologies/the-midrex-process> (accessed: 25.03.2017).
14. LLC "NPVP TOREKS". Available at: <http://torex-npvp.ru/index.php> (accessed: 25.03.2017).
15. Huang Z., Yi L., Jiang T. Mechanisms of strength decrease in the initial reduction of iron ore oxide pellets. *Powder Technology*. 2012. Vol. 221. pp. 284–291.
16. Sivrikaya O., Arol A. I. An investigation of the relationship between compressive strength and dust generation potential of magnetite pellets. *International Journal of Mineral Processing*. 2013. Vol. 123. pp. 158–164.
17. Hasanbeig A., Price L., Chunxia Z., Aden N., Xiuping L., Fangqin S. Comparison of iron and steel production energy use and energy intensity in China and the U.S. *Journal of Cleaner Production*. 2014. Vol. 65. pp. 108–119.
18. Haibao Yi, Haitao Yang, Han Bin, Zheng Lujing. Study on Open-Pit Precision Control Blasting of Easily Weathered Rock and its Application. *8th International Conference on Physical Problems of Rock Destruction*. China, 2014. pp. 157–160.