

УДК 622-1/-9

Дрыгин Михаил Юрьевич, канд. техн. наук

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: mike.drygin@gmail.com

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭКСКАВАТОРНОГО ПАРКА КУЗБАССА

Аннотация: Наращивание добычи угля в мире и в Российской Федерации обусловлено объективными причинами наличия природных ресурсов и развития технологий глубокой переработки углей. В условиях нового экономического кризиса не стоит ждать значительных инвестиций в угольную отрасль. Поэтому резерв увеличения добычи заключается в повышении производительности основных технологических машин, работающих на угольных разрезах Кузбасса. Анализ производственных данных показал, что приведенная эксплуатационная производительность экскаваторов не зависит от объема ковша и времени цикла. Установлено, что эксплуатационная производительность в первую очередь зависит от времени фактического рабочего цикла. Показано, что основной резерв ее увеличения кроется в повышении результативности использования фактического времени работы.

Ключевые слова: Кузбасс, открытая добыча, экскаватор, производительность, рабочий цикл, календарный фонд времени, коэффициент технической готовности.

Информация о статье: принята 20 ноября 2020 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2021-1-9-17

Введение

Уголь – один из важнейших энергетических ресурсов России. Основные объемы добычи выполняются открытым способом, при котором

важнейшими механизмами являются экскаваторы, большая часть из которых – с истекшим сроком службы [1]. В существующих условиях рынка и нового витка экономического кризиса обновление экскаваторного парка происходит

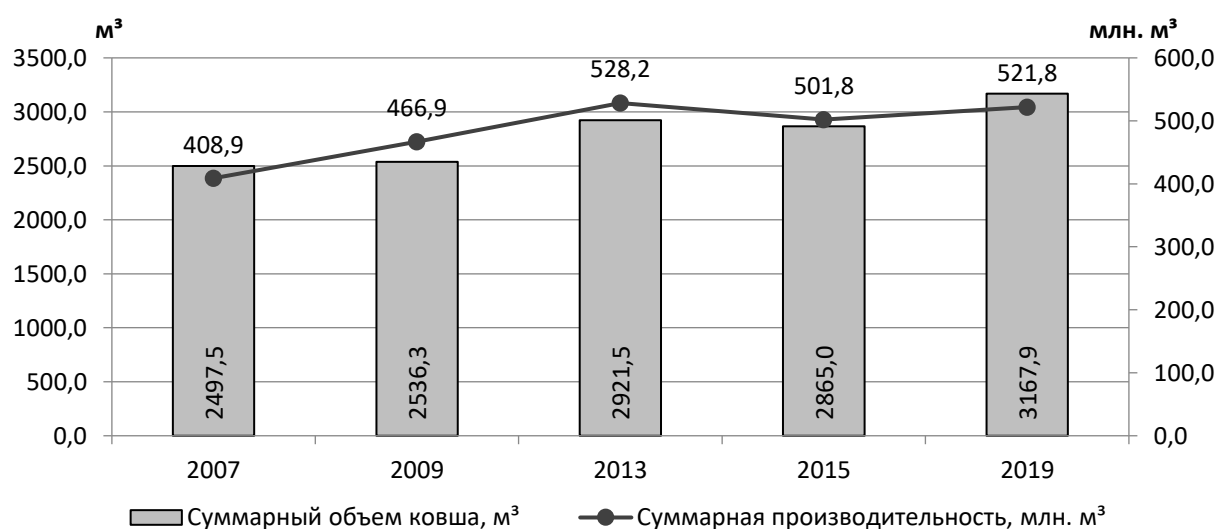


Рис. 1. Динамика суммарного объема ковша и суммарной годовой производительности экскаваторов УК «Кузбассразрезуголь»

Fig. 1. Dynamics of the total volume of the bucket and the total annual productivity of excavators UK «Kuzbassrazrezugol»

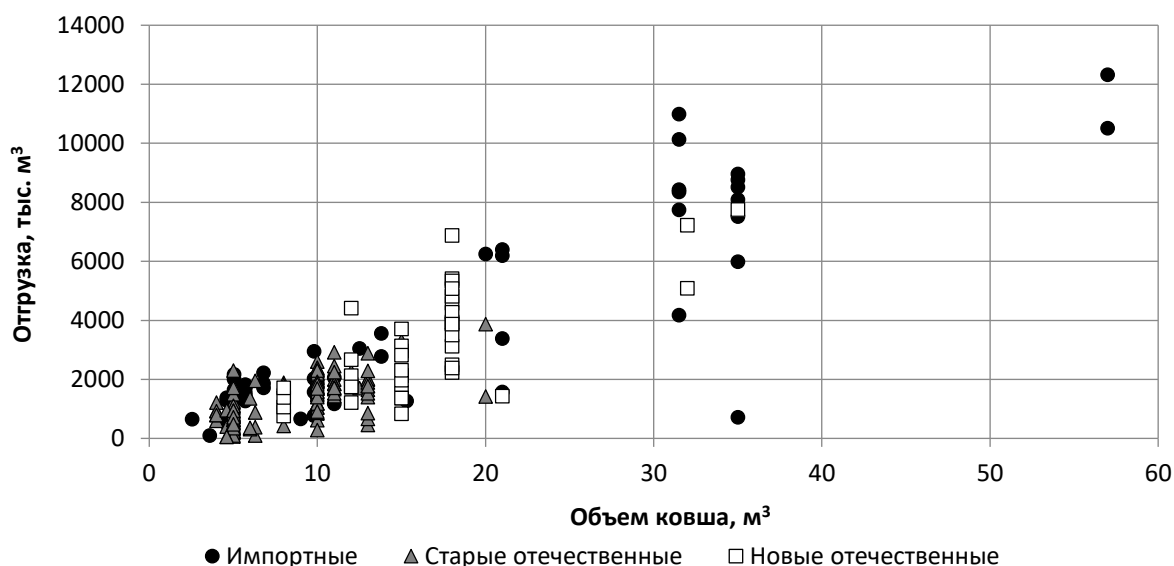


Рис. 2. Зависимость отгрузки горной массы от объема ковшей экскаваторов УК «Кузбассразрезуголь» за 2019 г.

Fig. 2. Dependence of rock mass loading on the volume of buckets of excavators UK «Kuzbassrazrezugol» for 2019

незначительными темпами и не влияет на общую производительность парка. Модернизация становится еще более сложно выполнимой задачей, а годовая производительность экскаваторов падает ввиду увеличения времени простоев и низкой эффективности использования ресурсов экскаватора [2, 3].

Важнейшим направлением сохранения и дальнейшего развития угольной промышленности является повышение эффективности использования существующих ресурсов.

Жизнеспособность угледобывающего предприятия в частности и отрасли в целом в условиях обостряющейся конкуренции на рынке энергоносителей зависит от безопасности и эффективности производства. В представлениях большинства специалистов и руководителей производств основной путь повышения безопасности и эффективности – это применение новой, более современной, преимущественно импортной техники [4].

В условиях технического перевооружения основным показателем эффективности выемочного оборудования является годовая приведенная производительность на 1 м^3 ковша [5].

Увеличение емкости ковша является характерной тенденцией для выемочного оборудования, однако оно не оказало значительного влияния на производительность оборудования и парка в целом.

На рис. 1 представлены зависимости по годам суммарного объема (м^3) ковшей всех экскаваторов угольных разрезов УК «Кузбассразрезуголь» и их суммарной эксплуатационной производительности (млн. $\text{м}^3/\text{год}$) [6, 7]. Из диаграммы видно, что между этими показателями отсутствует какая-либо корреляционная связь по годам. Так, с 2007 г. по 2019 г. суммарный объем

ковшей увеличился на 26,82%, а суммарная производительность увеличилась на 27,6%.

Однако, если сравнить 2013 г. и 2019 г., то наблюдается следующая картина: с увеличением суммарного объема на 8,4% суммарная производительность уменьшилась на 1,2%, и это с учетом обновления парка с введением экскаваторов большей единичной мощности.

Таким образом, анализ диаграммы на рис. 1 показывает, что фактическая производительность экскаватора слабо зависит от объема его ковша [2]. Этот же вывод подтверждает анализ другой диаграммы (рис. 2) [7].

Из точечной диаграммы видно, что, например, два импортных экскаватора с объемом ковшей по $31,5\text{ м}^3$ за 2019 г. отгрузили горной массы на 25% больше двух других. Экскаваторы с объемом ковшей по 32 м^3 имеют разброс по годовой отгрузке более 100%, а два импортных экскаватора с объемом ковшей по 57 м^3 отгрузили за год горной массы всего на 8% больше, чем два экскаватора с объемом ковшей по $31,5\text{ м}^3$. При этом электрические мехлопаты с объемом ковша 35 м^3 работают с производительностью, близкой к производительности гидравлического экскаватора с объемом ковша 21 м^3 .

Помимо конструктивных причин (время цикла), на это влияет возрастающая диспропорция между размерами элементов систем разработки и рабочими параметрами экскаваторов, а также ухудшение использования оборудования во времени [5].

Реализация технологических возможностей оборудования ограничивается вариантами применяемых на разрезах технологических схем отработки чисто вскрышных уступов (например, выемка горной массы во фронтальном или тупи-



Рис. 3. Приведенная производительность экскаваторов УК «Кузбассразрезуголь» по моделям
Fig. 3. The reduced performance of excavators of the management company «Kuzbassrazrezugol» by models

ковом забое), при этом, как следствие, происходит занижение основного параметра технологии – высоты уступа, в результате снижается и фактическая производительность. Плановые и неплановые перерывы в работе выражаются в неэффективном использовании календарного времени. Все эти факторы наиболее ярко отображаются на наиболее современных машинах с большой емкостью ковша (рис. 2). В условиях обновлений парка и ввода новых машин большой мощности это указывает на то, что на предприятиях не созданы горнотехнические и организационные условия для реализации возможностей, заложенных в техническом перевооружении. В свою очередь это указывает в целом на низкую эффективность технического перевооружения, направленного на замещение нескольких экскаваторов с малой емкостью ковша одним со значительной емкостью и полностью подтверждает, что экскаватор должен подбираться строго под горно-геологические условия, которые должны обеспечивать ему фронт работы.

Посмотрим теперь, как в реальных условиях на эксплуатационную производительность влияет время цикла и степень износа экскаваторов различных типов. На рис. 3 приведены показатели приведенной производительности (эксплуатационная производительность на 1 м³ объема ковша) для различного типа экскаваторов, а также показатели износа машин по сроку и выполненным объемам. Очевидно, что из-за конструктивных особенностей различных по типу экскаваторов время их циклов работы разное [8]. Анализ диаграмм показывает, что разброс приведенной производительности для различного типа экскаваторов незначителен. Такой же вывод

можно сделать по влиянию на приведенную производительность степени износа экскаватора. Из диаграммы видно, что экскаваторы с износом более 100% (ЭКГ-10, ЭКГ-15, ЭШ-10/70) имеют приведенную производительность такую же, как новые экскаваторы со степенью износа 10-15% (ЭКГ-18Р, ЭКГ-32, P&H-4100ХРС, WK-35). Это означает, что и экономия от использования новых машин большой единой мощности будет выражена только в экономии, равной сокращению числа операторов и обслуживающего персонала.

В то же время при равных приведенных производительностях на 1 м³ ковша вопрос надежности машин большой единой мощности становится наиболее актуальным, так как выход из строя одной такой машины по производительности соответствует выходу из строя 2-3 машинам малого и среднего объема ковша, что сравнивает их эксплуатационную надежность.

Ввиду вышеизложенного задача повышения эффективности использования существующего парка является актуальной, более того, она является единственно возможным механизмом, решающим проблему в свете существующих тенденций рынка.

К основным факторам, влияющим на производительность экскаватора, относятся:

- трудность разработки горной массы, которая оценивается категорией породы, ее состоянием и влияет на коэффициент наполнения ковша [9];
- техническое состояние и надежность экскаватора [9];
- квалификация машиниста [10];
- качество забоя, оцениваемое его высотой, условиями подхода транспорта к месту погрузки, освещенностью [11];



Рис. 4. Тенденции использования календарного фонда времени экскаваторного парка УК «Кузбассразрезуголь» по годам

Fig. 4. Trends in the use of the calendar time fund of the excavation fleet of the management company «Kuzbassrazrezugol» by years

- организация работ, зависящая от достаточности транспортных средств, состояния дорог, своевременного снабжения топливом, энергией, запасными частями [12, 13].

Производительность парка определяется производительностью каждой из машин, при этом годовая производительность экскаватора $P_{\text{год}}$ в конкретных погодных-климатических условиях определяется часовой эксплуатационной производительностью $P_{\text{час экспл}}$, зависящей от часовой технической производительности $P_{\text{час техн}}$, времени работы экскаватора на линии за год $t_{\text{рл}}$ и коэффициента использования сменного времени $K_{t \text{ см}}$.

$$P_{\text{год}} = P_{\text{час техн}} t_{\text{рл}} K_{t \text{ см}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1)$$

При этом часовая техническая производительность зависит от теоретической производительности P_k и коэффициента технической готовности $K_{\text{мг}}$ [14].

Для каждой модели экскаватора в ТУ приведена теоретическая производительность P_k , м³/час.

Теоретическая производительность за час непрерывной работы в нормируемых условиях определяется по формуле:

$$P_{\text{теор.}} = 60gn, \quad (2)$$

где: g – геометрическая вместимость ковша, м³; n – число циклов в минуту.

Число циклов в минуту зависит от времени одного цикла:

$$n = 60/(t_k + t_n + t_v + t_{\text{пз}}), \quad (3)$$

где t_k – продолжительность копания, (10 – 20) с; t_n – продолжительность поворота на выгрузку, (4 – 6) с; t_v – продолжительность выгрузки, (3 –

5) с; $t_{\text{пз}}$ – продолжительность поворота в забой, (2 – 3) с [15].

Коэффициент технической готовности ($K_{\text{мг}}$) – вероятность того, что объект окажется работоспособным, в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусмотрено [16].

Для парка $K_{\text{мг}}$ определяется как отношение числа технически исправных единиц к неисправным.

Коэффициент основан на том, что в процессе срока службы оборудование нуждается в ремонте и техническом обслуживании, отсюда можно выделить паспортный $K_{\text{мгп}}$ и фактический $K_{\text{мгф}}$, рассчитываемый как:

$$K_{\text{мг}} = T_1 / T_{\text{ц}}, \quad (4)$$

где $T_{\text{ц}}$ – продолжительность межремонтного цикла, в календарных днях; T_1 – дни нахождения машин в исправном состоянии, в календарных днях.

Время цикла ($T_{\text{ц}}$) – промежуток времени между двумя ремонтами, находится по формуле:

$$T_{\text{ц}} = T_1 + T_2, \quad (5)$$

где T_1 и T_2 определяются на основании ремонтных нормативов. T_2 – дни нахождения машин в неисправном состоянии, в календарных днях.

Различия в паспортном $K_{\text{мгп}}$ и фактическом $K_{\text{мгф}}$ состоят в том, что паспортный $K_{\text{мгп}}$ заявлен в ТУ на оборудование и есть величина, к которой необходимо стремиться, а фактический – то, что получается фактически, в данном случае отклонения могут происходить ввиду увеличения или уменьшения времени ремонта.



Рис. 5. Динамика теоретической и эксплуатационной производительности экскаватора ЭШ-10/70
Fig. 5. The dynamics of the theoretical and operational performance of the ESh-10/70 excavator

Для каждой модели экскаватора производитель гарантирует коэффициент технической готовности K_{mz} , как правило, равный 0,9-0,95 (для ЭШ-10/70, ЭШ-13/50 – 0,9; ЭКГ-8и, ЭКГ-6,3ус, ЭКГ-4у, – 0,92) [17, 18].

Однако K_{mz} как показатель работоспособности не отражает время нахождения оборудования в профилактических простоях, для учета всех простоев на ТОиР применяется коэффициент технического использования (K_{mi} в пределах 0,8-0,85 (для ЭШ-10/70, ЭШ-13/50 – 0,835; ЭКГ-8и, ЭКГ-6,3ус, ЭКГ-4у, и ЭКГ-5а – 0,85)

$$K_{ти} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^m \tau_{Bi} + \sum_{j=1}^k \tau_j}, \quad (6)$$

где t_i – время сохранения работоспособности в i -м цикле функционирования объекта; τ_{Bi} – время восстановления (ремонта) после i -го отказа объекта; τ_j – длительность выполнения j -й профилактики, требующей вывода объекта из работающего состояния (использования по назначению); n – число рабочих циклов за рассматриваемый период эксплуатации; m – число отказов (восстановлений) за рассматриваемый период; k – число профилактик, требующих отключения объекта в рассматриваемый период [19].

По итогам анализа стоит отметить, что фактический K_{mz} значительно отличается от паспортного; так, плановые простои в ремонтах колеблются от 12,3% до 14,9% рабочего времени, значительно превышая паспортные значения, а планируемые технологические перерывы в работе (7,6-11,5% времени) значительно превышают паспортные K_{mi} , включающие в свой состав K_{mz} и плановые ТО (рис. 4) [6, 7]. При этом оборудование находится в аварийных простоях от 3,2% до 5,7% времени, а с учетом простоев из-за отсутствия запасных частей эта цифра возрастает до 4-8,4%, т.е. это время простоев, необходимое для проведения качественных ремонтов. В целом

время работы с 2008 г. по 2019 г. колеблется от 69,2% в 2008 г. до 64,7% в 2019 г., имея явную тенденцию к снижению только за счет сокращения планируемых технологических перерывов, никак не связанных с обновлением парка.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что модернизация парка оборудования вводом новых экскаваторов большой мощности взамен нескольких старых не дает увеличения коэффициента использования календарного фонда времени. Таким образом, решение проблемы аварийных простоев и сокращение время нахождения оборудования в ремонте является первоочередной задачей.

Фактически K_{mz} можно увеличивать в краткосрочной перспективе, например, без ремонта в течение месяца, а K_{mi} не исключает, что обслуживание может происходить на остановленной машине, что позволяет использовать время технологических простоев для проведения профилактических работ. В целом возможно снизить время простоя в ремонтах и увеличить время технического обслуживания – все это зависит от применяемой системы ремонтов, поэтому применение данных коэффициентов для расчета фактической производительности ввиду наличия множества факторов, влияющих на них, малоэффективно.

Также существует термин *эксплуатационная производительность* – это средняя фактическая производительность ($\text{м}^3/\text{ч}$) экскаватора при работе в конкретных условиях с учетом неизбежных простоев, потерь времени на приемку смены и осмотр машины, смазку, замену подвижного состава. Эксплуатационная производительность численно меньше технической. Ее величина отражает совершенство организации работы экскаватора и всех обслуживающих его машин:

$$P_э = P_{теор} k_n k_v / k_p, \quad (7)$$

где k_n – коэффициент наполнения ковша; k_b – коэффициент использования рабочего времени машины, представляющий собой отношение времени чистой работы ко всему затраченному времени; k_p – коэффициент разрыхления грунта.

Коэффициенты, входящие в формулу (3), принимают равными: $k_n = (0,8 - 1,5)$ (в зависимости от вида грунта, его влажности и типа рабочего оборудования); $k_p = (1,1 - 1,3)$; $k_b = (0,75 - 0,85)$.

На основании вышеизложенного годовую производительность экскаватора следует рассчитывать, исходя из формулы:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{теор}} K_{\text{ти}} t_{\text{рл}} K_{\text{т см}} k_n k_b / k_p, \text{ м}^3/\text{г} \quad (8)$$

Однако даже данная формула при таком количестве коэффициентов не учитывает множества факторов и дает только общее представление о возможной годовой производительности.

Формулы (1), (3) показывают, что производительность экскаватора прежде всего, зависит от объема ковша g и времени цикла, а при правильной организации горных работ и подборе рабочего оборудования эксплуатационная производительность может быть равна теоретической за вычетом потерь на ТО. Причем коэффициент фактического использования календарного фонда времени (0,65-0,69) значительно ниже $K_{\text{ти}}$ паспортного (0,8-0,85), что указывает на наличие значительных резервов – не менее чем 15%, и это только в вопросе использования фактического резерва времени. В то же время не стоит забывать о том, что $K_{\text{тзф}}$ может быть больше паспортного как в коротком промежутке времени (перенос ремонтов на будущие периоды), так и в длительном (оптимизация ремонтов за счет применения новых современных технологий и методов).

Показательной является диаграмма, построенная для шагающего экскаватора ЭШ-10/70 (рис. 5). Диаграмма показывает, что в течение восьми лет с 2012 по 2019 гг. эксплуатационная производительность этого экскаватора была стабильно меньше теоретической в среднем в 2,5 раза. А после его модернизации в конце 2015 г. с заменой десятикубового ковша на ковш объемом 13 м³ и уменьшением длины стрелы до 50 м теоретическая производительность увеличилась на 75%. При этом, однако, эксплуатационная производительность осталась на прежнем уровне.

Таким образом, анализ производственных данных разрезов Кузбасса показал, что приведенная эксплуатационная производительность экскаваторов не зависит от теоретического времени рабочего цикла, а фактическая производительность не зависит от износа машины по сроку и выполненным объемам.

В целом на производительность экскаватора влияет множество факторов, и даже наиболее стабильные показатели, такие как $K_{\text{ти}}$ и $K_{\text{тз}}$, не могут являться неизменными даже планово, так как в них отражается длительность ТОиР, которая изменяется в зависимости от множества внешних факторов, влияющих как на оборудование, так и на сам процесс ремонта.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что, решая вопросы повышения производительности экскаватора, наиболее целесообразно ориентироваться на теоретическую производительность ($P_{\text{теор.}}$), а для оценки эффективности работы использовать коэффициент эффективного использования ($K_{\text{эф}}$), рассчитываемый по формуле

$$K_{\text{эф}} = P_{\text{теор}} / P_{\text{факт}}, \quad (9)$$

где $P_{\text{факт}}$ – это фактическая производительность экскаватора в конкретных условиях.

Выводы

1. Одним из основных показателей, характеризующих эффективность работы экскаватора, является его приведенная эксплуатационная производительность, которая не зависит от теоретического времени рабочего цикла.
2. Фактическая эксплуатационная производительность экскаваторов угольных разрезов Кузбасса не зависит от износа машин по сроку и выполненным объемам.
3. Модернизация парка оборудования существующими темпами посредством ввода новых экскаваторов большой мощности взамен нескольких старых не дает увеличения коэффициента использования календарного фонда времени.
4. Исключение аварийных простоев и сокращение времени нахождения оборудования в ремонте является первоочередной задачей, решение которой позволит значительно повысить производительность парка в целом.
5. Установлено, что эксплуатационная производительность в первую очередь зависит от фактического времени рабочего цикла. Показано, что основной резерв ее увеличения кроется в повышении результативности использования фактического времени работы.
6. Доказано, что, решая вопросы повышения производительности экскаватора, наиболее целесообразно ориентироваться на теоретическую производительность ($P_{\text{теор.}}$), а для оценки эффективности работы использовать коэффициент эффективного использования ($K_{\text{эф}}$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Drygin, M. Raising Quality of Maintenance and Control of Metallic Structures in Large-load Technological Machines / M. Drygin, N. Kuryshkin // Journal of Physics: Conference Series 11. Сер. «XI International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Dynamics Systems». – 2018. – P. 012029.
2. Drygin, M. Ways of Increasing Excavator Fleet Productivity in Russian Coal Open Pits (Kuzbass Case Study) / M. Drygin, N. Kuryshkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st

Scientific Practical Conference «International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)», Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03010.

3. Drygin, M. Strategy of Russian Coal Mining Enterprises' Excavator Park Technical State Correction / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference «International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)», Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03011.

4. Костарев, А. С. Резервы развития угледобывающего предприятия. – М.: Горная книга, 2013. – 174 с.

5. Резников, Л. М. Интенсификация использования оборудования на открытых горных работах Кузбасса. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1988. – 72 с.

6. Справочники о наличии, получении, списании и использовании экскаваторов, буровых станков и бульдозеров и о наличии вспомогательной техники на предприятиях ОАО УК «Кузбассразрезуголь» за 12 месяцев 2007-2015 гг. – ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь», Кемерово, 2008-2016. – 1232 с.

7. Справочник о наличии, получении, списании и использовании экскаваторов, буровых станков, бульдозеров, фронтальных погрузчиков и о наличии вспомогательной техники на предприятиях ОАО УК «Кузбассразрезуголь» за 12 месяцев 2019 года. – ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь», Кемерово, 2020. – 169 с.

8. Bozorgebrahimi, E. Sizing equipment for open pit mining – a review of critical parameters / E. Bozorgebrahimi, R. A. Hall, G. H. Blackwell // Mining Technology. – 2003. – Vol. 112. – P. A171-A179.

9. Kirmanli, C. An expert system for hydraulic excavator and truck selection in surface mining / C. Kirmanli, S. G. Ercelebi – The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy – 2009. – Vol. 109 – P. 727-738.

10. Namata, S. Performance analysis of heavy earth moving machineries (hemm) in opencast coal

mines. – Rourkela National Institute of Technology, Rourkela, 2015. – 66 p.

11. Naik, H. Economical Operation & Estimation of Operating Cost of Draglines in Open Cast Mines // The Indian Mining and Engineering Journal. – 2015. – September. – URL: https://www.researchgate.net/publication/282124195_Economical_Operation_Estimation_of_Operating_Cost_of_Draglines_in_Open_Cast_Mines. – [03.06.2020].

12. R. Andreev. Evaluation of Hydraulic Excavator and Rope Shovel Major Maintenance Costs in Operation. – University of Alberta, Edmonton, 2015. – 140 p.

13. Rai, P. Performance Assessment of Draglines in Opencast Mines // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences. – 2004. – Vol. 11. – P. 493-498.

14. Анистратов, Ю. И. Проектирование карьеров: учеб. пособие для вузов. – М.: НПК Гемос Лимитед, 2003. – 176 с.

15. Rai, P. Cycle time and idle time analysis of draglines for increased productivity – A case study / P. Rai, Ratnesh Trivedi, R. Nath // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences. – 2000. – Vol. 7. – P. 77-81.

16. Экскаваторы на карьерах. Конструкции, эксплуатация, расчет: учеб. пособие для студентов вузов / В. С. Квагинидзе, Г. И. Козовой, Ф. А. Чакветадзе, Ю. А. Антонов, В. Б. Корецкий. – М.: Горная книга, 2011. – 416 с.

17. Экскаваторы шагающие типа ЭШ. Технические условия. ТУ 24.00.3015-80. – Министерство тяжелого и транспортного машиностроения. – 1981. – 37 с.

18. Экскаваторы карьерные гусеничные типов ЭКГ- 8и, ЭКГ- 6,3ус, ЭКГ- 4у. Технические условия. ТУ 108-638-76. – Предприятие почтовый ящик А-3285. – 1977. – 35 с.

19. Шегал, А. А. Надежность информационных систем: конспект лекций. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 104 с.

Drygin Mikhail Yu., C. Sc. in Engineering

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

WAYS TO INCREASE PERFORMANCE OF EXCAVATOR FLEET OF KUZBASS

Abstract: The increase in coal production in the world and in the Russian Federation is due to objective reasons related to the availability of natural resources and the development of technologies for the deep processing of coal. In the context of the new economic crisis, one should not expect significant investments in the coal industry. Therefore, the reserve for increasing production is to increase the productivity of the main technological machines operating in the coal mines of Kuzbass. The analysis of production data showed that the reduced operational productivity of excavators does not depend on the volume of the bucket and the cycle time. It is established that the operational performance, first of all, depends on the time of the actual duty cycle. It is shown that the main reserve of its increase lies in increasing the effectiveness of using the actual time of work.

Keywords: Kuzbass, open pit mining, excavator, productivity, duty cycle, calendar fund of time, coefficient of technical readiness.

Article info: received November 20, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-1-9-17

REFERENCES

1. Drygin, M. Raising Quality of Maintenance and Control of Metallic Structures in Large-load Technological Machines / M. Drygin, N. Kuryshkin // Journal of Physics: Conference Series 11. Cep. «XI International Scientific and Technical Conference «Applied Mechanics and Dynamics Systems». – 2018. – P. 012029.

2. Drygin, M. Ways of Increasing Excavator Fleet Productivity in Russian Coal Open Pits (Kuzbass Case Study) / M. Drygin, N. Kuryshkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference «International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)», Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03010.

3. Drygin, M. Strategy of Russian Coal Mining Enterprises' Excavator Park Technical State Correction / M. Drygin, N. Kuryshkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference «International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)», Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03011.

4. Kostarev, A. S. Rezervyi razvitiya ugle-dobyivayushchego predpriyatiya [Coal Mining Development Reserves]. – Moscow: Gornaya kniga [Mountain book], 2013. – 174 p.

5. Reznikov, L. M. Intensifikatsiya ispol-zovaniya oborudovaniya na otkrytyih gornyih rabo-tah Kuzbassa [Intensification of the use of equip-ment in open mining of Kuzbass]. – Kemerovo: Ke-merovskoe knizhnoe izdatelstvo [Kemerovo Book Publishing House], 1988. – 72 p.

6. Spravochniki o nalichii, poluchenii, spisanii i ispolzovanii ekskavatorov, burovnyh stankov i buldozerov i o nalichii vspomogatelnoy tekhniki na predpriyatiyah OAO UK «Kuzbassrazrezugol» za 12 mesyatsev 2007-2015 gg. [Directories on the avail-ability, receipt, cancellation and use of excavators, drilling rigs and bulldozers and on the availability of auxiliary equipment at the enterprises of the UK «Kuzbassrazrezugol» for 12 months 2007-2015] – OAO «Ugolnaya kompaniya «Kuzbassrazrezugol» [OJSC «Coal Company «Kuzbassrazrezugol»], Ke-merovo, 2008-2016. – 1232 p.

7. Spravochnik o nalichii, poluchenii, spisanii i ispolzovanii ekskavatorov, burovnyh stankov, buldozerov, frontalnyh pogruzchikov i o nalichii vspomogatelnoy tekhniki na predpriyatiyah OAO UK «Kuzbassrazrezugol» za 12 mesyatsev 2019 goda [Reference book on the availability, receipt, cancel-

lation and use of excavators, drilling rigs, bulldoz-ers, frontal loaders and on the availability of auxil-iary equipment at the enterprises of OJSC UK «Kuzbassrazrezugol» for 12 months of 2019]. – OAO «Ugolnaya kompaniya «Kuzbassrazrezugol» [OJSC «Coal Company «Kuzbassrazrezugol»], Ke-merovo, 2020. – 169 p.

8. Bozorgebrahimi, E. Sizing equipment for open pit mining – a review of critical parameters / E. Bozorgebrahimi, R. A. Hall, G. H. Blackwell // Mining Technology. – 2003. – Vol. 112. – P. A171-A179.

9. Kirmanli, C. An expert system for hydraulic excavator and truck selection in surface mining / C. Kirmanli, S. G. Ercelebi – The Journal of The South-ern African Institute of Mining and Metallurgy – 2009. – Vol. 109 – P. 727-738.

10. Namata, S. Performance analysis of heavy earth moving machineries (hemm) in opencast coal mines. – Rourkela National Institute of Technology, Rourkela, 2015. – 66 p.

11. Naik, H. Economical Operation & Estima-tion of Operating Cost of Draglines in Open Cast Mines // The Indian Mining and Engineering Jour-nal. – 2015. – September. – URL: [https://www.re-searchgate.net/publication/282124195_Economi-cal_Operation_Estimation_of_Operat-ing_Cost_of_Draglines_in_Open_Cast_Mines](https://www.researchgate.net/publication/282124195_Economi-cal_Operation_Estimation_of_Operat-ing_Cost_of_Draglines_in_Open_Cast_Mines). – [03.06.2020].

12. R. Andreev. Evaluation of Hydraulic Exca-vator and Rope Shovel Major Maintenance Costs in Operation. - University of Alberta, Edmonton, 2015. – 140 p.

13. Rai, P. Performance Assessment of Drag-lines in Opencast Mines // Indian Journal of Engi-neering & Materials Sciences. – 2004. – Vol. 11. – P. 493-498.

14. Anistratov, Yu. I. Proektirovanie karerov: ucheb. posobie dlya vuzov [Career Design: A Text-book for High Schools]. – Moscow: NPK Gemos Limited, 2003. – 176 p.

15. Rai, P. Cycle time and idle time analysis of draglines for increased productivity – A case study / P. Rai, Ratnesh Trivedi, R. Nath // Indian Journal of Engi-neering & Materials Sciences. – 2000. – Vol. 7. – P. 77-81.

16. Ekskavatoryi na karerakh. Konstruktsii, ek-spluatatsiya, raschet: uchebnoe posobie dlya studen-tov vuzov [Excavators in quarries. Designs, opera-tion, calculation: textbook for university students] / V. S. Kvaginidze, G. I. Kozovoy, F. A. Chakvetadze,

Yu. A. Antonov, V. B. Koretskiy. – Moscow: Gornaya kniga [Mountain book], 2011. – 416 p.

17.Ekskavatoryi shagayuschie tipa ESh. Tehnicheskie usloviya. TU 24.00.3015-80 [Excavators walking ESH type. Technical conditions TU 24.00.3015-80]. – Ministerstvo tyazhelogo i transportnogo mashinostroeniya [Ministry of Heavy and Transport Engineering]. – 1981. – 37 p.

18.Ekskavatoryi karernye gusenichnyie tipov EKG- 8i, EKG- 6,3us, EKG- 4u. Tehnicheskie

usloviya. TU 108-638-76 [Crawler mining excavators of types ECG-8i, ECG-6.3us, ECG-4u. Technical conditions TU 108-638-76]. – Predpriyatie pochtovyy yashchik A-3285 [Enterprise mailbox A-3285]. – 1977. – 35 p.

19.Shegal, A. A. Nadezhnost inforiatsionnyih sistem: konspekt lektsiy [Reliability of information systems: lecture notes]. – Ekaterinburg: GOU VPO UGTU-UI, 2006. – 104 p.

Библиографическое описание статьи

Дрыгин М.Ю. Пути повышения производительности экскаваторного парка Кузбасса // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 1 (153). – С. 9-17.

Reference to article

Drygin M.Yu. Ways to increase performance of excavator fleet of Kuzbass. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.1 (153), pp. 9-17.