

## Научная статья

УДК 658.5

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-14-21

Хажиев Вадим Аслямович, кандидат техн. наук

Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства

E-mail: vadimkhazhiev@gmail.com

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА  
ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ****Информация о статье**

Поступила:

07 марта 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

1 апреля 2022 г.

Принята к печати:

25 мая 2022 г.

**Ключевые слова:**

эффективность, расчетная прибыль, срок эксплуатации, технологический комплекс, стоимость владения оборудованием, производственный цикл, система эксплуатации оборудования.

**Аннотация.**

В статье представлен методический подход к оценке фактической и прогнозируемой эффективности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горного предприятия. Подход базируется на вычислении величины расчетной прибыли от эксплуатации как отдельных единиц оборудования, так и всего технологического комплекса в рассматриваемом периоде деятельности горного предприятия. С применением представленного в работе методического подхода возможно определять фактическую величину расчетной прибыли как по отдельным единицам оборудования, так и по всему технологическому комплексу предприятия в целом. Также применение методического подхода позволяет определять данную величину в условиях прогнозируемого изменения цены на продукцию предприятия и производить сравнение этой величины между оборудованием в рамках одного горного предприятия и между различными горными предприятиями. В результате возможно как обосновывать рациональный срок эксплуатации приобретаемого оборудования, так и принимать управленческие решения о целесообразности использования оборудования, находящегося в эксплуатации. Представлены результаты использования методического подхода к оценке фактической и прогнозируемой эффективности системы эксплуатации технологического комплекса на примере системы эксплуатации автосамосвалов БелАЗ-7513 на действующем крупном отечественном угледобывающем предприятии.

**Для цитирования:** Хажиев В.А. Методический подход к оценке эффективности системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горного предприятия // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2 (160). С. 14-21. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-14-21

**Актуальность**

Вопросы оценки эффективности системы эксплуатации оборудования являются остроактуальными для горных предприятий в условиях непрерывного роста стоимости самого оборудования, запасных частей и других материально-технических ресурсов для его эксплуатации. При этом в настоящее время на отечественных горных предприятиях для оценки экономической целесообразности эксплуатации или списания машин, как правило, применяется показатель амортизации, который учитывает первоначальную стоимость покупки оборудования, фактический срок его эксплуатации и наработку, но не учитывает расчетные прибыль или убытки, приносимые каждой единицей оборудования, а также изменение условий его

эксплуатации и рыночной цены на продукцию предприятия. В результате формально оценивается рентабельность не только конкретной единицы оборудования, но и всего технологического комплекса, что может в условиях ужесточения требований рынка приводить к повышению риска снижения конкурентоспособности предприятия [1-4].

**Методический подход**

Для обоснования экономической целесообразности эксплуатации или списания оборудования на горных предприятиях, а также изменения параметров условий его эксплуатации с учетом изменения рыночной цены на продукцию предприятия предлагается методический подход, позволяющий определять расчетную прибыль или убытки, приносимые как отдельными единицами оборудования,

так и всем технологическим комплексом предприятия в целом. В отличие от традиционного подхода предлагаемый основывается на вычислении доли вклада каждого оборудования технологического комплекса в общий результат и приходящейся на этот вклад расчетной прибыли.

Первый этап оценки эффективности системы эксплуатации технологического комплекса по предлагаемому методическому подходу заключается в определении на исследуемом горном предприятии в рассматриваемом периоде его деятельности суммарного объема механической работы ( $A$ ), выполненной оборудованием во всем производственном цикле начиная от поставки сырья и заканчивая процессами складирования готовой продукции для последующей отгрузки потребителю, по формуле:

$$A = \sum_1^n A_i, \text{ МДж}, \quad (1)$$

где  $A_i$  – объем выполненной механической работы  $i$ -ой единицей оборудования, занятого в производственном цикле предприятия, за рассматриваемый период, МДж.

$n$  – количество единиц оборудования, занятого в производственном цикле предприятия, ед.

Далее определяется фактическая удельная выручка предприятия, приходящаяся на 1 МДж работы, выполненной технологическим комплексом ( $B_{уд}$ ) за рассматриваемый период, по формуле:

$$B_{уд} = \frac{B_0}{A}, \text{ тыс. руб./МДж}, \quad (2)$$

где  $B_0$  – выручка горного предприятия за рассматриваемый период без учета условно-постоянных затрат предприятия за рассматриваемый период, напрямую не списываемых на эксплуатацию каждой единицы оборудования, тыс. руб.

$$B_0 = B - \sum_1^T Z_{п}, \text{ тыс. руб.}, \quad (3)$$

где  $B$  – выручка горного предприятия за рассматриваемый период, тыс. руб.;

$T$  – рассматриваемый период эксплуатации оборудования технологического комплекса предприятия, год;

$Z_{п}$  – сумма условно-постоянных затрат предприятия за рассматриваемый период, напрямую не списываемых на эксплуатацию каждой единицы оборудования (включают в себя расходы на оплату труда высшего руководства предприятия, проектирование горных работ, содержание зданий и сооружений и т.п.), тыс. руб.

Формулу определения фактической удельной выручки возможно применять для последующего вычисления расчетной прибыли оборудования при фактических ценах на продукцию предприятия, а также для сравнения расчетной прибыли между оборудованием в рамках одного предприятия. Для определения прогнозируемой расчетной прибыли предприятия в условиях изменения цены на его продукцию, либо для сравнения расчетной прибыли оборудования между предприятиями разработан показатель приведенной удельной выручки ( $B_{уд}^{прив}$ ), рассчитываемый по формуле:

$$B_{уд}^{прив} = \frac{K_{ц} \cdot B_0}{A \cdot K_c}, \text{ руб./МДж}, \quad (4)$$

где  $K_{ц}$  – коэффициент, позволяющий моделировать варианты изменения цены на продукцию ( $K_{ц} =$

1 при оценке величины расчетной прибыли, полученной по оборудованию, в условиях сохранения цены на продукцию;  $K_{ц} > 1$  – в условиях роста цены на продукцию;  $K_{ц} < 1$  – в условиях снижения цены на продукцию);

$K_c$  – коэффициент, позволяющий учитывать сложность ведения работ на сравниваемых предприятиях. Например, для горных предприятий, осуществляющих открытую разработку месторождений полезных ископаемых,  $K_c$  может рассчитываться как отношение коэффициентов вскрыши сравниваемых предприятий.

На следующем этапе методического подхода осуществляется расчет затрат на приобретение и эксплуатацию каждой единицы оборудования предприятия с целью последующего их вычитания из расчетной выручки, приходящейся на эти машины. Это позволяет определять расчетную прибыль каждой единицы оборудования и технологического комплекса предприятия в целом. Предлагается для расчета затрат на приобретение и эксплуатацию каждой единицы оборудования применять формулу вычисления величины совокупной стоимости владения оборудованием ( $S_i^{вл}$ ). Для каждой единицы оборудования, эксплуатируемого на горных предприятиях, данную формулу можно представить в следующем общем виде [5-8]:

$$S_i^{вл} = S_i^n + \sum_1^T Z_i^{эп}, \text{ тыс. руб.} \quad (5)$$

где  $S_i^n$  – рыночная стоимость  $i$ -ой единицы оборудования на конец рассматриваемого периода, тыс. руб.;

$Z_i^{эп}$  – затраты, напрямую списываемые на эксплуатацию  $i$ -ой единицы оборудования за рассматриваемый период (включают в себя расходы на оплату труда операционного персонала, покупку запасных частей, ГСМ и т.п.), тыс. руб. Показатель  $Z_i^{эп}$  не включает в себя амортизационные отчисления, т.к. они учитываются показателем  $S_i^n$ .

При оценке фактической эффективности системы эксплуатации технологического комплекса расчет стоимости владения оборудованием основывается на уже сформированных в прошедших периодах значениях  $S_i^n$ ,  $Z_i^{эп}$ . При решении задачи прогнозирования эффективности системы эксплуатации технологического комплекса предприятия значение  $Z_i^{эп}$  определяется на основе результатов факторного анализа, позволяющего спрогнозировать изменение стоимости владения оборудованием при различных условиях и режимах его эксплуатации, а также качестве ремонтного обслуживания. Например, факторный анализ, проведенный при прогнозировании стоимости владения карьерными самосвалами БелАЗ-75306 на крупном угледобывающем предприятии позволил установить, что на данную величину существенно влияют такие факторы, как годовая производительность машины, срок ее эксплуатации, качество и продолжительность проведения операций ТО и ППР, а также качество формирования дорожных условий. Было выявлено, что каждый из этих факторов может обуславливать изменение стоимости владения автосамосвалами в 1,4-3,3 раза (рис. 1). На основе факторного анализа

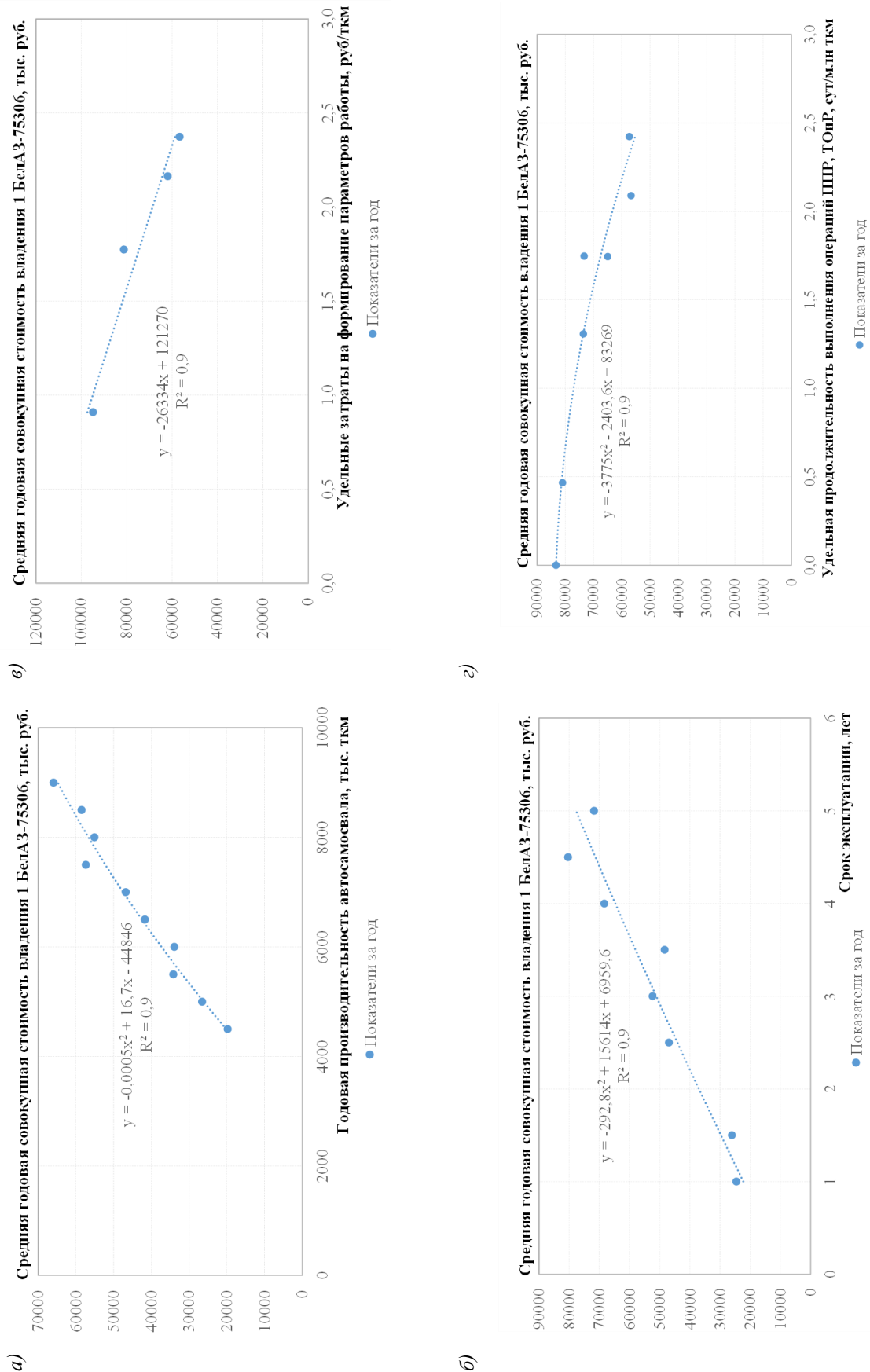


Рис. 1. Зависимости стоимости владения автосамосвалами БелАЗ-75306 от: а) производительности; б) срока эксплуатации; в) качества дорожных условий; г) качества ремонтного обслуживания

Fig. 1. Dependences of the cost of owning BelAZ-75306 dump trucks on: а) productivity; б) service life; в) quality of road conditions; г) quality of repair service



Рис. 2. Общая схема методического подхода к оценке фактической и прогнозируемой эффективности системы эксплуатации технологического комплекса горного предприятия

Fig. 2. General scheme of a methodical approach to assessing the actual and predicted efficiency of the operating system technological complex of a mining enterprise

были выявлены зависимости стоимости владения автосамосвалами от вышеперечисленных факторов, что позволило уточнить формулу 5 для условий рассматриваемого угледобывающего предприятия и представить ее в следующем виде [9-13]:

$$S_i^{вл} = S_i^n + \sum_{i=1}^T Z_i^{сип} \cdot k_{ппр} \cdot k_{ду}, \quad (6)$$

где  $Z_i^{сип}$  – затраты, обуславливаемые сроком эксплуатации каждой единицы автосамосвала и его производительностью, тыс. руб.;

$k_{ппр}$  – коэффициент, учитывающий величину изменения стоимости владения автосамосвалами

при улучшении качества ремонтного обслуживания.

$$k_{ппр} = -0,045 \cdot \Pi^2 - 0,03 \cdot \Pi + 1, \quad (7)$$

$$D(f) = [0,5 ; 2,4]^*$$

где  $\Pi$  – удельная продолжительность выполнения ремонтного обслуживания автосамосвалов, сут/млн ткм.

$k_{ду}$  – коэффициент, учитывающий затраты, выделяемые на формирование дорожных условий для автосамосвалов.

$$k_{ду} = -0,17 \cdot D^2 + 0,26 \cdot D + 0,9, \quad (8)$$

$$D(f) = [0,9 ; 2,3]$$

где  $D$  – величина удельных затрат на повышение качества дорожных условий, руб/ткм.

Области определения функций, представленных в формулах 7 и 8, рассчитаны для условий конкретного угледобывающего предприятия.

В результате расчета величин фактической удельной выручки (формула 2), приведенной удельной выручки (формула 4) и стоимости владения оборудованием предприятия (формула 5) становится возможным вычислять величину расчетной прибыли по каждой единице оборудования предприятия в условиях:

– одного предприятия и фактического изменения цены на его продукцию ( $\Pi_{pi}^f$ ) по формуле:

$$\Pi_{pi}^f = A_i \cdot B_{y0} - S_i^{gl} \quad (9)$$

– прогнозируемого изменения цены на продукцию предприятия или в условиях необходимости произвести сравнение между разными предприятиями ( $\Pi_{pi}^n$ ) по формуле:

$$\Pi_{pi}^n = A_i \cdot B_{y0}^{прис} - S_i^{gl} \quad (10)$$

Итоговую оценку эффективности системы эксплуатации технологического комплекса горного предприятия предлагается осуществлять по формулам:

– определения фактической эффективности ( $P_9^f$ ):

$$P_9^f = \frac{\sum_1^n \Pi_{pi}^f}{\sum_1^n S_i^{gl}} \quad (11)$$

– определения прогнозируемой эффективности ( $P_9^n$ ):

$$P_9^n = \frac{\sum_1^n \Pi_{pi}^n}{\sum_1^n S_i^{gl}} \quad (12)$$

Показатели, рассчитываемые по формулам 11 и 12, могут применяться в качестве критериев эффективности системы эксплуатации технологического комплекса горного предприятия. Разработанный методический подход к оценке фактической и прогнозируемой эффективности системы эксплуатации технологического комплекса горного предприятия представлен в виде схемы на рисунке 2.

#### Результаты применения методического подхода

В качестве примера использования методического подхода к оценке фактической и прогнозируемой эффективности системы эксплуатации технологического комплекса горного предприятия представлены результаты оценки эффективности системы эксплуатации автосамосвалов БелАЗ-7513 на действующем крупном отечественном угледобывающем предприятии:

1. Выявлено, что в условиях исследуемого разреза срок окупаемости автосамосвалов БелАЗ-7513 составляет 0,6 года. При этом с учетом динамики рыночных цен на автосамосвалы данной модели возможность покупки нового автосамосвала БелАЗ-7513 за счет расчетной прибыли, приносимой уже

эксплуатируемой машиной, появляется на 2-ой год ее эксплуатации.

2. При установленном сроке эксплуатации БелАЗ-7513 на исследуемом предприятии в 8 лет уже на 3-й год расчетная годовая прибыль этих машин уменьшается в 6-10 раз. Определено, что в общем парке этих машин около 15% на 5-6 год эксплуатации становятся убыточными. Т.е. стоимость владения этими машинами превышает величину приносимой ими расчетной прибыли.

3. Расчетным путем было установлено, что при сохранении сложившихся параметров условий и режимов эксплуатации, а также качества ремонтного обслуживания автосамосвалов БелАЗ-7513 на исследуемом разрезе рациональный срок эксплуатации этих машин составляет не установленные 8 лет, а 6-7 лет. Определено, что изменение срока эксплуатации этих машин с установленного на рациональный позволит повысить общую расчетную прибыль парка этих машин за жизненный цикл на 15-20%.

4. Моделирование возможностей повышения величины расчетной прибыли по автосамосвалам БелАЗ-7513 на исследуемом разрезе позволило определить, что путем улучшения условий и режимов эксплуатации этих машин, а также повышения качества их ремонтного обслуживания [14, 15] возможно увеличить рациональный срок их эксплуатации с 6-7 лет до 10-12 лет, что обеспечит повышение общей расчетной прибыли парка автосамосвалов БелАЗ-7513 за жизненный цикл на 30-40%.

#### Вывод

Разработан и опробован в условиях действующего крупного угледобывающего предприятия методический подход к оценке фактической и прогнозируемой эффективности системы эксплуатации технологического комплекса. Применение разработанного подхода позволяет определять величину расчетной прибыли как по отдельным единицам оборудования, так и по технологическому комплексу предприятия в целом. Благодаря его применению становится возможным с учетом изменяющихся требований рынка обосновывать рациональный срок эксплуатации оборудования, а также параметры условий и режимов его работы и определять требуемый уровень качества ремонтного обслуживания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко В. Б. Совершенствование организационной структуры подразделений горного предприятия в условиях изменения спроса на продукцию: автореф. ... дис. канд. техн. наук. Екатеринбург. 2020. 21 с.
2. Fourie H. Improvement in the overall efficiency of mining equipment: A case study // Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2016. № 116 (3). P. 275-281. DOI: 10.17159/2411-9717/2016/v116n3a9.
3. Байкин В. С. Развитие мониторинга системы эксплуатации горно-транспортного оборудования

Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № S64. С. 107-115.

4. Yano Y. I. Management of Efficiencies of Mining Equipment // Industrial Engineering & Management. 2018. № 07(03). DOI: 10.4172/2169-0316.1000264.

5. Q. Liu, J. Zhuo, Z.-Q. Lang, S. J. Qin. Perspectives on Data-driven operation monitoring and self-optimization of industrial processes // Acta Automatica Sinica. 2018. № 11. P. 44-56.

6. C. Burt, L. Caccetta. Accurate Costing of Mining Equipment // In book: Equipment Selection for Mining: With Case Studies. 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-76255-5\_9.

7. Бушуев В. В. Совокупная стоимость владения – современный метод оценки экономической эффективности использования оборудования (на примере конвейерных лент) // Горная промышленность. 2013. № 1 (107). С. 32-35.

8. Анистратов К. Ю., Стремилев В. Я. Тетерин М. В. и др. Экономико-математическая модель функционирования предприятия технологического карьерного автотранспорта // Горная промышленность. 2007. № 1 (71). С. 20-24.

9. Андреева Л. И. Применение методов оценки технического состояния горной техники на горнодобывающем предприятии // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2017. № 4. С. 78-85.

10. Мельник В. В., Сухарьков И. Н., Хажиев В. А. Конкурентоспособность технического сервиса обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. №6 (специальный выпуск 35). 36 с.

11. Хажиев В. А. Оценка влияния эксплуатационных факторов на эффективность использования экскаваторов-мехлопат на угольных разрезах // Горное оборудование и электромеханика: научно-аналитический и производственный журнал. 2009. №6. С. 21-26.

12. Кулецкий В. Н., Рыбинский А. Б., Горохов А. В. и др. Подход к управлению технической готовностью карьерного автотранспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S5-23. С. 3-22.

13. O. Lama, J. Alayo, E. Aparicio, C. Nunura. Improvement of the Global Efficiency of Mining Equipment Through Total Productive Maintenance – TPM // In book: Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control, Proceedings of the ANFE 2021 Virtual Conferences on Human Aspects of Advanced Manufacturing, Advanced Production Management and Process Control, and Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping. 2021. P. 25-29.

14. Андреева Л. И., Красникова Т. И., Ушаков Ю. Ю. Методология формирования эффективной системы обеспечения работоспособности горной техники // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2019. № 5. С. 92-106.

15. Азев В. А., Шаповаленко Г. Н., Андреева Л. И. и др. Концепция развития системы обеспечения работоспособности горнотранспортного оборудования угледобывающего объединения на примере ООО «СУЭК-Хакасия» // Открытые горные работы в XXI веке-2. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. Отдельный выпуск № 45-2. С. 276-287.

© 2022 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

Об авторе:

**Хажиев Вадим Аслямович**, заведующий лабораторией эффективной эксплуатации оборудования, Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства (454092, Россия, г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 30, оф.717), кандидат технических наук, доцент, [vadimkhazhiev@gmail.com](mailto:vadimkhazhiev@gmail.com)

Заявленный вклад автора:

Хажиев В.А. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-14-21

**Vadim A. Khazhiev**, C. Sc. in Engineering

Research Institute for the Efficiency and Safety of Mining, 454092, Russia, Chelyabinsk, st. Enthusiasts, 30, office 717

E-mail: [vadimkhazhiev@gmail.com](mailto:vadimkhazhiev@gmail.com)

# METHODOLOGICAL APPROACH TO ASSESSING THE EFFICIENCY OF THE SYSTEM OPERATION OF THE EQUIPMENT OF THE TECHNOLOGICAL COMPLEX OF THE MINING ENTERPRISE



## Article info

Received:

07 March 2022

Accepted for publication:

01 April 2022

Accepted:

25 May 2022

**Keywords:** efficiency, estimated profit, service life, technological complex, equipment ownership cost, production cycle, equipment operation system.

## Abstract.

The article presents a methodical approach to assessing the actual and predicted efficiency of the operating system of the technological complex of a mining enterprise. The approach is based on the calculation of the value of the estimated profit from the operation of both individual pieces of equipment and the entire technological complex in the period under consideration of the mining enterprise. With the use of the methodological approach presented in the paper, it is possible to determine the actual value of the estimated profit both for individual pieces of equipment and for the entire technological complex of the enterprise as a whole. Also, the application of the methodological approach allows us to determine this value in the conditions of a predicted change in the price of the enterprise's products and to compare this value between equipment within the same mining enterprise and between different mining enterprises. As a result, it is possible to justify the rational service life of both purchased equipment and make management decisions on the appropriateness of using equipment that is in operation. The results of using a methodical approach to assessing the actual and predicted efficiency of the operation system of the technological complex are presented on the example of the BelAZ-7513 dump truck operation system at a large domestic coal mining enterprise.

**For citation:** Khazhiev V.A. Methodological approach to assessing the efficiency of the system operation of the equipment of the technological complex of the mining enterprise. Mining Equipment and Electromechanics, 2022; 2(160):14-21 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-14-21

## REFERENCES

1. Kilin A. B., Azev V. A., Kostarev A.S., Baev I. A., Galkina N. V. Effective development of a coal mining production association: practice and methods (ed. V.B. Artemieva). M.: Publishing house «Gornaya kniga»; 2019. 280 p.
2. Mikhailchenko V. V., Rubanik Y. T. Management of the duration of the technological cycle of an open-pit coal mining enterprise. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2020; 4:60-67.
3. Volochienko V. A., Seryshev R. V. Production logistics. Theory and Practice: A Study Guide for Masters. M.: Yurayt Publishing House; 2015. 454 p.
4. Organization of production and management: textbook (ed. H.E. Gerasina). M.: MGIU; 2010. 204 p.
5. Kukarenko A. I., Lomovtsev V. V., Dyakonov A. V., Shestakov I. G., Khazhiev V. A. The role of production organization in technical re-equipment. *Coal*. 2011. 6. P. 70-72.
6. V. B. Alekseenko. The concept of development of the functional of linear engineering and technical workers. *Izv. universities. Mining magazine*. 2018. 6. P. 93-98. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-6-93-98.
7. Azev V.A. Formation of an integrated system of planning and organization of production in a coal mining production association. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2016. 5. P. 164-172.
8. Yakovlev V. L., Kilin A. B., Azev V. A., Shapovalenko G. N. Development of the organizational and technological structure of a mining enterprise in conditions of transient processes. *technical journal*. 2016. 12 (special issue №34). P. 8-19.
9. Galkin V. A., Makarov A. M., Zakharov S. I. et al. Methodology for calculating the reserve of working time of the staff of a coal mining enterprise for its development. *Proceedings of the USMU*. 2019; 2:134-145.
10. Alekseenko V. B. Improvement of the organizational structure of the divisions of a mining enterprise in the face of changing demand for products: author. ... Dis. PhD. Ekaterinburg. 2020. 21 p.
11. Khazhiev V. A. Assessment of the influence of operating factors on the efficiency of using shovel excavators in coal mines. *Mining equipment and electromechanics: scientific-analytical and production journal*. 2009; 6:21-26.
12. Slyunkov V. N., Andreeva L. I., Dovzhenok A. S. Indicators of the functioning of the system for ensuring the operability of mining equipment. *Coal special issue*. M.: 2008. P. 77-78.
13. Azev V. A., Shapovalenko G. N., Andreeva L. I. et al. The concept of development of a system for ensuring the operability of mining and transport equipment of a coal mining association on the example of LLC SUEK-Khakassia. *Mining information and analytical bulletin*. 2015; Separate issue 45-2:276-287.

14. Takhtadzhyan A. L. Principia tectologica. Principles of organization and transformation of complex systems: an evolutionary approach. Ed. 2nd, add. and revised SPb: Publishing house SPKhFA; 2001. 121 p.

15. Poleshchuk M. N. Assessment of social and labor relations of innovative groups of a coal-mining enterprise. *Mining information and analytical bulletin*. 2009; 4:398-403.

© 2022 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*The author declare no conflict of interest.*

*About the author:*

**Vadim A. Khazhiev**, head of the laboratory for effective equipment operation, Research Institute for the Efficiency and Safety of Mining, (454092, Russia, Chelyabinsk, st. Enthusiasts, 30, office 717.), C. Sc. in Engineering, [vadimkhazhiev@gmail.com](mailto:vadimkhazhiev@gmail.com)

*Contribution of the authors:*

Vadim A. Khazhiev – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

*Author have read and approved the final manuscript.*

