

Научная статья

УДК 658.51

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-1-32-40

Азев Владимир Александрович^{1, 2, 3}, Сенаторов Дмитрий Сергеевич¹, Добров Александр Николаевич¹, Байкин Валентин Станиславович^{4*}

¹ ООО «СУЭК-Хакасия»² ФГБОУ ВО «ХГУ им. Н. Ф. Катанова»³ Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «СФУ»⁴ ООО «НИИОГР»

* для корреспонденции: valentin_baikin@mail.ru

ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ РАБОТЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА УГЛЕДОБЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ



Информация о статье

Поступила:

25 декабря 2025 г.

Одобрена после
рецензирования:

14 января 2026 г.

Принята к печати:

29 января 2026 г.

Опубликована:

02 марта 2026 г.

Ключевые слова:

угледобывающее предприятие, эффективность, результативность, производительность, экскаваторно-автомобильный комплекс, организация работы, вспомогательное оборудование, организация работы, машинист

Аннотация.

Предназначением вспомогательного оборудования на угледобывающих предприятиях является формирование и поддержание требуемых условий эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов. Неудовлетворительная результативность функционирования вспомогательного оборудования оказывает существенное негативное влияние на ключевые технико-экономические показатели эффективности производственного процесса предприятия. Так, например, в результате неудовлетворительной работы автогрейдеров происходит рост удельного расхода дизельного топлива автосамосвалами из-за снижения эксплуатационной скорости их движения вследствие ухудшения качества технологических автодорог и, соответственно, возникновения у автосамосвалов дополнительных маневрирований и циклов «торможения-разгона». В результате неудовлетворительной работы бульдозерной техники происходит ухудшение состояния рабочих площадок на бульдозерных отвалах и забоях экскаваторов, что приводит к возникновению внезапных выходов из строя автосамосвалов и экскаваторов из-за работы на неровных основаниях и в неустойчивом положении. Оценка результатов работы вспомогательного оборудования на ряде угледобывающих предприятий России показала, что к данному виду оборудования и, соответственно, к процессам, где оно задействовано, в настоящее время сформировано отношение как к второстепенному, что выражается в неудовлетворительном качестве учета и контроля показателей его результативности. Отношение к второстепенным процессам проявляется в том, что заработная плата работников, участвующих в них, значительно ниже заработной платы работников основных процессов. И, как правило, заработная плата работников вспомогательных процессов не увязана с результатом их непосредственного труда, в отличие от работников основных процессов. Данное соотношение в заработной плате приводит к тому, что фактический уровень полезного использования вспомогательной техники в среднем в два раза ниже уровня полезного использования основного оборудования.

В данной статье обосновываются методические рекомендации по улучшению организации работы вспомогательного оборудования, базирующиеся на выявленных функциональных взаимосвязях между уровнем использования данного оборудования и технико-экономическими показателями работы предприятия, с последующей проработкой и освоением систем учета и оплаты труда машинистов вспомогательного оборудования.

Для цитирования: Азев В. А., Сенаторов Д. С., Добров А. Н., Байкин В. С. Подход к повышению результативности работы вспомогательного оборудования на угледобывающем предприятии // Горное оборудование и электромеханика. 2026. № 1 (183). С. 32-40. DOI: 10.26730/1816-4528-2026-1-32-40, EDN: KHTAGE

Введение

Жизнеспособность угледобывающего предприятия напрямую обусловлена эффективностью процессов извлечения и транспортирования горной массы, которые осуществляют экскаваторно-автомобильные комплексы (далее – ЭАК) [1–5]. Вопросы повышения эффективности данных процессов активно решаются на отечественных угледобывающих предприятиях [5–9]. В частности, за последние два десятилетия на разрезе «Черногорский», который является типовым развивающимся отечественным угледобывающим предприятием, в результате реализации комплекса организационно-технологических мероприятий с 2000 по 2018 гг. производительность экскаваторно-автомобильных комплексов увеличилась в 1,9 раза [10–11]. Однако ряд исследований показывает, что с 2019 г. как на данном предприятии, так и на многих других угольных предприятиях начала формироваться тенденция снижения значения данного показателя или его стагнации. По данным Федеральной службы государственной статистики в условиях происходящих кризисных явлений в первом квартале 2025 г. по отношению к 2024 г. доля убыточных угледобывающих предприятий в России увеличилась в 1,7 раза и достигла 53%. Данный факт подчеркивает необходимость поиска и освоения дополнительных внутрипроизводственных резервов повышения эффективности производственных процессов угледобывающих предприятий [12–14].

Практика показывает, что одним из наиболее недооцениваемых резервов является повышение результативности работы вспомогательного оборудования: бульдозеры, автогрейдеры, поливооросительные автомобили и т. п. [15,17]. Существенным образом освоению этого резерва препятствует сложившееся у многих руководителей и специалистов предприятий отношение к данному виду оборудования как к второстепенному.

В связи с этим общей целью исследования является разработка методического инструментария повышения результативности работы вспомогательного оборудования, для достижения которой на начальном этапе требуется выявление резервов повышения результативности работы вспомогательного оборудования и выработка первоочередных изменений для их освоения.

Проведенное исследование

Проведенное в условиях разреза «Черногорский» исследование данных о структуре календарного фонда времени вспомогательного оборудования разреза за период 2023-2024 гг. показало, что в среднем доля продолжительности его нахождения на линии без полезной нагрузки на двигатель внутреннего сгорания (далее – ДВС), т. е. в режиме холостого хода, составляет 34% (4,1 ч/смену), а продолжительность работы под нагрузкой составляет 47% (5,6 ч/смену). Оставшиеся 19% (2,3 ч/смену) включают в себя регламентированные простои и выполнение ТОиР (Рис. 1).

Выявленный неудовлетворительный уровень использования вспомогательного оборудования разреза «Черногорский» обусловил проведение оценки заинтересованности их машинистов в повышении данного уровня. Выявлено, что существующая повременно-премиальная система оплаты труда машинистов вспомогательного оборудования не обеспечивает их заинтересованность в повышении продолжительности его работы с полезной нагрузкой на ДВС. Так, например, по машинистам бульдозеров и грейдеров 8 разряда, составляющих основную часть машинистов разреза на данном оборудовании, коэффициент корреляции между величиной их заработной платы и продолжительностью работы оборудования под нагрузкой является статистически незначимым и близким к нулю (Рис. 2–3).

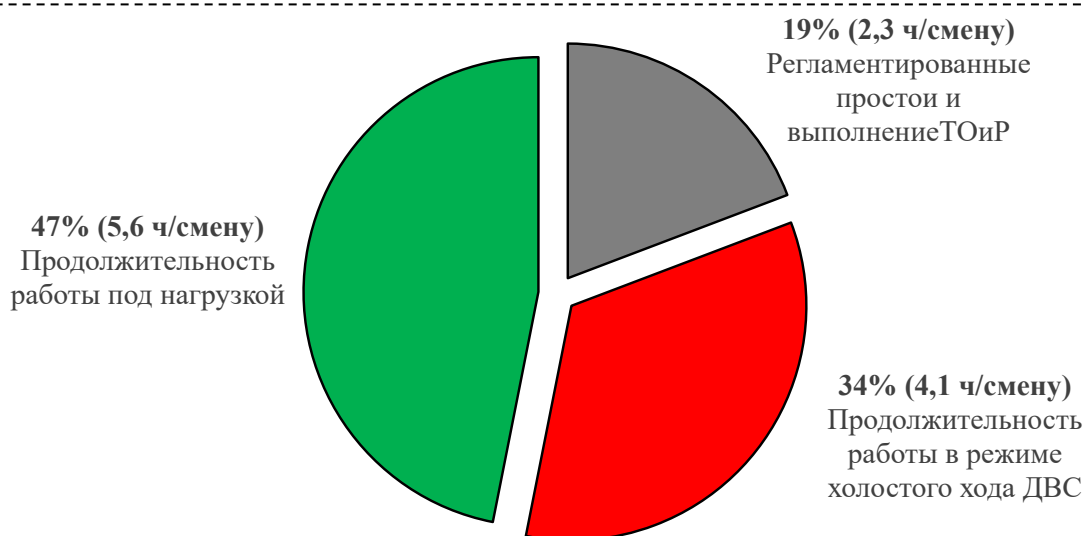


Рис. 1. Структура сменного календарного фонда времени среднесписочной единицы вспомогательного оборудования (по данным за 2023-2024 гг.)

Fig. 1. Structure of the shift calendar time fund of the average unit of auxiliary equipment (based on data for 2023-2024)

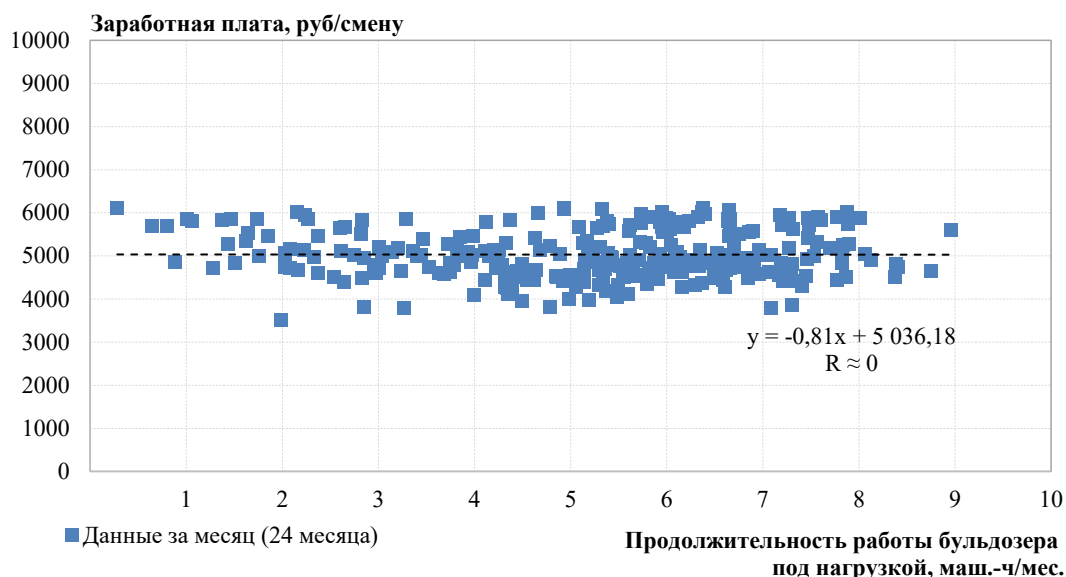


Рис. 2. График связи величины заработной платы машинистов бульдозеров и продолжительности работы этой машины под нагрузкой

Fig. 2. Graph of the relationship between the salary of bulldozer operators and the duration of the bulldozer's operation under load

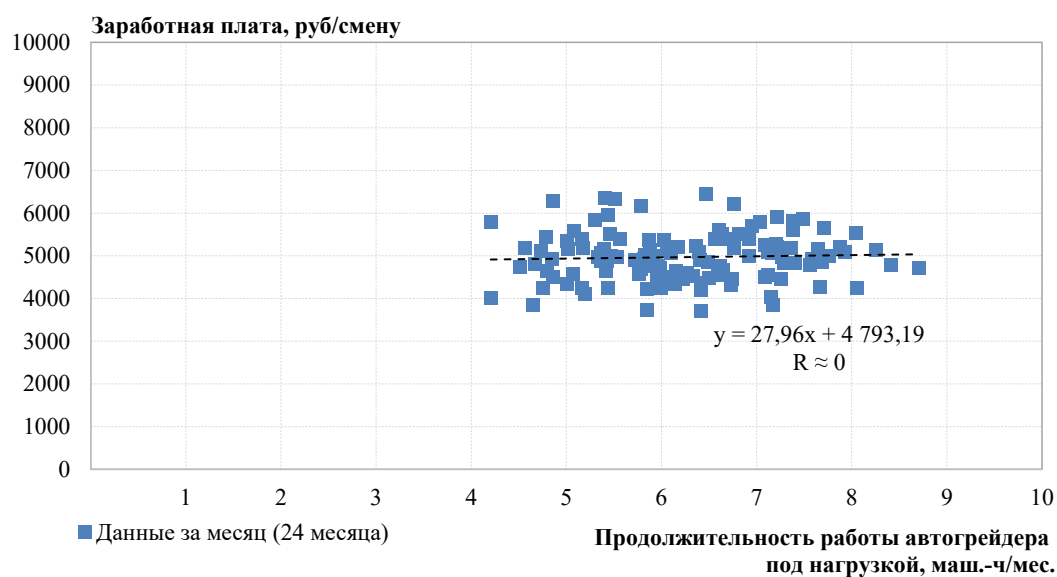


Рис. 3. График связи величины заработной платы машиниста автогрейдера и продолжительности работы этой машины под нагрузкой

Fig. 3. Graph of the relationship between the salary of a motor grader operator and the duration of the bulldozer's operation under load

Для определения актуальности и возможности повышения результативности работы вспомогательного оборудования был проведен факторный анализ, в ходе которого оценивалось влияние продолжительности его работы в режиме холостого хода на значения технико-экономических показателей работы экскаваторно-автомобильных комплексов. В результате факторного анализа были выявлены 2 статистически значимые связи:

- связь величины удельного расхода дизельного топлива парком БелАЗ-75306 и среднемесячной продолжительности работы автогрейдеров в режи-

ме холостого хода (коэффициент корреляции $R=0,6$) (Рис. 4);

- связь среднемесячной производительности ЭАК и среднемесячной продолжительности работы бульдозеров в режиме холостого хода (коэффициент корреляции $R= -0,73$) (Рис. 5).

Результаты исследования

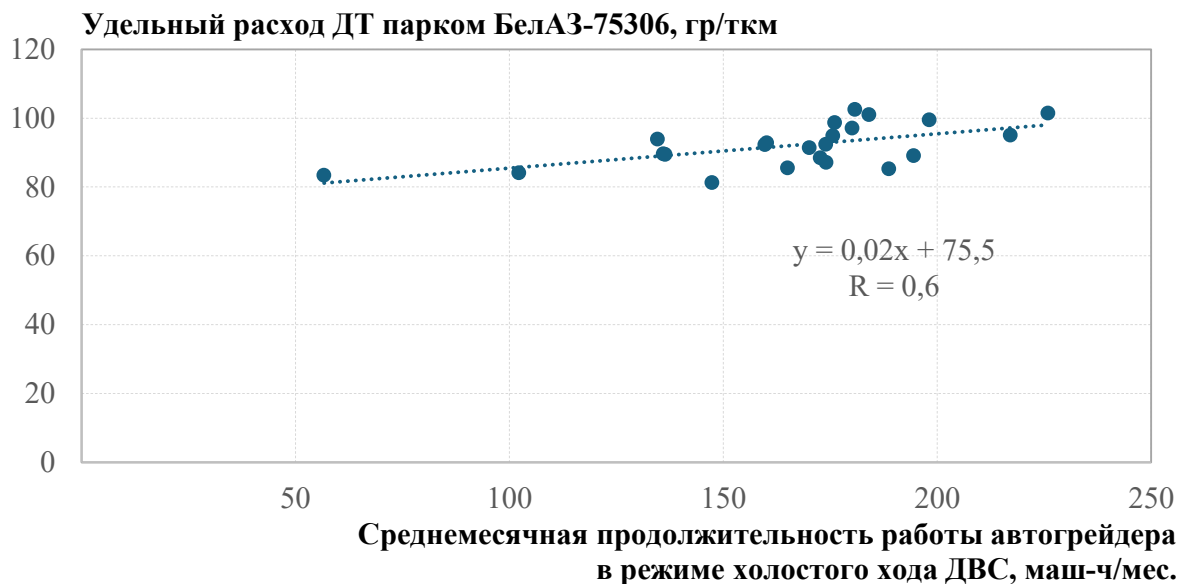
С использованием полученных графиков связи было определено, что в условиях разреза «Черногорский» при обеспечении заинтересованности машинистов вспомогательного оборудования в увеличении продолжительности его работы под нагрузкой даже при сохранении имеющегося коли-

чества единиц оборудования возможно снизить удельный расход дизельного топлива автосамосвалами на 20%, а также повысить производительность ЭАК на 15% без вложения дополнительных ресурсов.

Практика показывает, что система учета и оплаты результатов труда работников предприятия, основанная на реальной функциональной взаимосвязи между результатами их работы и величиной заработной платы, является одним из ключевых методических инструментов, позволяющих эффек-

тивно использовать оборудование [18–20]. В общем виде освоение данного методического инструмента включает в себя 4 основных этапа:

1. В течение отчетного месяца по каждому машинисту бульдозера и автогрейдера фиксируются ключевые показатели использования оборудования: продолжительность работы с полезной нагрузкой на ДВС и продолжительность работы в режиме холостого хода. Данные вносятся в специализированный журнал учета и визуализируются для горных мастеров и самих машинистов в виде графика



• Данные за месяц (24 месяца)

Рис. 4. График связи удельного расхода ДТ автосамосвалов БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» и среднемесячной продолжительности работы автогрейдеров в режиме холостого хода ДВС (по данным за 2023-2024 гг.)

Fig. 4. Graph of the relationship between the specific diesel fuel consumption of BelAZ-75306 dump trucks at the Chernogorsk open pit mine and the average monthly operating time of motor graders in idle mode of the internal combustion engine (based on data for 2023-2024)



• Данные за месяц (24 месяца)

Рис. 5. График связи производительности ЭАК разреза «Черногорский» и среднемесячной продолжительности работы бульдозеров в режиме холостого хода ДВС (по данным за 2023-2024 гг.)

Fig. 5. Graph of the relationship between the productivity of the EAC of the Chernogorsk open-pit mine and the average monthly duration of bulldozer operation in idle mode of the internal combustion engine (based on data for 2023-2024)

ков.

2. По итогам отчетного месяца производится расчет влияния индивидуальных показателей работы каждого машиниста на технико-экономические показатели работы экскаваторно-автомобильных комплексов за этот же период: оценивается изменение фактического удельного расхода дизельного топлива автосамосвалами и среднемесячной производительности ЭАК.

3. Осуществляется расчет достигнутого экономического эффекта и дополнительного премиального фонда машинистов вспомогательного оборудования. На основе выявленных корреляционных зависимостей рассчитывается доля эффекта, функционально взаимосвязанная с работой вспомогательного оборудования. Полученный таким образом экономический эффект является основанием для формирования премиального фонда. Определенная доля от этого эффекта (как правило, не более 10%), утверждаемая внутренним положением о премировании, направляется на поощрение машинистов.

4. Производится распределение премиального фонда между машинистами вспомогательного оборудования. Распределение является дифференцированным и зависит от вклада каждого работника. Критерием служит индивидуальная суммарная наработка оборудования под полезной нагрузкой в течение отчетного месяца. Таким образом, машинисты, характеризующиеся наибольшей величиной продолжительности работы оборудования под нагрузкой, получают наибольшую премиальную выплату. Данный подход обеспечивает высокую заинтересованность машинистов в повышении продолжительности работы своего оборудования под нагрузкой.

В настоящее время совместно с руководителями и специалистами дорожного участка и тракторно-бульдозерного парка разреза «Черногорский» прорабатывается возможность ежесменного информирования машинистов вспомогательного оборудования при выдаче наряд-заданий о достигнутом ими индивидуальном уровне использования данного оборудования, а также осуществляется моделирование возможностей изменения системы их премирования и организации работы. В качестве инструмента информирования рассматриваются информационные стенды, на которых еженедельно вывешиваются графики, характеризующие результативность по парку, бригаде и индивидуально для каждого машиниста.

Выводы

Проведенное исследование подтвердило наличие значительных резервов увеличения эффективности производственных процессов на угледобывающих предприятиях посредством повышения результативности работ вспомогательного оборудования, измеряемой продолжительностью его работы с полезной нагрузкой на ДВС. Для освоения имеющихся резервов целесообразна проработка и освоение системы учета результатов труда и премирования машинистов, основанной на выявленных функциональных зависимостях и обеспечива-

ющей тесную взаимосвязь между результатами их работы и величиной заработной платы. Расчетным путем определено, что в условиях разреза «Черногорский» изменение системы учета и оплаты труда машинистов вспомогательного оборудования может обеспечить снижение удельного расхода дизельного топлива автосамосвалами на 20% и повышение производительности экскаваторно-автомобильных комплексов на 15% без вложения дополнительных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Heyns T., Heyns P. S., de Villiers J. P. A method for real-time condition monitoring of haul roads based on Bayesian parameter estimation // *Journal of Terramechanics*. 2012. Vol. 49. № 2. Pp. 103–113. Available at: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012JTerr..49..103H/abstract>
2. Умирзоков А. М., Мамбеталин К. Т., Сайдуллозода С. С., Бердие А. Л. Оценка эффективности эксплуатации автомобильной дороги в горных карьерах // *Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева*. Н. Новгород. 2021. № 1(132). С. 98–105. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_1_98. EDN: KGJKVJ.
3. Глебов А. В., Лель Ю. И., Ильбульдин Д. Х., Арефьев С. А. К вопросу оценки качества карьерных автодорог // *Известия Уральского государственного горного университета*. 2016. № 3 (43) С. 70–73. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-3-70-73. EDN: WWNYMB.
4. Shi Y., Xia Y., Luo L., Xiong Z., Wang C., Lin L. Working stage identification of excavators based on control signals of operating handles // *Automation in Construction*. 2021. Vol. 130. Pp. 87–96. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521003241>.
5. Cui Yu., Du Y., Han J., An Yi. Research Status and Prospect of the Key Technologies for Environment Perception of Intelligent Excavators // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2024. Vol. 14. № 23. Pp. 109–119. DOI: 10.3390/app142310919.
6. Одинцев Н. В., Клебанов Д. А. Контроль качества дорог на горнодобывающих предприятиях // *Горная промышленность*. 2009. № 3(85). С. 24–26. EDN: KXRCBL.
7. Великанов В. С., Мусонов О. С., Панфилова О. Р., Ильина Е. А., Дерина Н. В. Инструменты предиктивной аналитики в минимизации отказов горнотранспортного оборудования // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова*. 2021. Т. 19. № 4. С. 5–15. DOI: 10.18503/1995-2732-2021-19-4-5-15. EDN: UPKEMW.
8. Побегайло П. А. Выбор рациональных параметров рабочего оборудования мощных гидравлических экскаваторов прямого копания. 05.05.06: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Побегайло Петр Алексеевич. Екатеринбург, 2008. 17 с. EDN: NKPNHL.

9. Литвин О. И. Обоснование рациональных технологических параметров производства вскрышных работ обратными гидравлическими лопатами на разрезах Кузбасса. 25.00.22: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Литвин Олег Иванович. Кемерово, 2012. 21 с. EDN: QIINNL.

10. Воронов А. С. Совершенствование системы управления автотранспортным предприятием с помощью автоматизированной системы мониторинга и диспетчеризации // Научная перспектива. 2014. № 9. С. 19–22. EDN: SNYSLZ.

11. Феклин С. Ф. Подготовка технологических данных в автоматизированной системе оперативного календарного планирования и диспетчеризации производства СПРУТ-ОКП // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции, Прокопьевск. 2018. С. 338–342. EDN: YRHBMT.

12. Азев В. А. Методология комплексного планирования горного производства в условиях инновационного развития угледобывающего предприятия. 05.02.22: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Азев Владимир Александрович. Екатеринбург, 2018. 29 с. EDN: MBIDNX.

13. Хажиев В. А. Методологические основы развития системы эксплуатации комплекса технологического горного оборудования предприятия с открытым способом разработки месторождения. 2.8.8: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Хажиев Вадим Аслямович. Кемерово, 2023. 41 с. EDN: HZRAXV.

14. Хажиев В. А. Исследование системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 3. С. 75–87. DOI: 10.26730/1999-4125-2022-3-75-87. EDN: XAJRSO.

15. Федотенко Н. А. Анализ эффективности работы вспомогательных и обслуживающих производств угольных шахт. 08.00.12: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Федотенко Надежда Александровна. Ленинград, 1984. 21 с. EDN: NPBVAB.

16. Соколовский А. В., Лапаев В. Н., Савельев О. Ю. Вспомогательное оборудование – основа высокопроизводительной работы разрезов // Уголь. 2017. № 8. С. 102–104. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-102-104. EDN: ZBQSJF.

17. Водолазов А. Н. Экономическая оценка деятельности вспомогательных производств предприятия: методология и инструментарий. 08.00.05: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Водолазов Антон Николаевич. Ростов-на-Дону, 2002. 20 с. EDN: NMEBSL.

18. Галкин В. А., Макаров А. М., Захаров С. И., Полещук М. Н. Методика расчета резерва рабочего времени персонала угледобывающего предприятия для его развития // Известия Уральского государственного горного университета. 2019. № 2. С. 134–145. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-2-134-145. EDN: RIQIAT.

19. Сафарова В. А., Антонова Н. Л. Совершенствование системы оплаты труда // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. Москва : Алеф, 2022. С. 234–238. EDN: MGACYA.

20. Зубарев С. Ф., Хажиев В. А., Байкин В. С., Габбасов Б. М. Значение сбалансированности экономических интересов работников в вопросах повышения производительности оборудования горнодобывающего предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2019. № S49. С. 16–22. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-49-16-22. EDN: KJJVIR.

© 2026 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Азев Владимир Александрович, доктор техн. наук, технический директор ООО «СУЭК-Хакасия», профессор Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова, доцент Хакасского технического института – филиала ФГАОУ ВО «СФУ» (655150, Респ. Хакасия, г. Черногорск, ул. Советская, 40), e-mail: AzevVA@suek.ru
Сенаторов Дмитрий Сергеевич, руководитель проектов, ООО «СУЭК-Хакасия» (655150, Респ. Хакасия, г. Черногорск, ул. Советская, 40), e-mail: SenatorovDS@suek.ru

Добров Александр Николаевич, директор по производственным операциям, ООО «СУЭК-Хакасия» (655150, Респ. Хакасия, г. Черногорск, ул. Советская, 40), e-mail: DobrovAN@suek.ru

Байкин Валентин Станиславович, кандидат техн. наук, научный сотрудник лаборатории эффективной эксплуатации оборудования, ООО «НИИОГР» (454020, г. Челябинск, ул. Энтузиастов, 30), e-mail: valentin_baikin@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Азев Владимир Александрович – постановка исследовательской задачи, обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных.

Сенаторов Дмитрий Сергеевич – научный менеджмент, написание текста, сбор и анализ данных.
Добров Александр Николаевич – концептуализация исследования, выводы, научный менеджмент.
Байкин Валентин Станиславович – научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, написание текста, сбор и анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2026-1-32-40

Vladimir A. Azev^{1,2,3}, Dmitry S. Senatorov¹, Aleksandr N. Dobrov¹, Valentin S. Baikin^{4*}

¹ SUEK-Khakassia LLC

² N.F. Katanov Khakassia State University

³ Khakassia Technical Institute – branch of Siberian Federal University

⁴ NII OGR LLC

* for correspondence: valentin_baikin@mail.ru

AN APPROACH TO IMPROVING THE PERFORMANCE OF AUXILIARY EQUIPMENT AT A COAL MINING PLANT



Article info

Received:

25 December 2025

Accepted for publication:

14 January 2026

Accepted:

29 January 2026

Published:

02 March 2026

Keywords: coal mining enterprise, efficiency, effectiveness, productivity, excavator-truck complex, work organization, auxiliary equipment, work organization, operator.

Abstract.

The purpose of auxiliary equipment at coal mining enterprises is to create and maintain the required operating conditions for excavator-dump truck systems. Poor performance of auxiliary equipment has a significant negative impact on key technical and economic indicators of the enterprise's production process efficiency. For example, poor motor grader performance results in increased diesel fuel consumption by dump trucks due to a reduction in their operating speed due to the deterioration of service roads, which leads to additional maneuvering and braking/acceleration cycles. Poor bulldozer performance results in deterioration of the excavator work platforms, leading to their sudden failure due to unstable operation. An assessment of the performance of auxiliary equipment at several Russian coal mining enterprises revealed that this type of equipment, and consequently the processes in which it is used, is currently viewed as secondary, resulting in poor performance accounting and monitoring. This attitude toward secondary processes is reflected in the fact that the wages of workers involved in them are significantly lower than those of workers in primary processes. Furthermore, wages for workers in auxiliary processes are typically not linked to their direct labor output, unlike those of workers in primary processes. This wage ratio results in the actual utilization of auxiliary equipment being, on average, half that of primary equipment.

This article presents methodological recommendations for improving the organization of auxiliary equipment operations, based on the identified functional relationships between the utilization of this equipment and the technical and economic performance of the enterprise, followed by the development and implementation of accounting and compensation systems for auxiliary equipment operators.

For citation: Azev V.A., Senatorov D.S., Dobrov A.N., Baikin V.S. An approach to improving the performance of auxiliary equipment at a coal mining plant. Mining Equipment and Electromechanics, 2026; 1(183):32-40 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2026-1-32-40, EDN: KHTAGE

REFERENCES

1. Heyns T., Heyns P.S., de Villiers J.P. A method for real-time condition monitoring of haul roads based on Bayesian parameter estimation. *Journal of Terramechanics*. 2012; 49:2:103–113. Available at:

<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012JTerr..49..103H/abstract>

2. Umirzokov A.M., Mambetalin K.T., Saidullozoda S.S., Berdie A.L. Evaluation of the efficiency of road operation in quarries. *Proceedings of NSTU named after R.E. Alekseev*. N. Novgorod. 2021;

1(132):98–105. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_1_98. EDN: KGJKVJ.

3. Glebov A.V., Lel Yu.I., Ilbuldin D.Kh., Arefyev S.A. On the issue of assessing the quality of quarry roads. *Bulletin of the Ural State Mining University*. 2016; 3(43):70–73. DOI: 10.21440/2307-2091-2016-3-70-73. EDN: WWNYMB.

4. Shi Y., Xia Y., Luo L., Xiong Z., Wang C., Lin L. Working stage identification of excavators based on control signals of operating handles. *Automation in Construction*. 2021; 130:87–96. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926580521003241>.

5. Yu. Cui, Y. Du, J. Han, Yi. An Research Status and Prospect of the Key Technologies for Environment Perception of Intelligent Excavators. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2024; 14(23):109–119. DOI: 10.3390/app142310919.

6. Odintsev N.V., Klebanov D.A. Quality Control of Roads at Mining Enterprises. *Mining Industry*. 2009; 3(85):24–26. EDN: KXRCLB.

7. Velikanov V.S., Musonov O.S., Panfilova O.R., Ilyina E.A., Derina N.V. Predictive analytics tools in minimizing failures of mining and transport equipment. *Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov*. 2021; 19(4):5–15. DOI: 10.18503/1995-2732-2021-19-4-5-15. EDN: UP-KEMW.

8. Pobegaylo P.A. Selection of rational parameters of the working equipment of powerful hydraulic direct digging excavators. 05.05.06: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Pobegaylo Petr Alekseevich. Ekaterinburg, 2008. 17 p. EDN: NKP NHL.

9. Litvin O.I. Justification of rational technological parameters for stripping operations with reverse hydraulic shovels at open pit mines of Kuzbass. 25.00.22: abstract of a dissertation for the degree of candidate of technical sciences / Litvin Oleg Ivanovich. Kemerovo, 2012. 21 p. EDN: QIINNL.

10. Voronov A.S. Improving the management system of a motor transport enterprise using an automated monitoring and dispatching system. *Scientific perspective*. 2014; 9:19–22. EDN: SNYS LZ.

11. Feklin S.F. Preparation of technological data in the automated system of operational-scheduling and dispatching of production SPRUT-OKP. *Prospects for the innovative development of coal regions of Russia: Collection of works of the VI International scientific and practical conference*. Prokopyevsk. 2018. Pp. 338–342. EDN: YRH BMT.

12. Azev V.A. Methodology of integrated planning of mining production in the context of innovative de-

velopment of a coal mining enterprise. 05.02.22: abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Azev Vladimir Aleksandrovich. Yekaterinburg, 2018. 29 p. EDN: MBIDNX.

13. Khazhiev V.A. Methodological foundations for the development of a system for operating a complex of technological mining equipment of an enterprise with open pit mining. 2.8.8: abstract of a dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Khazhiev Vadim Aslyamovich. Kemerovo, 2023. 41 p. EDN: HZRAXV.

14. Khazhiev V.A. Study of the equipment operation system of the technological complex of a mining enterprise. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2022; 3:75–87. DOI: 10.26730/1999-4125-2022-3-75-87. EDN: XAJ SRO.

15. Fedotenko N.A. Analysis of the efficiency of auxiliary and service industries of coal mines. 08.00.12: abstract of a dissertation for the degree of candidate of economic sciences / Fedotenko Nadezhda Aleksandrovna. Leningrad, 1984. 21 p. EDN: NPB YAB.

16. Sokolovsky A.V., Lapaev V.N., Savelyev O.Yu. Auxiliary equipment - the basis for highly productive operation of open pits. *Coal*. 2017; 8:102–104. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-8-102-104. EDN: ZBQSJF.

17. Vodolazov A.N. Economic assessment of the activities of auxiliary production facilities of an enterprise: methodology and tools. 08.00.05: abstract of a dissertation for the degree of candidate of economic sciences / Vodolazov Anton Nikolaevich. Rostov-on-Don, 2002. 20 p. EDN: NMEBSL.

18. Galkin V.A., Makarov A.M., Zakharov S.I., Poleshchuk M.N. Methodology for calculating the reserve of working time of personnel of a coal mining enterprise for its development. *Bulletin of the Ural State Mining University*. 2019; 2:134–145. DOI: 10.21440/2307-2091-2019-2-134-145. EDN: RIQIAT.

19. Safarova V.A., Antonova N.L. Improving the remuneration system. *Challenges of our time and strategies for the development of society in the context of the new reality: collection of materials of the XII International scientific and practical conference*. Moscow: Alef; 2022. Pp. 234–238. EDN: MGACYA.

20. Zubarev S.F., Khazhiev V.A., Baikin V.S., Gabbasov B.M. The importance of balancing the economic interests of employees in increasing the productivity of mining equipment. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2019; S49:16–22. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-49-16-22. EDN: KJJVIR.

© 2026 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:

Vladimir A. Azev, Doctor of Engineering Sciences, Technical Director of LLC "SUEK – Khakassia", Professor, Khakassia State University. N. F. Katanova, Associate Professor of the Khakass Technical Institute – branch of the Federal

State Autonomous Educational Institution of Higher Education “Siberian Federal University” (655150, Resp. Khakassia, g. Chernogorsk, ul. Sovetskaya, 40), e-mail: AzevVA@suek.ru

Dmitry S. Senatorov, Project Manager, SUEK-Khakassia LLC (40 Sovetskaya Street, Chernogorsk, Republic of Khakassia, 655150), e-mail: SenatorovDS@suek.ru

Aleksandr N. Dobrov, Director of Production Operations, SUEK-Khakassia LLC (40 Sovetskaya Street, Chernogorsk, Republic of Khakassia, 655150), e-mail: DobrovAN@suek.ru

Valentin S. Baikin, PhD in Engineering, Researcher, Equipment Efficiency Operation Laboratory, NIIOGR LLC (30 Entuziastov Street, Chelyabinsk, 454020), e-mail: valentin_baikin@mail.ru

Contribution of the authors:

Vladimir A. Azev – research problem formulation, literature review, data collection and analysis.

Dmitry S. Senatorov – research management, writing, data collection and analysis.

Aleksandr N. Dobrov – study conceptualization, conclusions, research management.

Valentin S. Baikin – research management, literature review, writing, data collection and analysis.

The claimed contribution of the authors:

Authors have read and approved the final manuscript.

