

УДК 658.51 © С.В. Канзычаков¹, В.А. Азев^{1,2,3}, В.А. Хажиев⁴,
И.Г. Леванов^{4,5}, С.П. Маслюков^{✉4,5}, 2024

UDC 658.51 © S.V. Kanzychakov¹, V.A. Azev^{1,2,3}, V.A. Khazhiev⁴,
I.G. Levanov^{4,5}, S.P. Maslyukov^{✉4,5}, 2024

¹ ООО «СУЭК-Хакасия», 655162, г. Черногорск, Россия

¹ SUEK-Khakassia LLC, Chernogorsk, 655162, Russian Federation

² ФГБОУ ВО «ХГУ им. Н.Ф. Катанова», 655017, г. Абакан, Россия

² Khakassian State University named after N.F. Katanov,

³ Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО «СФУ»,
655017, г. Абакан, Россия

Abakan, 655017, Russian Federation

⁴ ООО «НИИОГР», 454020, г. Челябинск, Россия

³ Khakassian Technical Institute, Branch of the Siberian Federal University,
Abakan, 655017, Russian Federation

⁵ ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)», 454080, г. Челябинск, Россия

⁴ Institute of efficiency and safety of mining production (“NIIOGR” LLC),
Chelyabinsk, 454020, Russian Federation

✉ e-mail: maslyukovsergey@gmail.com

⁵ South Ural State University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation

✉ e-mail: maslyukovsergey@gmail.com

Методический подход к повышению эффективности использования ресурса двигателя внутреннего сгорания Cummins QSK-60 автосамосвалов БелАЗ-75306 на примере разреза «Черногорский»

Methodical approach to enhancing the resource utilization efficiency
of the Cummins QSK-60 internal combustion engine
with BelAZ-75306 dump trucks using the case of Chernogorsky open-pit mine

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-11-87-93>

В работе рассматривается подход к повышению эффективности использования ресурса двигателя внутреннего сгорания (ДВС) большегрузных карьерных автосамосвалов БелАЗ-75306, базирующийся на прогнозировании предельного состояния ДВС с использованием результатов анализа масла на наличие частиц металлов. Для оценки эффективности использования ресурса ДВС большегрузных карьерных автосамосвалов предложен критерий, определяемый отношением фактического ресурса ДВС к максимальной его величине по однотипным двигателям, достигаемой в сопоставимых условиях эксплуатации. Представлены результаты оценки эффективности использования ресурса двигателей до и после их капитальных ремонтов в условиях разреза «Черногорский». Предложены показатели, отражающие влияние условий и режима работы карьерных автосамосвалов на эффектив-



КАНЗЫЧАКОВ С.В.

Канд. техн. наук, генеральный директор ООО «СУЭК-Хакасия», 655162, г. Черногорск, Россия



АЗЕВ В.А.

Доктор техн. наук, технический директор ООО «СУЭК-Хакасия», профессор ФГБОУ ВО «ХГУ им. Н.Ф. Катанова», доцент Хакасского технического института – филиала ФГАОУ ВО «СФУ», 655162, г. Черногорск, Россия

**ХАЖИЕВ В.А.**

Доктор техн. наук,
заведующий лабораторией
эффективной эксплуатации
оборудования ООО «НИИОГР»,
454020, г. Челябинск, Россия

**ЛЕВАНОВ И.Г.**

Доктор техн. наук, доцент кафедры
«Автомобильный транспорт»
ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)»,
старший научный сотрудник
лаборатории эффективной
эксплуатации оборудования
ООО «НИИОГР»,
454080, г. Челябинск, Россия

**МАСЛЮКОВ С.П.**

Младший научный сотрудник
лаборатории эффективной
эксплуатации оборудования
ООО «НИИОГР»,
аспирант кафедры
«Автомобильный транспорт»
ФГАОУ ВО «ЮрГУ (НИУ)»,
454020, г. Челябинск, Россия,
e-mail: maslyukovsergey@gmail.com

ность использования ресурса ДВС: скорость накопления частиц железа в отработанном масле ДВС, удельный расход дизельного топлива (ДТ). Выявлена зависимость эффективности использования ресурса ДВС от качества технологических дорог и квалификации водителей автосамосвалов, отражающих соответственно условия и режим работы этих машин. Представлены показатели, характеризующие качество технологических дорог и квалификацию водителей автосамосвалов, улучшение которых позволяет повышать эффективность использования ресурса ДВС и снижать расход ДТ.

Ключевые слова: автосамосвал, ДВС, надежность, эффективность, ресурс, условия работы, режим работы, технологическая дорога, квалификация водителя, расход дизельного топлива.

Для цитирования: Методический подход к повышению эффективности использования ресурса двигателя внутреннего сгорания Cummins QSK-60 автосамосвалов БелАЗ-75306 на примере разреза «Черногорский» / С.В. Канзычаков, В.А. Азев, В.А. Хажиев и др. // Уголь. 2024;(11):87-93. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-87-93.

Abstract

The paper discusses an approach to improving the efficiency of the combustion engine resource utilization for the BelAZ-75306 heavy-duty mine dump trucks based on predicting the limit state of the combustion engine using the results of oil analysis for the presence of metal particles. A criterion, which is defined by the ratio of the actual internal combustion engine service life to its maximum value for similar engines, achieved in comparable operating conditions, is proposed to assess the efficiency of the internal combustion engine resource utilization. The results of assessing the efficiency of engine resource utilization before and after the engine overhauls are presented for the conditions of the Chernogorsky strip mine. Indicators reflecting the effects of conditions and operating modes of the dump trucks on the resource utilization efficiency of the internal combustion engine are proposed, i.e. the rate of iron particles accumulation in the waste engine oil and the specific consumption of diesel fuel. A dependence is revealed between the resource utilization efficiency of the internal combustion engine and the haul road quality and qualification of the dump truck drivers, which reflect, respectively, the conditions and operating mode of these machines. Indicators are presented that characterize the quality of the haul roads and qualification of dump truck drivers, improvement of which helps to increase the efficiency of the internal combustion engine resource utilization and reduce the consumption of diesel fuel.

Keywords

Dump truck, internal combustion engine, reliability, efficiency, resource, operating conditions, operating mode, haul road, driver qualification, diesel fuel consumption.

For citation

Kanzychakov S.V., Azev V.A., Khazhiev V.A., Levanov I.G., Maslyukov S.P. Methodical approach to enhancing the resource utilization efficiency of the Cummins QSK-60 internal combustion engine with BelAZ-75306 dump trucks using the case of Chernogorsky open-pit mine. *Ugol'*. 2024;(11):87-93. (In Russ.). DOI:10.18796/0041-5790-2024-11-87-93.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевые термины:

Ресурс – суммарная наработка объекта от начала его эксплуатации или ее возобновления после капитального ремонта до перехода в предельное состояние. При достижении предельного состояния объект должен быть снят с эксплуатации, направлен на капитальный ремонт, списан, уничтожен или передан для применения не по назначению [1].

Условия работы оборудования – совокупность внешних факторов, влияющих на техническое состояние оборудования в процессе осуществления им своей функции.

Режим работы оборудования – характеристика качества управления оборудованием в процессе осуществления им своей функции в различных условиях работы.

Качество рабочей среды оборудования – сочетание условий и режима работы оборудования в единстве, обуславливающее эффективность использования его ресурса [2].

Практика показывает, что ресурс однотипных ДВС большегрузных карьерных автосамосвалов БелАЗ при работе в условиях одного предприятия существенно варьируется [3, 4]. Так, например, оценка надежности ДВС Cummins QSK-60, эксплуатируемых на автосамосвалах БелАЗ-75306 разреза «Черногорский», за период 2012-2023 гг. показала, что ресурс новых двигателей до первого капитального ремонта может различаться в 2,6 раза, между первым и вторым капитальным ремонтом – в 2,3 раза, между вторым и третьим – более чем в 20 раз (рис. 1). При условии, что ресурс всех ДВС соответствовал бы максимально достигнутому его значению в условиях рассматриваемого предприятия, то за 11 лет не потребовалось бы провести 18 капитальных ремонтов и приобрести 7 единиц новых ДВС, что, как следствие, позволило бы сэкономить 1,5-2 млрд руб. в ценах 2024 г.

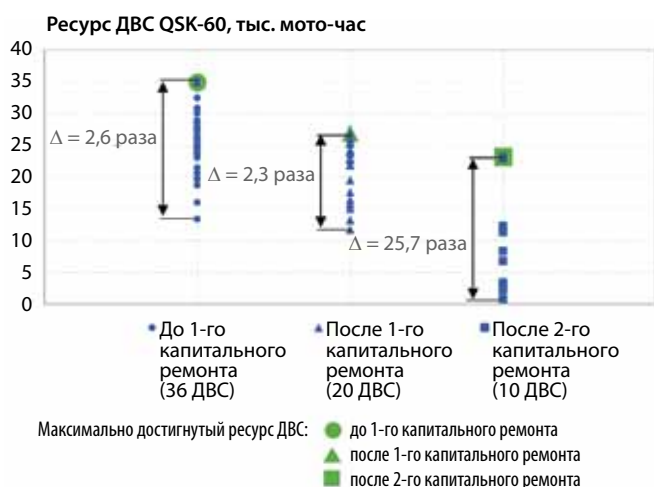


Рис. 1. Ресурс ДВС QSK-60 автосамосвалов БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» за период январь 2012 - июнь 2024 гг.

Fig. 1. Resource of internal combustion engine QSK-60 of BelAZ-75306 dump trucks at the «Chernogorsky» open-pit mine for the period January 2012 – June 2024

Значительное варьирование величины ресурса однотипных ДВС в условиях одного предприятия обусловлено воздействием определенных факторов, результаты исследования которых представлены в данной работе. Проводимое исследование осуществляется рабочей группой ООО «СУЭК-Хакасия» и лабораторией эффективной эксплуатации оборудования «Научно-исследовательский институт эффективности и безопасности горного производства» (НИИОГР, Челябинск).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Среди методов, позволяющих прогнозировать предельное состояние оборудования в процессе его работы, анализ масла занимает одно из важных мест. В данной связи для своевременного предупреждения выхода из строя ДВС QSK-60 в 2021 г. на разрезе «Черногорский» ввели в действие лабораторию по анализу масла на наличие различных металлов в нем. На базе данных этой лаборатории специалистами предприятия оценивается количество частиц железа¹ в отработанном масле ДВС, накопленно-го в период между техническим обслуживанием (ТО) автосамосвалов.

Из оценки функционирования лаборатории установлено, что, основываясь на ее результатах, возможно выявлять и впоследствии локализовывать факторы, негативное влияние которых в отношении технического состояния двигателя проявляется быстрой симптоматикой. К таким факторам, например, относятся: работа автосамосвала с загрузкой, существенно превышающей его номинальную грузоподъемность; сверхнормативная запыленность рабочей среды; использование некачественного масла и т.п. Вместе с тем исследование влияния таких факторов на величину ресурса ДВС показало, что их воздействие является значительным, но не определяющим. Поэтому только такой контроль технического состояния двигателей на разрезе «Черногорский» позволял не более чем в 20% случаях спрогнозировать приближение предельного состояния ДВС и, соответственно, снизить тяжесть последствий этого события.

Факторы, обуславливающие ресурс ДВС, характеризуются меньшим проявлением в краткосрочном периоде, поэтому их идентификация осуществлялась с помощью метода оценки накопительного эффекта. Данный метод применен для исследования зависимости эффективности использования ресурса ДВС от скорости накопления частиц железа в отработанном масле двигателя с начала ввода его в эксплуатацию и/или после возобновления работы вследствие капитального ремонта до наступления предельного состояния.

Эффективность использования ресурса ДВС ($K_{\text{ир}}$) определяется отношением фактического его ресурса к максимально достигаемой его величине однотипными двигателями при работе в сопоставимых условиях рабочей среды:

¹ Из химмотологических показателей моторного масла железо, поступающее в смазочную систему, наиболее полно характеризует условия эксплуатации дизеля. Изменение его параметра происходит в несколько раз быстрее, чем других, т.е. оно обладает большей информативностью и чувствительностью [5].

$$K_{np} = \frac{P_{\phi}}{P_{max}}, \quad (1)$$

где P_{ϕ} – фактический ресурс рассматриваемого ДВС, мото-час; P_{max} – максимально достигаемый ресурс однотипными ДВС, работающими в сопоставимых условиях рабочей среды, мото-час.

Скорость накопления частиц железа в отработанном масле ДВС ($V_{нч}$) определяется отношением суммарно накопленного количества частиц железа в масле за весь период его работы до предельного состояния к фактическому ресурсу рассматриваемого ДВС:

$$V_{нч} = \frac{N_{нч}}{P_{\phi}}, \quad (2)$$

где: $N_{нч}$ – суммарно накопленное количество частиц железа в отработанном масле ДВС за весь период его работы до предельного состояния, мг/кг.

Суммарно накопленное количество частиц железа в отработанном масле ДВС за весь период работы ($N_{нч}$) определяется суммой частиц железа, накапливаемых в период его работы между ТО, в которых была проведена замена масла ДВС:

$$N_{нч} = \sum_{i=1}^n N_{i'} \quad (3)$$

где: $N_{i'}$ – количество частиц железа во время анализа отработанного масла ДВС на i -ом ТО, мг/кг; n – количество ТО за весь период работы двигателя до предельного состояния, в которых была проведена замена масла.

В качестве объектов для исследования связи скорости накопления частиц железа в отработанном масле ДВС с его ресурсом рассмотрены результаты работы 21 двигателя QSK-60, ресурс которых до предельного состояния был выработан в период функционирования лаборатории.

С использованием формулы 1 и 2 определено, что скорость накопления частиц железа в отработанном масле ДВС варьируется до 12 раз и обуславливает изменение эффективности использования ресурса ДВС до 20 раз. Эта связь характеризуется экспоненциальной функцией с корреляционным отношением – 0,9 (рис. 2).

Скорость накопления частиц железа в отработанном масле ДВС отражает меру изнашивания трущихся деталей в результате получаемой функциональной нагрузки. Величину нагрузки на ДВС возможно определять посредством оценки величины расхода ДТ [6, 7, 8, 9, 10, 11]. Рассмотрение величины расхода ДТ в качестве показателя нагрузки на ДВС позволило выявить, что удельный расход ДТ в 95-ом процентиле² существенно влияет на скорость накопления частиц железа в отработанном масле ДВС и, как следствие, на эффективность использования ресурса двигателя (рис. 3).

В ходе исследования была сформирована выборка, включающая в себя информацию об удельном расходе ДТ при функционировании автосамосвалов БелАЗ-75306 в течение всей смены на маршрутах с одинаковым плечом

² Удельный расход ДТ в 95-ом процентиле – средневзвешенный расход ДТ в 5% сменах, характеризующихся наибольшим его значением.

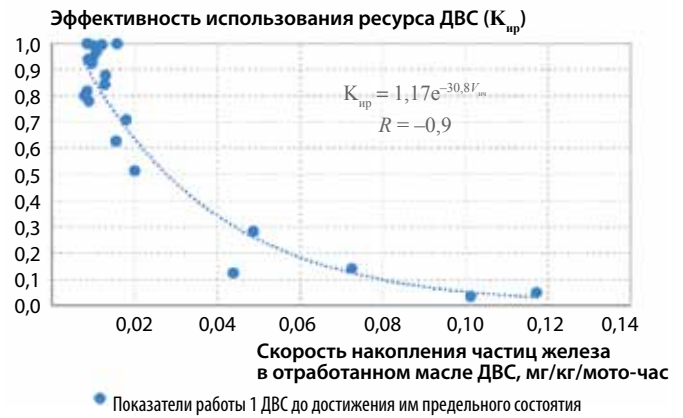


Рис. 2. График связи эффективности использования ресурса ДВС QSK-60 и скорости накопления частиц железа в отработанном масле ДВС автосамосвалов БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» за период январь 2021 – июнь 2024 гг.

Fig. 2. Graph of the relationship between the efficiency of resource use of the QSK-60 internal combustion engine and the rate of accumulation of iron particles in the used oil of the internal combustion engines of BelAZ-75306 dump trucks at the «Chernogorsky» open-pit mine for the period January 2021 – June 2024

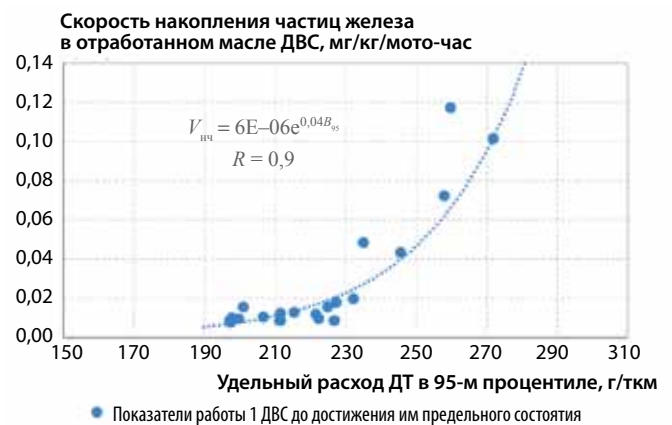
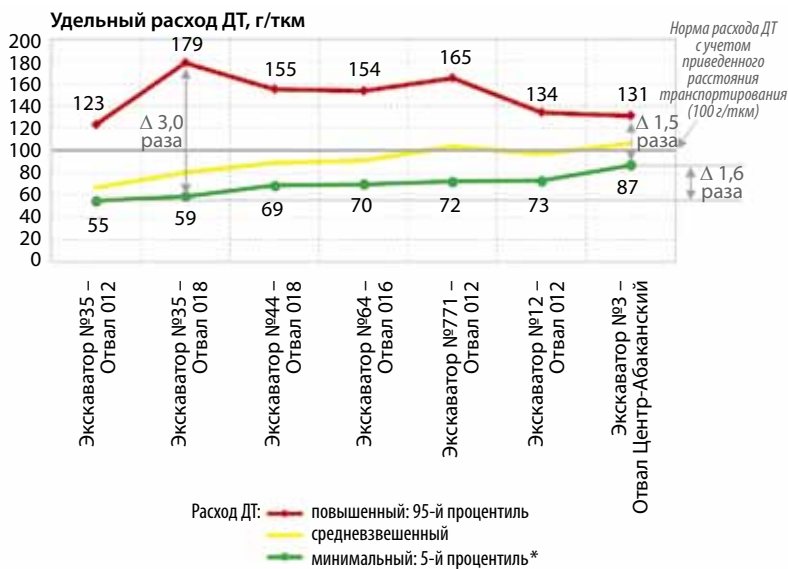


Рис. 3. График связи скорости накопления частиц железа в отработанном масле ДВС и удельного расхода ДТ в 95-м процентиле по автосамосвалам БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» за период январь 2021 – июнь 2024 гг.

Fig. 3. Graph of the relationship between the rate of accumulation of iron particles in the used oil of internal combustion engines and the specific consumption of diesel fuel at the 95th percentile for dump trucks BelAZ-75306 at the «Chernogorsky» open-pit mine for the period January 2021 – June 2024

транспортирования горной массы и в одинаковых условиях работы. Определено, что расход ДТ автосамосвалами данного типа при работе на одних маршрутах различается от 1,5 до 3 раз (рис. 4), расход ДТ водителями при работе на одном и том же автосамосвале и на одном маршруте различается от 1,1 до 3,6 раза (рис. 5). Данные различия свидетельствуют о различной квалификации водителей автосамосвалов и различном отношении к оборудованию [12, 13, 14, 15].

Выявленная разница по расходу ДТ предопределила необходимость оценки водителей автосамосвалов



* Удельный расход ДТ в 5-ом процентиле – средневзвешенный расход ДТ в 5% смен, характеризующихся наименьшим его значением.

Рис. 4. Оценка величины расхода ДТ автосамосвалов БелАЗ-75306 на разрезе «Черногорский» за 2023 г. (выборка включает 20 тыс. рейсов)
 Fig. 4. Estimation of diesel fuel consumption of BelAZ-75306 dump trucks at the «Chernogorsky» open-pit mine for 2023 (sample includes 20 thousand trips)

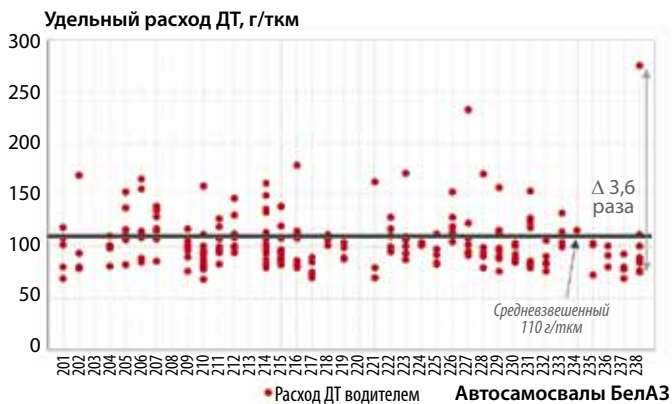


Рис. 5. Оценка величины расхода ДТ экипажей автосамосвалов БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» за 2023 г. (3 тыс. рейсов)
 Fig. 5. Estimation of diesel fuel consumption by crews of BelAZ-75306 dump trucks at the «Chernogorsky» mine for 2023 (3 thousand trips)

БелАЗ-75306 по показателям: удельный расход ДТ и производительность (рис. 6). Производительность оценивалась по выполнению сменной нормы, которая устанавливается с учетом приведенного расстояния транспортирования горной массы [16,17]. Анализ данных показателей по 174 водителям автосамосвалов БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» показал, что 74% водителей характеризуются неудовлетворительными значениями оцениваемых показателей. Только 26% водителей обеспечивают высокую производительность с приемлемым расходом ДТ. Методом сравнения режима работы водителей с лучшими и худшими показателями результативности их ра-

боты определены ключевые показатели их квалификации, влияющие на нагрузку автосамосвалов и эффективность использования ресурса ДВС. К таким показателям отнесены: полноценность выполнения ежесменного обслуживания, соблюдение скоростного режима, плавность начала хода движения, остановки автосамосвала и количество торможений, манера вхождения в поворот, подъема на уклонах и объезда препятствий, расположение автосамосвала под погрузку, соблюдение правил использования динамических и механических тормозов. По каждому выделенному показателю определены параметры³, по которым возможно оценивать уровень квалификации водителей и причиняемый ими вред предприятию в случае неудовлетворительного уровня квалификации.

Также, визуальная оценка величины расхода ДТ (см. рис. 4) позволила определить, что даже у высококвалифицированных водителей расход ДТ различается в 1,6 раза в зависимости от маршрута. Это свидетельствует о влиянии на расход ДТ качества дорожного полотна. Сравнение качества дорожного полотна маршрутов с лучшими и худшими величинами расхода ДТ позволило определить ключевые показатели состояния технологических дорог, влияющие на нагрузку автосамосвалов и эффективность использования ресурса ДВС. К таким показателям отнесены: уклон дороги и виражей, наличие колеи, выбоин, кочек, наледи, пыли и просыпей. По всем показателям были определены их рациональные параметры, по которым возможно оценивать состояние дорожного полотна и рассчитывать экономические потери исходя из фактического состояния дороги.

Характеристика водителей автосамосвала БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» за 2023 г.

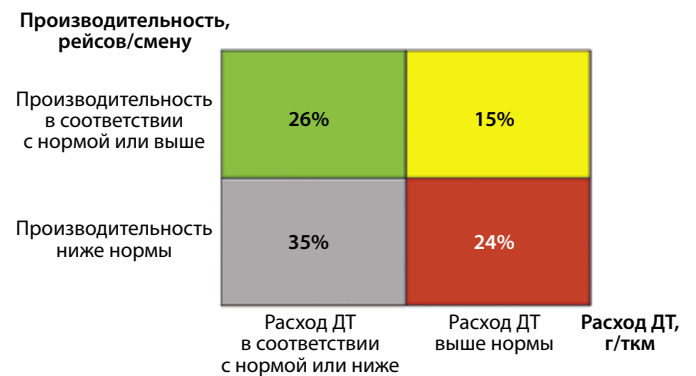


Рис. 6. Распределение водителей автосамосвала БелАЗ-75306 разреза «Черногорский» по результатам их работы в 2023 г.

Fig. 6. Distribution of BelAZ-75306 dump truck drivers of the «Chernogorsky» open-pit mine based on the results at their work in 2023

³ Параметр – числовое значение показателя.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Выявленные показатели квалификации водителей и качества дорожного полотна в единстве отражают качество рабочей среды автосамосвалов. Результаты исследования влияния качества рабочей среды автосамосвалов на величину расхода ДТ и эффективность использования ресурса ДВС послужили основой для разработки регламентов по периодической оценке и обучению водителей автосамосвалов, а также контролю качества технологических дорог, которые в настоящее время осваиваются на предприятиях ООО «СУЭК-Хакасия». На примере разреза «Черногорский» рассчитано, что повышение квалификации водителей и доведение параметров технологических дорог до уровня лучших на этом предприятии, в качестве первого этапа практической реализации данной работы, позволят сократить общий расход ДТ до 20% и увеличить эффективность использования ресурса ДВС до 40%.

Направления дальнейшего исследования:

– обеспечение идентификации в системе диспетчеризации участков дорог с неудовлетворительным состоянием и агрессивного режима работы автосамосвалов посредством автоматизации учета и оценки удельного расхода ДТ, скоростного режима этих машин и скорости накопления частиц железа в масле ДВС;

– разработка экономико-математической модели определения рационального качества рабочей среды автосамосвалов;

– адаптация подхода к повышению эффективности использования ресурса ДВС Cummins QSK-60 большегрузного карьерного автосамосвала БелАЗ-75306 к ДВС других видов автосамосвалов и экскаваторов.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенного исследования позволили сформулировать научные положения, в совокупности представляющие собой методический подход к повышению эффективности использования ресурса ДВС.

Научные положения:

– критерием эффективности использования ресурса ДВС является соотношение величины фактического его ресурса и максимально достигаемой величины однотипных двигателей в сопоставимых условиях рабочей среды;

– деятельность по повышению эффективности использования ресурса ДВС базируется на выявленной связи величины этого показателя с качеством рабочей среды автосамосвала, отражаемым скоростью накопления частиц железа в отработанном масле ДВС с начала ввода этого двигателя в эксплуатацию и/или после возобновления работы вследствие капитального ремонта;

– рациональное качество рабочей среды карьерных автосамосвалов определяется исходя из расчета экономически целесообразного соотношения затрат на приобретение и капитальный ремонт ДВС и затрат на повышение квалификации водителей, а также улучшение и поддержание определенного качества дорожного полотна для этих машин.

Список литературы • References

- ГОСТ 27.002-89. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.11.1989. № 3375.
- Хажиев В.А. Обоснование рациональной производительности экскаваторов-мехлопат в различных условиях эксплуатации на угледобывающих предприятиях: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург: 2010. 115 с.
- Задорожная Е.А., Маслюков С.П. Обзор структуры внезапных выходов из строя узлов трения автосамосвалов «БЕЛАЗ» на разрезе «Черногорский» // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2022. Т. 22. № 2. С. 64-73. DOI: 10.14529/engin220206.
Zadorozhnaya E.A., Maslyukov S.P. Review of the structure of unscheduled faults of friction assembly of BELAZ dump trucks at the Chernogorsky mine. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya, Mashinostroenie*. 2022;22(2):64-73. (In Russ.). DOI: 10.14529/engin220206.
- Байкин В.С., Натейкин В.Ю., Маслюков С.П. Возможности совершенствования систем учета технико-экономических показателей горнодобывающих предприятий с использованием расчетов безотказности оборудования (на примере автосамосвалов разреза «Черногорский») // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2023. Т. 23. № 3. С. 17-26. DOI: 10.14529/engin230302.
Baikin V.S., Nateikin V.Yu., Maslyukov S.P. Possibilities for improving the systems for accounting the technical and economic indicators of mining enterprises using equipment reliability calculations (on the example of dump trucks of the Chernogorskiy mine). *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya, Mashinostroenie*. 2023;23(3):17-26. (In Russ.). DOI: 10.14529/engin230302.
- Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля как средство оптимизации системы технического обслуживания: автореф. ... дис. канд. техн. наук. М., 2007. 18 с.
- Гулати Р. Техническое обслуживание и надежность. Лучшие практики. Екатеринбург: К.А. Зырянов, 2023. 792 с.
- Raposo H., Farinha J.T., Fonseca I., Ferreira L.A. Condition Monitoring with Prediction Based on Diesel Engine Oil Analysis: A Case Study for Urban Buses. *Actuators*. 2019;(8). DOI: 10.3390/act8010014.
- Galbadrakh Sandag, Purevsuren Jamyan-Osor, Odgerel Natsag. Development of diagnostic parameters for assessing the operation of a diesel engine on site. *Mongolian Journal of Agricultural Sciences*. 2023;(16)38. DOI: <https://doi.org/10.5564/mjas.v16i38.3131>.
- Fan B., Feng S., Che Y. et al. An oil monitoring method of wear evaluation for engine hot tests. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018;(94):3199-3207. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9473-8>.
- Nagy A.L., Knaup J., Zsoldos I. Investigation of Used Engine Oil Lubricating Performance Through Oil Analysis and Friction and Wear Measurements. *Acta Technica Jaurinensis*. 2019;12(3):237-251.
- Chmielewski Z. Cylinder liner wear as a function of selected physicochemical indicators of engine oil. *Combustion Engines*. 2021;187(4):60-64. <https://doi.org/10.19206/CE-141878>.
- Глушченко А.А., Зейнетдинов Р.А., Вайчик И.С. Диагностирование двигателя по содержанию продуктов износа в картерном масле // Известия СПбГАУ. 2015. № 41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostirovanie-dvigatelya-po-soderzhaniyu-produktov-iznosa-v-karternom-masle> (дата обращения: 15.10.2024).
Glushchenko A.A., Zeinetdinov R.A., Vaychik I.S. Engine diagnostics by the content of wear products in the crankcase oil. *Izvestiya Sankt-*

- Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015;(41). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostirovanie-dvigatelya-po-soderzhaniyu-produktov-iznosa-v-karternom-masle> (accessed 15.10.2024). (In Russ.).
13. Бойков В.П., Абдураззоков У.А., Анваржонов А.А. Анализ дорожных условий эксплуатации карьерных самосвалов в Республике Узбекистан // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии. 2023:118-124. Boikov V.P., Abdurazzokov U.A., Anvarzhonov A.A. Analysis of road conditions of operation of mining dump trucks in the Republic of Uzbekistan. *Transport i transportnye sistemy*. 2023:118-124. (In Russ.).
 14. Клебанов А.Ф., Сиземов Д.Н., Кадочников М.В. Комплексный подход к удаленному мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации карьерного автосамосвала // Горная промышленность. 2020. № 2. С 75-81. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-75-81. Klebanov A.F., Sizemov D.N., Kadochnikov M.V. Integrated Approach to Remote Monitoring of Technical and Operating Conditions of Mine Dump Trucks. *Gornaya promyshlennost'*. 2020;(2):75-81. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-2-75-81.
 15. Рекомендации по эксплуатации и улучшению качества содержания карьерных автодорог Олимпиадинского и Благодатного горно-обогатительных комбинатов / А.Г. Журавлев, В.А. Черепанов, В.А. Карпов и др. // Горная промышленность. 2023. № 5. С. 88-95. Zhuravlev A.G., Cherepanov V.A., Karpov V.A., Nevezhin A.Yu. Recommendations on operation and improvement in the quality of in-pit road maintenance at the Olympiadinsky and Blagodatny mining and processing plants. *Gornaya promyshlennost'*. 2023;(5):88-95. (In Russ.).
 16. Довженок А.С. Я и автотранспорт: что удалось понять и какие новые вопросы появились, Челябинск: Титул, 2022. С. 27.
 17. Довженок А.С. Повышение эффективности карьерного транспорта совершенствованием параметров его подсистем с использованием энергетического критерия: дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург: 1992. 124 с.

Authors Information

Kanzychakov S.V. – PhD (Engineering), General Director, SUEK-Khakassia LLC, Chernogorsk, 655162, Russian Federation

Azev V.A. – Doctor of Engineering Sciences, Technical Director, SUEK-Khakassia LLC, Chernogorsk, 655162, Russian Federation, Professor, Khakassian State University named after N.F. Katanov, Chernogorsk, 655162, Russian Federation, Associate Professor, Khakassian Technical Institute, Branch of the Siberian Federal University, Abakan, 655017, Russian Federation

Khazhiev V.A. – Doctor of Engineering Sciences, Head of the Laboratory of Efficient Equipment Operation, Institute of Efficiency and Safety of Mining Production ("NII OGR" LLC), Chelyabinsk, 454020, Russian Federation

Levanov I.G. – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Automobile Transportation Department, South Ural State University, Chelyabinsk, 454080, Russian Federation, Senior Researcher, Laboratory of Efficient Equipment Operation, Institute of Efficiency and Safety of Mining Production ("NII OGR" LLC), Chelyabinsk, 454020, Russian Federation

Maslyukov S.P. – Junior Researcher, Laboratory of Efficient Equipment Operation, Institute of Efficiency and Safety of Mining Production ("NII OGR" LLC), Chelyabinsk, 454048, Russian Federation, Postgraduate student, Automobile Transportation Department, South Ural State University, Chelyabinsk, 454020, Russian Federation, e-mail: maslyukovsergey@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию: 3.10.2024

Поступила после рецензирования: 17.10.2024

Принята к публикации: 28.10.2024

Paper info

Received October 3, 2024

Reviewed October 17, 2024

Accepted October 28, 2024

Якутуголь завершил отгрузку угля в рамках северного завоза



Компания «Якутуголь» (АО ХК «Якутуголь», входит в Группу «Мечел») своевременно и в полном объеме завершила отгрузку угля с разреза «Джебарики-Хая» на предприятия ЖКХ Республики Саха (Якутия) в рамках северного завоза водным транспортом.



Северный завоз – государственная программа, направленная на обеспечение территорий Крайнего Севера жизненно важными товарами, прежде всего продовольствием, лекарствами и топливом.

По итогам летней навигации горняки Якутугля направили 122 тыс. т угля основным потребителям – предприятиям жилищно-коммунального хозяйства северных и центральных районов республики. С мая по октябрь 2024 г. компания отгружала топливо в Амгинский, Верхневилюйский, Верхоянский, Жиганский, Усть-Майский и Алданский улусы.

«Коллектив Якутугля в полной мере обеспечил государственный заказ, выполнив взятые на себя обязательства по отгрузке угольной продукции для стабильной работы предприятий ЖКХ Крайнего Севера», – отметил **управляющий директор АО ХК «Якутуголь» Сергей Коломников**.

Пресс-служба АО ХК «Якутуголь»