

УДК 622.684

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАГРУЗКИ НА НАДЕЖНОСТЬ РЕДУКТОРОВ МОТОР-КОЛЕС КАРЬЕРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

### EVALUATION OF THE OPEN PIT VEHICLES LOADING INFLUENCE ON THE RELIABILITY OF MOTOR – WHEEL REDUCERS

Стенин Дмитрий Владимирович,  
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: stenindv@mail.ru

Stenin Dmitry V., C. Sc., Associate Professor

Стенина Наталья Александровна,  
кандидат техн. наук, доцент, e-mail: stnat33@mail.ru

Stenina Natalia A., C. Sc., Associate Professor

Воронов Юрий Евгеньевич,  
докт. техн. наук, проф.,  
Voronov Yuri E., D.Sc. (Engineering), Professor

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

Kuzbass State Technical University, Vesennaya street 28, Kemerovo, 650000, Russia

**Аннотация.** Целью работы является повышение эффективности использования автосамосвалов, используемых при добыче полезных ископаемых открытым способом, за счет повышения их эксплуатационной надежности, уменьшения количества отказов, уменьшения длительности пребывания автомобилей в ремонте и, как следствие, снижение себестоимости конечного получаемого продукта.

В статье описан способ повышения надежности и, как следствие, эффективности использования карьерных автомобилей, эксплуатирующихся на угольных разрезах. В результате проведенной работы разработана методика, позволяющая определить такую загрузку, при которой надежность как отдельных узлов и агрегатов, так и автомобиля в целом максимальная. Исследования основаны на данных, полученным экспериментальным путем в реальных условиях эксплуатации карьерных автомобилей. В ходе обработки экспериментальных данных были получены регрессионные зависимости температуры масла в редукторах мотор-колес карьерных автомобилей от факторов, характеризующих условия эксплуатации. Кроме того, оценена степень влияния на температуру каждого из этих факторов. В дальнейшем, используя полученные зависимости, решена практическая задача определения продолжительности простоя в ремонте автомобилей.

Данная работа имеет большое значение с научно-практической точки зрения, так как полученные результаты являются неотъемлемой частью методики, позволяющей оперативно определять рациональные значения загрузки самосвалов, используемых при добыче полезных ископаемых открытым способом, при изменении условий эксплуатации.

**Abstract.** The purpose of the work is to increase efficiency in the use of dump trucks in open pit mining by improving operational reliability, reducing bounce rates, reducing the length of the vehicle repairing and, as a result, the cost of the final product.

The article describes how to improve the reliability as well as the efficiency of the use of trucks operating in open-pit mining. The work's result is the methodology that allows to define the loading reliability of all vehicles. The study is based on data obtained experimentally in real conditions of trucks operating. In experimental data processing it was proved the oil temperature regression motor-wheels trucks dependence from factors that characterize operational conditions. In addition, it was estimated the particular influence of all these factors on the oil temperature. Subsequently, using the obtained dependence, the practical problem of determining the length of vehicle repair was solved.

This work has a great scientific and practical importance because the results can determine the rational values of loading dump trucks used in open pit mining, measuring the operating conditions.

**Ключевые слова:** Карьерный автомобиль, редуктор мотор-колеса, температура масла редуктора, надежность, загрузка автомобилей.

**Keywords:** Open-pit vehicle, motor-wheel reducer, oil temperature, reliability, vehicle loading.

#### Введение

Наиболее распространенными моделями карь-

ерных автомобилей, используемых при добыче полезных ископаемых открытым способом, явля-

ются автомобили грузоподъемностью 130–220 т, преимущественно марки БелАЗ. [1].

Как показывают исследования, интенсивность снижения технической готовности карьерных автомобилей составляет 1,8–3% в год [2].

Условия работы автомобилей, которые негативно сказываются на работоспособности, надежности и, как следствие, на себестоимости конечного получаемого продукта, предъявляют повышенные требования к используемым при эксплуатации горюче-смазочным материалам. Свойства таких материалов изменяются интенсивнее параметров технического состояния элементов автомобиля, и являются индикатором состояния узлов и агрегатов.

Причиной увеличения температуры масла редуктора мотор-колес (РМК) карьерных автомобилей является ухудшение его технического состояния [3]. Тепловой режим РМК взаимосвязан с параметрами его состояния, значение которых изменяются от номинальных до предельных. Изменение технического состояния РМК, как и других агрегатов карьерных автомобилей, зависит от режимов их работы, характеризующихся условиями эксплуатации [4].

Основной причиной изменения технического состояния РМК является превышение температуры масла в нем выше критической. Исследования по определению влияния условий эксплуатации на тепловой режим работы РМК карьерных автомобилей позволили выявить большое количество простоев их в ремонте и, связанных с ними, потерь при добыче полезных ископаемых. Основная часть простоев вызвана отказами и неисправностями различных систем автомобилей, основная часть которых приходится на несущую систему (28%) [5]. Больше трети этих простоев возникает по причине отказов редукторов мотор-колес [6].

В связи с вышесказанным и была сформулирована **цель работы**: определение влияния загрузки карьерных самосвалов на тепловой режим работы и надежность их редукторов мотор-колес.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- выделить факторы, оказывающие влияние на тепловой режим работы РМК и оценить степень значимости каждого из них;
- разработать модель регрессии температуры масла редукторов мотор-колес от исследуемых факторов;
- установить зависимость продолжительности простоев карьерных самосвалов в ремонте от температурного режима работы РМК и, как следствие, от степени их загрузки для конкретных условий эксплуатации.

**Объектом исследования** являются температурный режим РМК карьерных самосвалов, а также характер его влияния на техническое состояние и эффективность эксплуатации карьерных автосамосвалов.

### Научная новизна

работы заключается:

- в определении влияния на температуру масла РМК эксплуатационных показателей, основным из которых является коэффициент использования грузоподъемности;
- в разработке модели регрессии, позволяющей определить влияние основных эксплуатационных показателей на температурный режим РМК;
- в установлении зависимостей показателей надежности редуктора от температуры масла и от коэффициента использования грузоподъемности.

При выполнении работы использовались методы статистической обработки данных и построения регрессионных моделей, анализа и синтеза, математическое моделирование и аппарат линейного программирования.

Основные работы в области повышения надежности и эффективности карьерного автомобильного транспорта принадлежат следующим ученым: М. В. Васильев [7], А. А. Кулешов [8], М. Г. Потапов, В. П. Смирнов [9]. Наработки, выполненные А. К. Вернацким, Е. К. Почтенным, А. А. Ракитским и на заводе-изготовителе карьерных автосамосвалов БелАЗ А. Н. Казарезом [10]. Одним из ведущих специалистов в области надежности и качества горных машин – Г. И. Солодом [11] была предложена методика безэкспертной оценки качества горных машин.

В работе [12] автор утверждает, что опыт эксплуатации трансмиссий автомобилей показывает, что их работоспособность существенно зависит от теплового состояния агрегатов, которые работают в широком диапазоне температурных режимов. Несмотря на хорошие условия их охлаждения, встречаются случаи, когда температура масла превышает 120 °С и даже 170 °С.

Исследования показывают, что снижение надежности агрегатов горного оборудования с замкнутой системой смазки происходит из-за ухудшения технического состояния самих агрегатов в результате износа, качественного изменения свойств работающего масла [13].

Работающее масло несет комплексную информацию, позволяющую не только диагностировать и прогнозировать техническое состояние объекта, но и описывать различные процессы, протекающие в нем, что дает возможность выявлять причины снижения надежности и оценивать их количественно [14].

Также в работе [13] установлено, что техническое состояние редукторов объективно оценивать по температуре работающего масла, критическое значение которой составляет 120 °С.

Также установлено, что нет работ, посвященных разработке модели определения рационального коэффициента использования грузоподъемности с учетом температурного режима РМК карьерных автомобилей. Следовательно, разработка данной модели является актуальной задачей.

Необходимость разработки модели вызвана постоянно усложняющимися горнотехническими и горно-геологическими условиями работы карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов, что негативно влияет на тепловое состояние РМК карьерных автомобилей.

### Материалы и методы

При оценке теплового режима работы РМК, в качестве основных влияющих факторов, выбраны следующие показатели: коэффициент использования грузоподъемности ( $\gamma_{gr}$ ), характеризующий загрузку автомобилей; расстояние транспортирования груза ( $L_{eg}$ ); продольный уклон дороги ( $i$ ); температура окружающего воздуха ( $t_{ov}$ ).

Экспериментальные исследования по определению влияния условий эксплуатации на тепловой режим редукторов мотор-колес карьерных автомобилей проводились в условиях ОАО «Талдинский угольный разрез» филиала «УК «Кузбассразрезуголь». Для объективности и точности полученных данных исследования проводились на протяжении двух лет, что дало возможность оценить показания во время различных сезонов.

Для проведения экспериментальных исследований были использованы измерительные приборы. Температурный режим РМК оценивался двумя способами и двумя приборами, имеющими достаточно высокую точность и малую погрешность: первый способ – фиксировалась температура масла РМК через заливную пробку с помощью цифрового прибора – мультиметр цифровой СММ-40 (номер в Госреестре 44990-10).

После остановки автосамосвала и выгрузки породы в отвал, откручивалась заливная пробка РМК, опускались датчики, и измерялась температура масла. Данный способ был более трудоемким и требовал дополнительного времени для измерения температуры масла.

Второй способ – фиксировалась температура непосредственно корпуса редуктора с помощью инфракрасного прибора – инфракрасный неконтактный пиrometer Center 350 (номер в Госреестре 27523-04).

В ходе наблюдений было установлено, что разница между температурой масла и температурой корпуса РМК и при измерении между этими двумя приборами составила 16 °С. Чтобы не создавать дополнительных простоев автосамосвалов, измерения температуры проводились вторым способом, а затем данное значение прибавлялось к полученным результатам. На начальном этапе наблюдений производились измерения температуры масла в обоих редукторах. Так как было установлено, что эти значения практически одинаковые, далее замеры проводились только по правому редуктору.

До настоящего времени подобные исследования проводились только один раз и имели цель – оптимизировать периодичность технического обслуживания и планового (регламентированного) ремонта

карьерных автомобилей.

### Результаты и обсуждение

Как уже сказано выше, температура масла РМК ( $t_m$ ) является наиболее информативным показателем его технического состояния. При перегреве масло теряет свои свойства, происходит повышенный износ сопряженных поверхностей и деталей редукторов. Под тепловым режимом понимается изменение температуры масла РМК в различных условиях эксплуатации карьерных автомобилей.

Несмотря на охлаждение, максимальное, а зачастую и среднее, значения температуры масла в РМК превышают критическое значение 120 °С. Максимальное значение температуры масла в РМК зафиксировано в летнее время (при температуре окружающего воздуха около 30°С) на уровне 161 °С (БелАЗ-75302) [15]. При таких температурах ухудшаются вязкость и другие свойства масел, ухудшаются условия работы всех элементов редуктора. А так как надежность любых узлов и агрегатов существенно зависит от их теплового режима работы, то прогнозирование и поддержание температуры масла в допускаемых пределах является актуальной задачей, решение которой позволяет поддерживать в технически исправном состоянии как РМК, так и автомобиль в целом.

Для оценки значимости исследуемых показателей рассчитаны коэффициенты корреляции, характеризующие степень влияния на температуру масла в редукторах. Значения коэффициентов определены для наиболее распространенных моделей самосвалов и для обобщенной совокупности «Все БелАЗы».

Анализ полученных значений (рис. 1) показывает, что наиболее тесная связь наблюдается между температурой масла РМК и температурой окружающего воздуха, а также между температурой масла РМК и коэффициентом использования грузоподъемности. Таким образом, наибольшее влияние на изменение температуры масла в редукторах мотор-колес карьерных автомобилей оказывают эти два, вышеизложенные показатели [16].

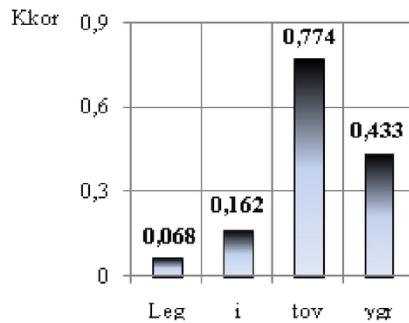


Рисунок 1. Значения линейного коэффициента корреляции (Kkor) для выборки «Все БелАЗы»

Учитывая тот факт, что имеется возможность

Таблица. Уравнения регрессии для выборок самосвалов «БелАЗ» по группам

Группа выборки	Полученные уравнения регрессии
БелАЗ-75131	$t_m = 51,74 + 35,9 \cdot \gamma_{ep} + 0,77 \cdot t_{oc} + 1,03 \cdot L_{eg} + 1,95 \cdot i$
БелАЗ-75302	$t_m = 89,77 + 27,07 \cdot \gamma_{ep} + 0,92 \cdot t_{oc} + 1,38 \cdot L_{eg} + 1,73 \cdot i$
БелАЗ-75306	$t_m = 70,72 + 22,99 \cdot \gamma_{ep} + 0,94 \cdot t_{oc} + 1,12 \cdot L_{eg} + 1,28 \cdot i$
«Все БелАЗы»	$t_m = 70,83 + 27,09 \cdot \gamma_{ep} + 1,04 \cdot t_{oc} + 0,38 \cdot L_{eg} + 1,43 \cdot i$

изменить только один из двух указанных факторов (коэффициент использования грузоподъемности), так как возможность влияния на температуру окружающего воздуха отсутствует, то оперативное управление этим показателем позволит для любых условий эксплуатации разработать такие рекомендации, при которых ресурс РМК будет максимальным. Однако пренебрегать остальными рассмотренными показателями нельзя, так как они также оказывают влияние на температуру масла РМК. Поэтому наиболее достоверным будет рассмотрение влияния всей совокупности показателей, что обуславливает необходимость создания модели регрессии.

Для повышения точности расчетов определение коэффициентов корреляции осуществлялось методом наименьших квадратов для всех исследуемых групп автомобилей: БелАЗ-75131, -75302, -75306 и группы «Все БелАЗы».

В результате расчетов и обработки данных получены эмпирические зависимости для определения температуры масла РМК при эксплуатации автомобилей в различных условиях, представленные в таблице.

Анализ погрешности уравнений регрессии расчета по критерию Фишера показал их статистическую значимость с вероятностью 0,95 [17].

Уравнение регрессии для группы «Все БелАЗы» имеет незначительную погрешность по сравнению с другими тремя уравнениями, поэтому для дальнейших расчетов используется общая формула, которая описывает тепловой режим работы РМК для всех марок автомобилей особо большой грузоподъемности [18]:

$$t_m = 70,83 + 27,09 \cdot \gamma_{gr} + 1,04 \cdot t_{ov} + 0,38 \cdot L_{eg} + 1,43 \cdot i$$

Следующим этапом при определении зависимости продолжительностиостоя автомобилей в ремонте ( $D_{rep}$ ) от коэффициента использования грузоподъемности является определение таких функций, как:  $D_{rep} = f(t_m)$ .

Благодаря использованию температуры масла, как параметра для определения теплового режима РМК карьерных автомобилей, можно решить такие задачи как:

- сокращение простоев из-за отказа РМК;
- уменьшение затрат на текущий ремонт РМК;
- уменьшение днейстоя в ремонте.

Для определения численных значений параметров уравнения использован метод наименьших

квадратов, выполнен поиск решения и решена система нормальных уравнений.

Для описания зависимости выбрана экспоненциальная функция:

$$y = a_1 \cdot e^{a_2 \cdot x}$$

Для определения коэффициентов  $a_1$  и  $a_2$  уравнения экспоненциальной корреляционной связи система нормальных уравнений следующая:

$$\begin{cases} \sum lny = n \cdot \ln a_1 + a_2 \cdot \sum x, \\ \sum x \ln y = \ln a_1 \cdot \sum x + a_2 \cdot \sum x^2 \end{cases}$$

где  $n$  – количество замеров.

В результате определено, что продолжительностьостоя автомобиля в ремонте ( $D_{rep}$ ) по причине отказа редукторов определяется по формуле:

$$D_{rep} = 0,0093 \cdot e^{0,0555 \cdot t_m}$$

Таким образом, решены поставленные задачи и достигнута цель данной работы. А именно, установлена взаимосвязь между загрузкой карьерного автосамосвала и тепловым режимом работы его редукторов мотор-колес. А также, определена зависимость продолжительностиостоя самосвалов в ремонте, по причине неисправности редукторов, от коэффициента использования грузоподъемности.

### Заключение

Используя полученное уравнение и регрессионные зависимости, в качестве примера, произведен расчет для конкретных условий эксплуатации автомобилей на Талдинском угольном разрезе, который показал, что при снижении температуры масла от критического значения на 25%, количество отказов редуктора уменьшается более, чем на 20 %, а при увеличении до максимально зафиксированного значения (161°) – увеличивается в 9 раз.

Так, используя полученную методику определения рационального уровня загрузки с учетом теплового режима работы редукторов мотор-колес, существует возможность определить такие режимы работы большегрузных автомобилей, при которых надежность и ресурс максимальные. Однако, при изменении хотя бы одного из условий эксплуатации результат приходится пересчитывать, что значительно трудоемко, учитывая количество формул в методике. Поэтому целесообразна разработка имитационной модели, позволяющей оперативно определять рациональное значение коэффициента использования грузоподъемности при изменении условий эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мариев, П. А. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / П. А. Мариев, А. А. Кулешов, А. Н. Егоров, И. В. Зырянов. – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.
2. Анистратов, К. Ю. Исследование закономерностей изменения показателей работы карьерных самосвалов в течении срока их эксплуатации /К. Ю. Анистратов, М. С. Градусов, В. Я. Стремилов, М.В. Тетерин //Горная промышленность, 2006. – №6
3. Бердик, Б. Г. Смазочное масло как элемент конструкции, неразрушающего контроля и диагностики техники при эксплуатации по состоянию // Контроль. Диагностика, 2005. – № 5, С. 23–26.
4. Богданов, С. А. Разработка метода определения изменения технического состояния агрегатов трансмиссии автомобилей по показателям их теплового состояния // Автореф. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. – Харьков, 1987. – 23 с.
5. Кабикенов, С. Ж. Методика сбора и обработки информации по эксплуатационной надежности деталей и узлов карьерных самосвалов/ С. Ж. Кабикенов, Т. С. Интыков, Э. Ж. Кызылбаева //Горный журнал, 2015. – №9.
6. Ишин, Н. Н. Оценка уровня вибраций и остаточного ресурса редукторов мотор-колес карьерных самосвалов БелАЗ / Н. Н. Ишин, А. М. Гоман, А. С. Скороходов, Л. И. Трухнов //Горный журнал, 2014. – №9.
7. Васильев, М. В. Эксплуатация карьерного автотранспорта / М. В. Васильев, В. П. Смирнов, А. А. Кулешов. – М.: Недра, 1979. – 280 с.
8. Кулешов, А. А. Выбор оптимальной типажной структуры экскаваторно-автомобильных комплексов для условий конкретного карьера. – Ленинград, 1989. – 70 с.
9. Смирнов, В. П. Теория карьерного большегрузного транспорта / В. П. Смирнов, Ю. И. Лель. – Екатеринбург: УрО РАН, 2002. – 355 с.
10. Казарез, А. А., Эксплуатация карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией / А. А. Казарез, А. А. Кулешов. М.: Недра, 1988. – 264 с.
11. Солод, Г. И. Повышение долговечности горных машин / Г. И. Солод, К. И. Шахова, В. И. Русихин. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.
12. Зайцев, А. В. Разработка метода теплового расчета ведущих мостов автомобилей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Курган, 1999. – 19 с
13. Кудреватых, А. В. Обоснование методов и параметров диагностирования редукторов экскаваторно-автомобильных комплексов: дис. ... канд. техн. наук. – Кемерово, 2010. – 187 с.
14. Абабков, Н. В. Исследование структуры и свойств металла корпуса ступиц редуктор-мотор колеса БелАЗ-7555 после ремонта /Н.В. Абабков // Вестник Кузбасского государственного технического университета, – . 2016. – № 1. – С.129-135
15. Хорешок, А. А. Влияние условий эксплуатации на тепловое состояние редукторов мотор-колес автосамосвалов БелАЗ / Хорешок А. А., Стенин Д. В., Стенина Н. А. // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2012. – № 2. – С. 28–30.
16. Стенина, Н. А. Оценка значимости исследуемых параметров, влияющих на теплонагруженность редукторов мотор-колес (РМК) карьерных автосамосвалов / Н. А. Стенина, Д. В. Стенин, А. А. Хорешок // Россия молодая: Материалы IV Всероссийской, 57 научно-практической конференции молодых ученых. – КузГТУ, Кемерово, 2012. С. 319–321.
17. Ефимова, М. Р. Практикум по общей теории статистики: учебник / М. Р. Ефимова, О. И. Ганченко, Е. В. Петрова. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 208 с.
18. Стенин, Д. В. Использование корреляционного анализа при оценке теплового состояния редукторов мотор-колес карьерных автосамосвалов БелАЗ / Д.В. Стенин, Н.А. Стенина // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири: Материалы IX Международной научно-практической конференции «СИБРЕСУРС 2012». – Кемерово, 2012. С.133–137.

## REFERENCES

1. Mariev P.A., Kuleshov A.A., Egorov A.N., Zyrianov I.V. Open-pitvehicles: status and prospects. Spb, Nauka, 2004, pp: 429.
2. Anistratov K.Y. Gradysov M.S., Stremilov V.I., Teterin M.V. Study patterns of performance change of dump trucks during their lifetime. Mining, 2006, No. 6
3. Berdick B.G. Lubricating oil as a design element, nondestructive testing and Diagnostics technology in operation as of controls. Diagnostics, 2005, No. 5, pp: 23-26.
4. Bogdanov S.A. Development of a method to determine the change of the technical state of transmission units of automobiles on thermal condition indicators//Kateg. atsoisk. Ouch. the degree Cand. Tech. Sciences. Kharkov, 1987, 23 since.

5. Kabikenov S.J., Intykov T.S., Kyzylbaeva E.J. Methodology for collecting and processing information on the reliability of components and units of dump trucks. Mountain magazine, 2015, No. 9.
6. Ishin N.N. Goman A.M., Skorokhodov A.S., Truhnov L.I. Evaluation of the level of vibration and residual resource of gearboxes motor-wheel dump trucks BELAZ. Mining magazine, 2014. No. 9.
7. Vasilyev M.V., Smirnov V.P., Kuleshov A.A. Exploitation of mining vehicles. Moscow. Nedra. 1979. pp:280.
8. Kuleshov A.A. Choice of optimal structure tipagnoj Digger-car systems for career-specific conditions. Leningrad. 1989. pp: 70.
9. Smirnov V.P., Lel. Y.I. Theory of open-pit transport. Ekaterinburg. URO RAN. 2002. pp:355.
10. Kazarez A.A., Kuleshov A.A. Operation of the quarry dump trucks with electromechanical transmission.. M.: Nedra. 1988. pp: 264.
11. Solod G.I., Shakhova K.I., Rusihin V. I. The increase of durability of mining machines. Moscow. Mashinostroenie. 1979. pp: 184.
12. Zaitsev A.V. Development of a method for thermal driving axles. Kateg. Dees. ... Cand.Tech. Sciences. -BARROW, 1999.-19 p
13. Kudrevatykh A.V. Substantiation of methods and parameters for the diagnosis of gearboxes Digger-automotive complexes: DIS. ... Cand.Tech. Sciences. Kemerovo. 2010. pp:187.
14. Ababkov N.V. Research of structure and properties of metal shell gearbox wheel motor hub of BELAZ-7555 after repair. Vestnik of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev. 2016. No. 1. pp: 129-135
15. Horeshok A.A. Stenin D.V., Stenina N.A. Influence of operating conditions on the thermal state of the gearboxes motor-wheel dump trucks Belaz. Vestnik of the Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev. 2012. No 2. pp: 28-30.
16. Stenina N.A., Stenin D.V., Horeshok A.A. Valuing the investigated parameters that affect the loading gearboxes motor-wheels (MWR) quarry dump trucks. Young Russia: proceedings of the IV all-Russian, 57 Scientific Conference of young scientists. KuzSTU. Kemerovo. 2012. pp:319-321.
17. Efimova M.P., Ganchenko O.I., Petrova E.V. A workshop on general theory of statistics. Moscow. Finansy I Statistika. 2001. pp:208.
18. Stenin D.V., Stenina N.A. Using correlation analysis when evaluating the thermal state of the gearboxes motor-wheel dump trucks Belaz career. Natural and intellectual resources of Siberia: materials IX international scientific-practical Conference "SIBRESURS 2012". Kemerovo. 2012. pp: 133-137.
19. Ababkov N.V., Bakanov A.A. The research of structure and properties of the hub shell metal of gear-motor whell of Belaz 7555 after repair. Vestnik of the Kuzbass State Technical University 2016. No 1. pp: 129-134.

Поступило в редакцию 9.02.2017

Received 9.02.2017