

## Научная статья

УДК 622-1/9

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-2-50-58

Черных Владимир Геннадьевич, Отроков Александр Васильевич,  
Гринько Дмитрий Александрович, Гринько Антон Александрович\*,  
Миронова Алина Олеговна, Богатырев Александр Русланович

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова,

\* для корреспонденции: nextdingo@mail.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОСАМОСВАЛОВ УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА



### Информация о статье

Поступила:

15 января 2025 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 марта 2025 г.

Принята к печати:

05 мая 2025 г.

Опубликована:

05 июня 2025 г.

### Ключевые слова:

надежностно-ориентированное техническое обслуживание, автосамосвал, отказ, статистический анализ, интенсивность отказов, закон распределения случайной величины, риск, матрица критичности

### Аннотация.

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, а требования к безопасности и эффективности производства становятся всё более строгими, риск-ориентированный подход к техническому обслуживанию горной техники является весьма актуальным. В статье представлен подход к определению показателей надёжностно-ориентированного технического обслуживания карьерных автосамосвалов. Исследование основано на анализе данных об отказах узлов автосамосвала, эксплуатируемого на одном из горнодобывающих предприятий Кузнецкого угольного бассейна. В работе определены основные статистические показатели: математическое ожидание, дисперсия, интенсивность и частота отказов. Интенсивность и частота отказов определены применительно к предложенному закону распределения случайной величины, позволяющему получить более точное представление о надёжности оборудования и его потенциальных рисках. Представлена методика определения критичности оборудования, которая позволяет выполнить качественную и количественную оценку рисков отказов технических систем карьерного автосамосвала. На основе полученных результатов предложены технические рекомендации, в виде концепции кривой «РФ-интервала», по эффективному планированию ремонтов горного оборудования, обеспечивающие определение времени функциональных и параметрических отказов технических систем карьерного автосамосвала. Рекомендации основаны на принципах надёжностно-ориентированного технического обслуживания и позволяют более рационально использовать капитал и основные фонды горного предприятия.

**Для цитирования:** Черных В.Г., Отроков А.В., Гринько Д.А., Гринько А.А., Миронова А.О., Богатырев А.Р. Определение параметров надёжностно-ориентированного технического обслуживания автосамосвалов угольного разреза // Горное оборудование и электромеханика. 2025. № 2 (178). С. 50-58. DOI: 10.26730/1816-4528-2025-2-50-58, EDN: UJDKFC

### Введение (Introduction);

В условиях современного рынка и постоянно растущей конкуренции, предприятия должны уделять особое внимание вопросам обеспечения надёжности и безопасности своей деятельности. В частности, это касается предприятий, занимающихся добычей полезных ископаемых, таких как угольные разрезы. Одним из ключевых аспектов обеспечения безопасности и эффективности работы

угольных разрезов является техническое обслуживание и ремонт оборудования, в том числе автосамосвалов. Автосамосвалы являются одним из основных видов техники, используемых на угольных разрезах для транспортировки полезных ископаемых и других материалов. Они подвергаются значительным нагрузкам и воздействию различных факторов, которые могут привести к отказам и авариям. Поэтому важно разработать эффективную

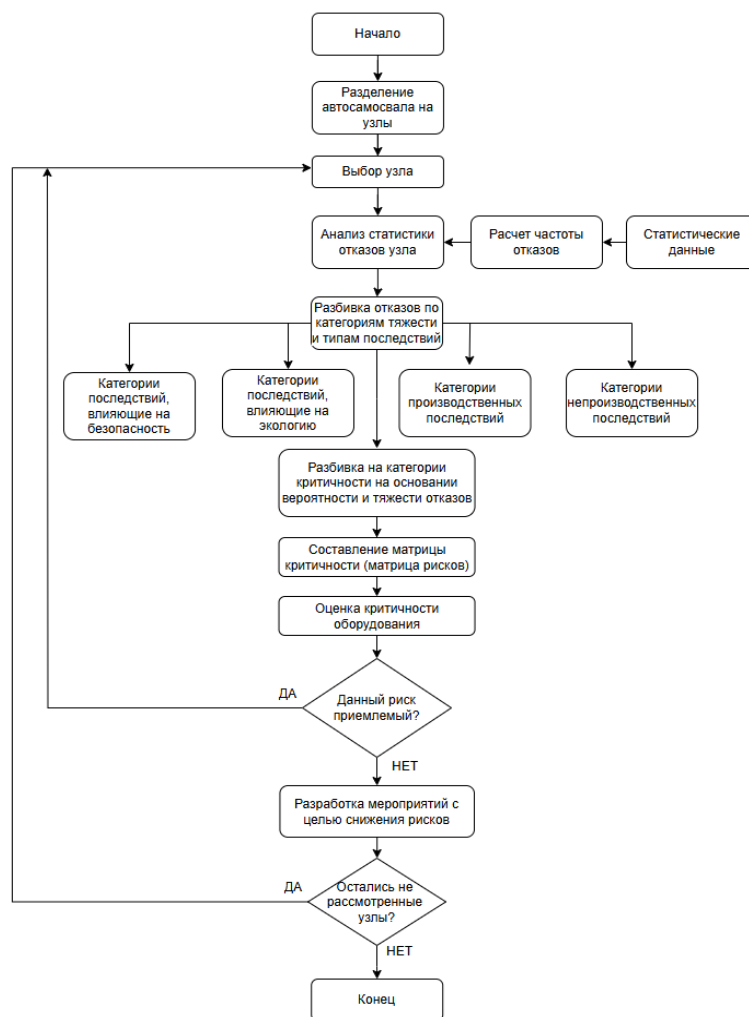


Рис. 1. Предлагаемый подход к техническому обслуживанию автосамосвала на основе оценки риска  
Fig. 1. Proposed approach to dump truck maintenance based on risk assessment

Таблица 1. Статистический анализ наработки узлов автосамосвала БелАЗ-5137  
Table 1. Statistical analysis of operating time of BelAZ-5137 dump truck components

| Группа отказов | Закон распределения | $\chi^2$ | Параметры     |               |           |         | $P(t)$ | $q(t)$ |
|----------------|---------------------|----------|---------------|---------------|-----------|---------|--------|--------|
|                |                     |          | $\tilde{m}_t$ | $\tilde{D}_t$ | $\lambda$ | $\beta$ |        |        |
| $S_1$          | Экспоненциальный    | +        | 1015          | 818693        | 0,0009    | 4,5     | 0,54   | 0,46   |
| $S_2$          | Вейбулла            | +        | 1318,6        | 865679        | 0,009     | 7       | 0,17   | 0,83   |
| $S_3$          | Вейбулла            | +        | 883,2         | 822859        | 0,0015    | 7,5     | 0,38   | 0,62   |
| $S_4$          | Экспоненциальный    | +        | 1186,2        | 1503503       | 0,0008    | 4       | 0,57   | 0,43   |
| $S_5$          | Экспоненциальный    | +        | 969,2         | 489355        | 0,001     | 5,1     | 0,65   | 0,35   |
| $S_6$          | Экспоненциальный    | +        | 1400,8        | 625722        | 0,0005    | 2,5     | 0,74   | 0,26   |

Примечание:  $S_1$  – неисправность ходовых (бортовых, РМК, ГП) редукторов;  $S_2$  – неисправность КГШ;  $S_3$  – неисправность рамных, несущих металлоконструкций;  $S_4$  – неисправность РВД;  $\chi^2$  – критерий согласия К. Пирсона (если данные от отказов не противоречат выдвинутой гипотезе о принятом законе распределение, то ставится (+));  $S_5$  – неисправность подвески;  $S_6$  – неисправность отопителя;  $\tilde{m}_t$  – математическое ожидание;  $\tilde{D}_t$  – дисперсия;  $\lambda$  – интенсивность отказов;  $\beta$  – частота отказов в течении года;  $P(t)$  – вероятность безотказной работы;  $q(t)$  – вероятность отказа

стратегию технического обслуживания и ремонта

Таблица 2. Категории непроизводственных потерь (MR)

Table 2. Categories of non-production losses (MR)

| Ранг категории | Пример описания последствий                                                            |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | Очень легкие. Стоимость работ по восстановлению незначительна.                         |
| 2              | Легкие. Малая стоимость работ по восстановлению (до 100 тыс. руб.)                     |
| 3              | Средние. Средняя стоимость работ по восстановлению (от 100 тыс. руб. до 500 тыс. руб.) |
| 4              | Тяжелые. Большая стоимость работ по восстановлению (от 500 тыс. руб. до 1 млн. руб.)   |
| 5              | Очень тяжелые. Очень большая стоимость работ по восстановлению (свыше 1 млн. руб.)     |

Таблица 3. Разбиения категории вероятности отказа оборудования

Table 3. Equipment failure probability categories

| Категория | Частота отказов     |
|-----------|---------------------|
| 1         | Реже 1 раза в год   |
| 2         | 1 раз в 3 месяца    |
| 3         | 1 раз в 1 месяц     |
| 4         | 1 раз в 1 неделю    |
| 5         | Чаше 1 раза в сутки |

Таблица 4. Категории критичности оборудования

Table 4. Equipment criticality categories

| Категория | Наименование категории критичности | Категория риска отказа | Графический символ категории критичности |
|-----------|------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|
| 1         | Критичное оборудование             | Неприемлемый           | A                                        |
| 2         | Средне-критичное оборудование      | Значимый               | B                                        |
| 3         | Некритичное оборудование           | Приемлемый             | C                                        |

Таблица 5. Матрица критичности для систем  $S_1 - S_6$ Table 5. Criticality matrix for  $S_1 - S_6$ 

|                               |   | Категория вероятности отказа |                 |                  |
|-------------------------------|---|------------------------------|-----------------|------------------|
|                               |   | 1                            | 2               | 3                |
| Категория тяжести последствий | 5 | -                            | -               | -                |
|                               | 4 | -                            | -               | A – 12 ( $S_1$ ) |
|                               | 3 | -                            | B – 9 ( $S_5$ ) | B – 9 ( $S_2$ )  |
|                               | 2 | C – 2 ( $S_6$ )              | C – 4 ( $S_3$ ) | -                |
|                               | 1 | -                            | C – 2 ( $S_4$ ) | -                |

автосамосвалов, которая позволит минимизировать риски и обеспечить бесперебойную работу техники. Одной из таких стратегий является надежность-ориентированное техническое обслуживание (НОТО), аналогом которой является методология RCM (Reliability Centered Maintenance) [6-8]. Данный подход заключается в применении методологии выявления и выборе политики управления отказами оборудования, что позволит на основании ранжирования критичности отказов разрабатывать мероприятия, обеспечивающие минимизацию последствий отказов наиболее важных узлов.

#### Методы (Methods);

На данный момент времени накопилось значительное количество публикаций [1-2], книг [3-5], международных и национальных стандартов [6-10], позволяющие точно дать определение такому понятию, как НОТО [9]. НОТО - подход к организации технического обслуживания и ремонта оборудования, при котором основное внимание уделяется

обеспечению надёжности работы технических систем на основе функционирования информационной системы, обеспечивающей сбор, хранение и анализ эксплуатационных данных. Методическая документация, используемая при НОТО, позволяет проводить анализ рисков отказов оборудования и разрабатывать меры по их предотвращению или минимизации последствий. Можно выделить следующие основные принципы НОТО:

1. Постоянный мониторинг состояния оборудования с использованием современных методов диагностики.
2. Планирование технического обслуживания на основе анализа данных о работе оборудования.
3. Своевременное проведение профилактических мероприятий для предотвращения отказов.
4. Использование качественных запасных частей и расходных материалов.
5. Обучение персонала навыкам эффективной эксплуатации и обслуживания оборудования.

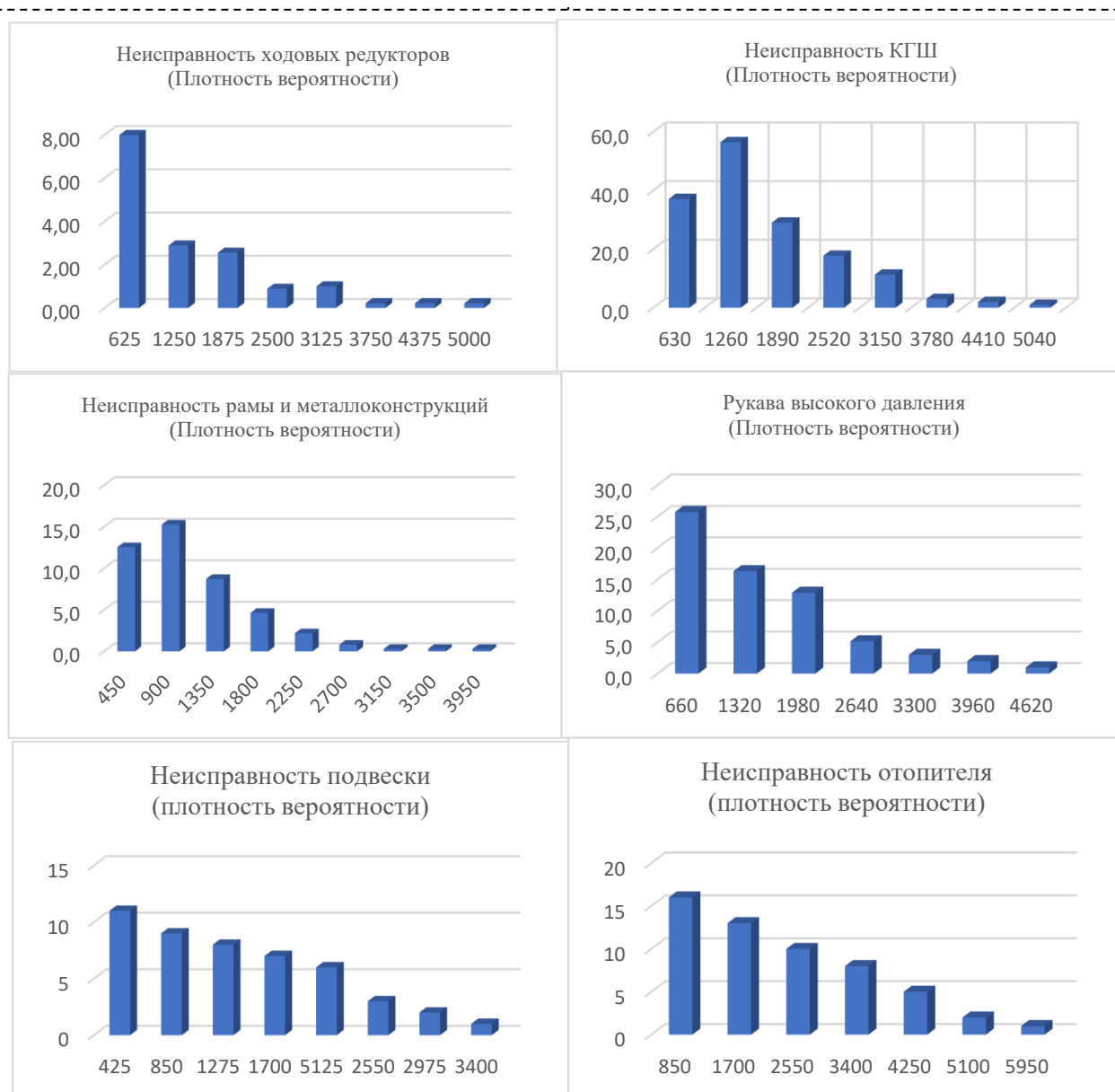


Рис. 2. Плотности вероятностей для систем  $S_1 - S_6$   
 Fig. 2. Probability densities for systems  $S_1 - S_6$

На рисунке 1 представлен подход к определению параметров НОТО на основе оценки рисков с применением метода ранжирования критичности оборудования. Сущность такого подхода заключается в статистическом анализе отказов оборудования с последующим проведением анализа надежности и оценки риска этого отказа.

#### Результаты исследования (Results);

На основании данных о наработках до отказа узлов карьерного автосамосвала БелАЗ-75137, эксплуатируемого на одном из горнодобывающем предприятии Кузнецкого угольного бассейна, был произведен статистический анализ данных, представленный в таблице 1. Принцип разбиения групп отказов узлов автосамосвала был взят с предприятия. Для проведения анализа были выбраны 6 групп, имеющие наибольшее количество отказов. Период эксплуатации составил 32 месяца.

Для определения средней частоты отказов за год рассмотрен такой показатель, как интенсивность

отказов ( $\lambda$ ). Так как отказ является случайным событием, то рассматривать его нужно на основании закона распределения случайной величины. Частота отказов за год ( $\beta$ ) определяется как [11]:

$$\beta = \lambda \cdot t,$$

где  $\lambda$  - интенсивность отказов, ч<sup>-1</sup>;

$t$  - общее время работы оборудования на линии за год, ч.

На рисунке 2 представлены плотности вероятностей для систем  $S_1 - S_6$  [12].

Далее для оценки степени риска отказа систем  $S_1 - S_6$  было выполнено определение индекса критичности отказов [13]. В соответствии предлагаемым подходом, согласно схеме на рисунке 1, произведена разбивка на категории критичности последствий отказов в соответствии с таблицей 2 [14].

Предприятие может изменять описание последствий в зависимости от степени принятия рисков. Для определения категории тяжести последствий каждого ранга могут быть использованы статисти-

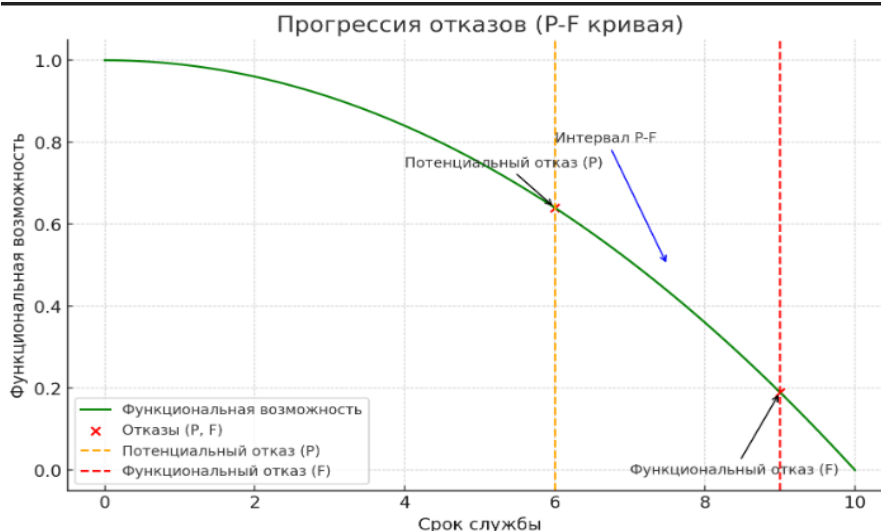


Рис. 3. Кривая P-F интервала  
Fig. 3. P-F interval curve

метод экспертных оценок ремонтного и производственного персонала.

Для определения критичности оборудования необходим учет частотной вероятности отказа оборудования. В таблице 3 представлен пример разбиения категории вероятности отказа оборудования. Частота отказов оборудования принимается на основании надежностного анализа отказов оборудования.

Категории критичности оборудования устанавливают, учитывая одновременно тяжесть последствий и вероятность отказа каждого оборудования и классифицируют по категориям в соответствии с таблицей 4.

Классификация оборудования по категориям критичности установлена следующим образом:

А - жизненно важное оборудование, определяющее выпуск продукции, выход из строя которого влечет за собой угрозу жизни и здоровья людей, либо значительные экологические, либо экономические последствия;

В - оборудование, отказ которого приводит к незначительному сокращению выпуска продукции, либо к незначительным последствиям по безопасности или экологии, либо незначительным производственным потерям;

С - оборудование, существенно не влияющее на выпуск продукции, безопасность, экологию и производственные потери

В соответствии полученными числовыми значениями рисков по разным категориям составляется матрица критичности оборудования, где перемножение соответствующих баллов оценки частоты и тяжести последствий отказа дает величину риска. Риск может оцениваться следующим образом: неприемлемый риск – величина риска от 25 до 10 баллов, значимый риск - величина риска от 9 до 5 баллов, приемлемый риск - величина риска от 4 до 1 балла.

Критичность оборудования определяется на основании следующей зависимости ИК:

где  $MR$  - категория производственных потерь  $MR$  (таблица 2);

$N$  - частота отказов (таблица 1,3).

#### Обсуждение (Discussion);

На основании предложенной методики составленная матрица критичности оборудования, представленная в таблице 5.

Из матрицы критичности видно, что последствия отказа системы  $S_1$  обладают неприемлемым риском, системы  $S_2, S_5$  – значимым риском, а  $S_3, S_4, S_6$  – приемлемым риском. Из этого следует, что для систем  $S_1, S_2, S_5$  необходим комплекс технических мер, обеспечивающих определение точки «зарождения» потенциального отказа [9,15]. Одной из таких мер является концепция кривой P-F интервала, используемой для описания взаимосвязи между вероятностью и временем отказа (рисунок 3). Она помогает визуализировать и анализировать, как надежность системы или компонента изменяется в период эксплуатации оборудования. Данными для построения кривой P-F интервала могут быть исторические данные, технические характеристики оборудования, в виде документов о предполагаемом сроке службы оборудования, и экспертная оценка. Однако, данные, полученные таким образом, могут неверно отражать текущие или будущие условия эксплуатации. Следовательно, прогнозы, полученные на основе этих кривых, могут быть неточными, что приводит к неэффективному планированию технического обслуживания.

Для решения этой проблемы необходимо рекомендуется внедрение автоматизированного контроля выходных параметров технических систем автосамосвалов на основе данных датчиков, используемых для мониторинга состояния оборудования в режиме реального времени (датчики температуры, анализаторы металла в масле двигателя и т.д.) [16-20]. Подобный подход в организации ТОиР позволит отследить время функционального отказа, что будет являться основанием планирования объемов работ для критически важного оборудо-

дования применительно к условиям эксплуатации горнодобывающего предприятия. Также рекомендуется изменить подход к разбиению некоторых групп отказов оборудования на предприятиях, так как действующая система учета отказов носит лишь технологический характер и не отображает у какого именно элемента системы произошел функциональный или параметрический отказ.

### Выводы (Conclusion)

В результате проделанной работы представлен подход к определению показателей надежности ориентированного технического обслуживания автосамосвалов, эксплуатируемых на угольных разрезах. На основании исходных данных об отказах оборудования автосамосвала БелАЗ-75137 за период равный 32 месяца произведен статистический анализ отказов технических систем. Интенсивность отказов и средняя ежегодная частота отказов рассчитаны на основании выдвинутой гипотезы о законе распределения случайной величины. С помощью частоты отказов и их непроизводительных потерь определены значения рисков, для которых построена матрица критичности оборудования. Предложены рекомендации, в виде технических мер, по снижению рисков критического оборудования за счет пересмотра подхода учета и анализа технического состояния оборудования. Внедрение надежно-ориентированного технического обслуживания обеспечит эффективную работу по техническому обслуживанию оборудования с минимизацией последствий отказов, что приведет к более эффективному использованию капитала и основных фондов предприятия.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоненко И. Н., Беляков М. И. Об одной надежностной задаче и ее решении в информационной системе. — Автоматизация в промышленности. 2015. № 8. С.18–21.
2. Иорш В. И., Крюков И. Э., Антоненко И. Н. Управление ремонтами, ориентированное на надежность. — Промышленность и безопасность. 2011. № 7. С. 50–53.
3. Neil B. Bloom. Reliability Centered Maintenance: Implementation Made Simple. — NY: McGraw-Hill, 2005. — 291 p.
4. Ефремов Л. В. Проблемы управления надежно — ориентированной технической эксплуатацией машин. — СПб: Art-Xpress, 2015. — 206 с.
5. Sifonte J.R., Reyes-Picknell J. V. Reliability Centered Maintenance — Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R. — CRC Press, 2017. — 349 p.
6. SAE JA 1011:2009. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.
7. SAE JA 1012:2011. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
8. IEC 60300-3-11:2009. Dependability Management — Part 3–11: Application guide — Reliability centered maintenance.
9. ГОСТ Р 27.606–2013. Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность. — М.: Стандартинформ, 2014. — 34 с.
10. ГОСТ Р 55.0.05–2016. Управление активами. Повышение безопасности и надежности активов. Требования. — М.: Стандартинформ, 2016. — 10 с.
11. Саху Б.Р., Пали С.К. Выбор стратегии технического обслуживания драглайна на основе оценки рисков с помощью метода анализа иерархии. — Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. № 4. С. 122-137.
12. Harish Kumar N. S., R. P. Choudhary, Ch. S. N. Murthy. Reliability-based preventive maintainability analysis of shovel-dumper system in surface coal mine using ANN and isograph reliability workbench. - Mathematical Modelling of Engineering Problems. Vol. 5, No. 4, December, 2018, pp. 373-378.
13. Антоненко И.Н. Методика приоритизации объектов обслуживания на основе оценки критичности отказов. — Промышленная безопасность. NDT World, 2018, v. 21, no. 3, pp. 68–72. DOI: 12737/article\_5b8cf933596a37.05447226.
14. ГОСТ Р 51901.12–2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. — М.: Стандартинформ, 2008.
15. А.Б. Гончаров, А.Б. Тулинов, Б.А. Перепавай. Стратегия технического обслуживания и ремонта горного оборудования с целью обеспечения надежности. — Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 11. С. 70-79.
16. Ad Alshibani, Bahaa Elmaghraby, Abdulaziz A. Bubshait, Ahmed M. Ghaithan, Awsan Mohammed, Mohammad A. Hassanain. Advancing sustainability: An integrated decision support framework for fleet selection in open pit mining construction. - Results in Engineering 23(3):102501, DOI: 10.1016/j.rineng.2024.102501, September 2024.
17. Albin Mathew, Savleen Kaur. A survey on predictive maintenance for manufacturing using data mining techniques. - Computational Methods in Science and Technology, 2024.
18. Namrata Saravade, Chetankumar Sedani, Kamalkishor Maniyar, D. Nandkishore, Swapnil Deshmukh, Shobha Rupanar, Bhagwat Gidhad, Swagata Surase. Study on Heavy Machinery Utilizing the Most Recent Technologies for Excavation of Road Construction and Mining. - Journal of Mines, Metals and Fuels, 72(7): 667-673; 2024. DOI: 10.18311/jmmf/2024/45327.
19. Andile Gladman Sabani. Managing multiple resources to enhance productivity: an engineering maintenance and services division. - Master of Engineering (M.Eng.), University of Johannesburg, 2022.
20. JunbinShi, YanShan, HongminHan. Research on the Application of Digital Twin Technology in Equipment Maintenance. - International Journal of Computer Science and Information Technology, ISSN: 3005-9682(Print), ISSN: 3005-7140, Volume 4, Number 2, Year 2024. DOI: https://doi.org/10.62051/ijcsit.v4n2.23

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

**Черных Владимир Геннадьевич**, доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, (346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0003-4626-6050>, [v9287505544@yandex.ru](mailto:v9287505544@yandex.ru)

**Отроков Александр Васильевич**, доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, (346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6590-8808>, [oav-71@mail.ru](mailto:oav-71@mail.ru)

**Гринько Дмитрий Александрович**, доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, (346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1031-6506>, [dingo17@mail.ru](mailto:dingo17@mail.ru)

**Гринько Антон Александрович**, доцент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, (346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), кандидат технических наук, <https://orcid.org/0000-0003-3266-8526>, [nextdingo@mail.ru](mailto:nextdingo@mail.ru)

**Миронова Алина Олеговна**, ассистент, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, (346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), <https://orcid.org/0009-0006-0708-048X>, [mironova.ao@yandex.ru](mailto:mironova.ao@yandex.ru)

**Богатырев Александр Русланович**, старший преподаватель, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, (346428, Россия, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5077-1440>, [gvafiz@yandex.ru](mailto:gvafiz@yandex.ru)

Заявленный вклад авторов:

Черных Владимир Геннадьевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Отроков Александр Васильевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент.

Гринько Дмитрий Александрович - постановка исследовательской задачи, научный менеджмент.

Гринько Антон Александрович - постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Миронова Алина Олеговна - сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы.

Богатырев Александр Русланович - сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-2-50-58

**Vladimir G. Chernyh, Alexander V. Otrokov, Dmitry A. Grinko, Anton A. Grinko\*, Alina O. Mironova, Alexander R. Bogatyrev**

Platov South-Russian State Polytechnic University

\* for correspondence: [nextdingo@mail.ru](mailto:nextdingo@mail.ru)

## DETERMINATION OF PARAMETERS OF RELIABILITY-ORIENTED MAINTENANCE OF COAL MINE DUMP TRUCKS



### Article info

Received:

15 January 2025

Accepted for publication:

### Abstract.

In today's world, where technology is developing at an incredible rate, and requirements for safety and production efficiency are becoming more stringent, a risk-based approach to mining equipment maintenance is very relevant. The article presents an approach to determining the indicators of reliability-oriented maintenance of quarry dump trucks. The study is based on an analysis of data on failures of dump truck components operated at one of the mining enterprises of the Kuznetsk coal basin. The paper defines the main statistical indicators: mathematical expectation, variance, intensity

01 March 2025

Accepted:

05 May 2025

Published:

05 June 2025

**Keywords:** reliability-oriented maintenance, dump truck, failure, statistical analysis, failure rate, random magnitude distribution law, risk, criticality matrix.

and failure rate. The intensity and frequency of failures are determined in relation to the proposed random variable distribution law, which allows us to obtain a more accurate picture of the reliability of equipment and its potential risks. A technique for determining the criticality of equipment is presented, which makes it possible to perform a qualitative and quantitative assessment of the failure risks of technical systems of a mining dump truck. Based on the results obtained, technical recommendations are proposed, in the form of the "PF interval" curve concept, for effective planning of mining equipment repairs, ensuring the determination of the time of functional and parametric failures of technical systems of a mining dump truck. The recommendations are based on the principles of reliability-oriented maintenance and make it possible to use the capital and fixed assets of a mining enterprise more efficiently.

**For citation:** Chernyh V.G., Otrokov A.V., Grinko D.A., Grinko A.A., Mironova A.O., Bogatyrev A.R. Determination of parameters of reliability-oriented maintenance of coal mine dump trucks. Mining Equipment and Electromechanics, 2025; 2(178):50-58 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2025-2-50-58, EDN: UJDKFC

#### REFERENCES

1. Antonenko I. N., Belyakov M. I. On one reliability problem and its solution in an information system. — Automation in industry. 2015. No. 8. pp.18-21.
2. Iorsh V. I., Kryukov I. E., Antonenko I. N. Reliability-oriented repair management. — Industry and security. 2011. № 7. C. 50–53.
3. Neil B. Bloom. Reliability Centered Maintenance: Implementation Made Simple. — NY: McGraw-Hill, 2005. — 291 p.
4. Efremov L. V. Problems of management of reliability—oriented technical operation of machines. — St. Petersburg: Art-Xpress, 2015. — 206 p.
5. Sifonte J.R., Reyes-Picknell J. V. Reliability Centered Maintenance — Reengineered: Practical Optimization of the RCM Process with RCM-R. — CRC Press, 2017. — 349 p.
6. SAE JA 1011:2009. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.
7. SAE JA 1012:2011. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
8. IEC 60300-3-11:2009. Dependability Management — Part 3–11: Application guide — Reliability centered maintenance.
9. GOST R 27.606–2013. Reliability in technology. Reliability management. Reliability—oriented maintenance. Moscow: Standartinform, 2014. 34 p.
10. GOST R 55.0.05–2016. Asset management. Increase the security and reliability of assets. Requirements. — M.: Standartinform, 2016. — 10 p.
11. Sakhu B.R., Pali S.K. Choosing a dragline maintenance strategy based on risk assessment using the hierarchy analysis method. – Physical and technical problems of mining. 2018. No. 4. pp. 122-137.
12. Harish Kumar N. S., R. P. Choudhary, Ch. S. N. Murthy. Reliability-based preventive maintainability analysis of shovel-dumper system in surface coal mine using ANN and isograph reliability workbench. - Mathematical Modelling of Engineering Problems. Vol. 5, No. 4, December, 2018, pp. 373-378.
13. Antonenko I.N. Methodology of prioritization of service facilities based on assessment of criticality of failures. – Industrial safety. NDT World, 2018, v. 21, no. 3, pp. 68–72. DOI: 12737/article\_5b8cf933596a37.05447226.
14. GOST R 51901.12–2007. Risk management. A method for analyzing the types and consequences of failures. Moscow: Standartinform, 2008.
15. A.B. Goncharov, A.B. Tulinov, B.A. Perepachai. A strategy for the maintenance and repair of mining equipment in order to ensure reliability. – Mining information and analytical bulletin. 2016. No. 11. pp. 70-79.
16. Ad Alshibani, Bahaa Elmaghraby, Abdulaziz A. Bubshait, Ahmed M. Ghaithan, Awsan Mohammed, Mohammad A. Hassanain. Advancing sustainability: An integrated decision support framework for fleet selection in open pit mining construction. - Results in Engineering 23(3):102501, DOI: 10.1016/j.rineng.2024.102501, September 2024.
17. Albin Mathew, Savleen Kaur. A survey on predictive maintenance for manufacturing using data mining techniques. - Computational Methods in Science and Technology, 2024.
18. Namrata Saravade, Chetankumar Sedani, Kamalkishor Maniyar, D. Nandkishore, Swapnil Deshmukh, Shobha Rupanar, Bhagwat Gidhad, Swagata Surase. Study on Heavy Machinery Utilizing the Most Recent Technologies for Excavation of Road Construction and Mining. - Journal of Mines, Metals and Fuels, 72(7): 667-673; 2024. DOI: 10.18311/jmmf/2024/45327.
19. Andile Gladman Sabani. Managing multiple resources to enhance productivity: an engineering maintenance and services division. - Master of Engineering (M.Eng.), University of Johannesburg, 2022.
20. Junbin Shi, YanShan, Hongmin Han. Research on the Application of Digital Twin Technology in Equipment Maintenance. - International Journal of Computer Science and Information Technology, ISSN: 3005-9682(Print), ISSN: 3005-7140, Volume 4, Number 2, Year 2024. DOI: https://doi.org/10.62051/ijcsit.v4n2.23

*The authors declare no conflict of interest.*

*About the author:*

**Vladimir G. Chernyh**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), (346428, Russia, Novocherkassk, 132 Prosveshcheniya str.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4626-6050>, [v9287505544@yandex.ru](mailto:v9287505544@yandex.ru)

**Alexander V. Otrokov**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), (346428, Russia, Novocherkassk, 132 Prosveshcheniya str.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6590-8808>, [oav-71@mail.ru](mailto:oav-71@mail.ru)

**Dmitry A. Grinko**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), (346428, Russia, Novocherkassk, 132 Prosveshcheniya str.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1031-6506>, [dingo17@mail.ru](mailto:dingo17@mail.ru)

**Anton A. Grinko**, C. Sc. (Engineering), Associate Professor, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), (346428, Russia, Novocherkassk, 132 Prosveshcheniya str.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3266-8526>, [nextdingo@mail.ru](mailto:nextdingo@mail.ru)

**Alina O. Mironova**, assistant, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), (346428, Russia, Novocherkassk, 132 Prosveshcheniya str.), ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0708-048X>, [mironova.ao@yandex.ru](mailto:mironova.ao@yandex.ru)

**Alexander R. Bogatyrev**, Senior lecturer, Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), (346428, Russia, Novocherkassk, 132 Prosveshcheniya str.), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5077-1440>, [gvafz@yandex.ru](mailto:gvafz@yandex.ru)

*Contribution of the authors:*

Vladimir G. Chernyh – formulation of a research task, scientific management, review of relevant literature, conceptualization of research, collection and analysis of data, review of relevant literature, conclusions, writing a text.

Alexander V. Otrokov - setting a research task, scientific management.

Dmitry A. Grinko - setting a research task, scientific management.

Anton A. Grinko - formulation of a research task, scientific management, review of relevant literature, conceptualization of research, collection and analysis of data, review of relevant literature, conclusions, writing a text.

Alina O. Mironova - data collection and analysis, review of relevant literature.

Alexander R. Bogatyrev - data collection and analysis, review of relevant literature.

*Authors have read and approved the final manuscript.*

