

*На правах рукописи*

**Вишняков Георгий Юрьевич**



**ОБОСНОВАНИЕ РЕГЛАМЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА КАРЬЕРНЫХ  
АВТОСАМОСВАЛОВ С УЧЕТОМ УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ В  
КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Специальность 2.8.8. Геотехнология, горные машины*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2024

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

**Научный руководитель:**

доктор технических наук, профессор

*Пушкарев Александр Евгеньевич*

**Официальные оппоненты:**

*Великанов Владимир Семенович*

доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра «Подъемно-транспортные машины и роботы», профессор;

*Хорошавин Сергей Александрович*

кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», кафедра горных машин и комплексов, доцент.

**Ведущая организация** – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

Защита диссертации состоится **16 сентября 2024 г. в 13:30** на заседании диссертационного совета ГУ.2 Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2, **аудитория № 3321**.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II и на сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).

Автореферат разослан 16 июля 2024 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
диссертационного совета



КОВАЛЬСКИЙ  
Евгений Ростиславович

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Одной из главных современных геотехнологических задач при ведении горных работ открытым способом является необходимость модернизации парка горных машин, улучшения их технологических параметров и совершенствования организации их эксплуатации.

Горные машины являются важной частью горнодобывающего предприятия, при этом наиболее востребованным видом транспорта является карьерный автосамосвал (более 70% техники на карьерах). Это обусловлено, прежде всего, его мобильностью. Выявление способов рационализации использования автосамосвалов является важным направлением исследований.

В условиях современной горнодобывающей промышленности, где экономические и экологические факторы играют важную роль, обоснование условий эксплуатации карьерных автосамосвалов становится критически важным. Перегрузка автосамосвалов недопустима, однако в практической работе возникает множество ситуаций (наличие негабаритов, неоднородность массива и гранулометрического состава горной массы при погрузке), при которых возможно превышение допустимого уровня загрузки. Производители техники предполагают, что перегрузка на 10-20% возможна, однако анализ фактических результатов выполнения транспортной работы показывает, что в процессе эксплуатации машины испытывают перегрузку до 50%. Действующие методики определения графиков технического обслуживания и ремонта, опирающиеся на рекомендации производителей техники, не в полной мере учитывают возможные случаи перегрузки, что приводит к возникновению аварийных отказов и падению коэффициента технического использования. С учетом, что перегрузка автосамосвала не допустима, необходимо выработать методику ра-

боты для случая, если перегрузка имела место. Одним из способов решения данной проблемы является использование ретроспективных данных, позволяющих анализировать имеющийся опыт и использовать фактический уровень загрузки карьерных автосамосвалов при обосновании графика технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

#### **Степень разработанности темы исследования**

Значительный вклад в развитие теории и практики применения автомобильного транспорта на открытых горных работах внесли В.В. Ржевский, М.В. Васильев, А.А. Кулешов, М.Г. Потапов, Б.В. Яковенко, В.С. Великанов и др. В работах этих ученых рассматриваются различные условия эксплуатации карьерных автосамосвалов, пути их развития. Описывается опыт эксплуатации машин на различных предприятиях.

Вместе с тем, в перечисленных работах недостаточно внимания было уделено выявлению закономерностей влияния уровня загрузки автосамосвала в конкретных условиях эксплуатации на увеличение грузооборота автосамосвалов в карьерах с учетом ретроспективных данных.

**Объект исследования:** процессы технической эксплуатации карьерных автосамосвалов, задействованных для транспортирования горной массы.

**Предмет исследования:** регламент технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов.

**Цель работы** – увеличение грузооборота карьерных автосамосвалов.

**Идея работы** – обоснованная корректировка регламента технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов, обеспечивающая увеличение грузооборота машин, достигается использованием установленного влияния уровня загрузки в конкретных условиях эксплуатации, выраженных в показателях степени и интенсивности перегрузки.

Поставленная в диссертационной работе цель достигается посредством решения нижеуказанных **задач**:

1. Исследовать практику учета уровня загрузки в конкретных условиях эксплуатации автосамосвалов при транспортировке горной массы и их взаимосвязь с длительностью простоев по причине устранения отказов.

2. Установить условия эксплуатации, оказывающие существенное влияние на грузооборот горной массы при организации транспортировки карьерными автосамосвалами.

3. Выявить взаимосвязи уровня загрузки в конкретных условиях эксплуатации карьерных автосамосвалов с грузооборотом и длительностью аварийных простоев.

4. Разработать методику комплексного учета годового значения грузооборота и дней превышения нормативной загрузки.

5. Выполнить сравнительную оценку целесообразности применения разработанной методики для корректировки расчета планового грузооборота, а также корректировки регламента ТОиР карьерных автосамосвалов горного предприятия.

#### **Научная новизна работы:**

1. Установлены зависимости грузооборота карьерного автосамосвала при транспортировании горной массы от длительности и степени перегрузки.

2. Разработан алгоритм корректировки регламента технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов с учетом условий эксплуатации.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины по пункту 16.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы:**

1. Установлены условия эксплуатации карьерных автосамосвалов, оказывающие существенное влияние на грузооборот горной массы при организации ее транспортировки.

2. Предложен и обоснован параметр интенсивности перегрузки, который позволяет установить численный показатель, отражающий степень перегрузки карьерного автосамосвала за отчетный период при превышении номинальной загрузки.

3. Обоснована возможность и процедура корректировки расчета планового грузооборота, а также корректировки регламента ТОиР карьерных автосамосвалов горного предприятия.

4. Результаты диссертационной работы использованы в проектной деятельности ООО «ПроТех Инжиниринг» для уточнения расчетов планового грузооборота на основании методики обработки ретроспективных данных, что подтверждается актом внедрения от 03.06.2024.

#### **Методология и методы исследования.**

При решении поставленных задач используется комплексный подход, включающий научный анализ и обобщение ранее опубликованных исследований, а также обработку и анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований в области горных машин. Этот подход направлен на оценку эксплуатации карьерных автосамосвалов при условиях, отличных от эталонных, принятых на предприятии.

#### **На защиту выносятся следующие положения:**

1. Грузооборот карьерных автосамосвалов следует рассчитывать по модели линейной регрессии, учитывающей степень перегрузки и длительность функционирования машин с перегрузкой.

2. Увеличение грузооборота достигается за счет корректировки регламента технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов в конкретных условиях эксплуатации, с использованием результирующего коэффициента корректирования нормативов трудоемкости непланового текущего ремонта, учитывающего выявленные показатели степени и интенсивности перегрузки.

**Степень достоверности результатов исследования** подтверждается правильной постановкой цели и задач исследования, а также значительным объемом достоверной статистической информации.

**Апробация результатов.** Основные положения и результаты работы докладывались на следующих семинарах и конференциях: I I-ая международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее» (г. Тула, 2021), II Всероссийский научный семинар «Техническое обеспечение доступности Арктических регионов» (г. Санкт-Петербург, 2021), Пятнадцатая международная научно-практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах» (г. Санкт-Петербург, 2022), XV Всероссийская 68 научно-практическая конференция молодых ученых с международным участием «Россия молодая» (г. Кемерово, 2023).

**Личный вклад автора.** Проведен обзор и анализ актуальной проблематики эксплуатации карьерных автосамосвалов на горных предприятиях. Сформулированы цели и задачи исследования. Проведена статистическая обработка данных. Введены новые научные понятия. Сформированы зависимости на основании полученных данных. Подготовлены публикации по теме исследования. Представлены выводы и рекомендации.

**Публикации.** Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 4 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка, содержит 149 страниц машинописного текста, 70 рисунков, 44 таблицы, список литературы из 135 наименований и 3 приложения на 4 страницах.

**Благодарности.** Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю доктору технических наук, профессору Пушкареву А.Е. Глубокую признательность выражает также коллеге Ботяну Е.Ю. за всестороннюю поддержку.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимость исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** исследован опыт эксплуатации карьерных автосамосвалов на предприятиях горной промышленности, рассмотрены инструменты мониторинга технического состояния машин.

**Во второй главе** рассмотрены существующие методы анализа эффективности карьерного автосамосвала, исследован опыт мировых производителей в части регламентов эксплуатации машин. Проведен анализ возможностей использования ретроспективных данных систем мониторинга и обслуживания карьерных автосамосвалов для установления взаимосвязи условий их эксплуатации и грузооборота.

**В третьей главе** описан опыт использования систем мониторинга. Установлены взаимосвязи условий эксплуатации, отличных от эталонных, карьерных автосамосвалов и грузооборота.

**В четвертой главе** выполнена сравнительная оценка целесообразности применения разработанной методики для кор-



ректировки регламента ТОиР карьерных автосамосвалов горного предприятия. В качестве проверки предлагаемой методики произведен расчет ожидаемого экономического эффекта.

Основные результаты отражены в следующих защищаемых положениях:

**1. Грузооборот карьерных автосамосвалов следует рассчитывать по модели линейной регрессии, учитывающей степень перегрузки и длительность функционирования машин перегрузкой.**

Сохранение установленного значения коэффициента технической готовности (КТГ) на уровне предыдущего периода эксплуатации является основным фактором сохранения эффективности автосамосвала и, как правило, достигается посредством снижения интенсивности эксплуатации машины.

В ходе экспериментальных наблюдений на предприятии были получены данные месячных отчетов по каждой единице транспортной техники за 2020 и 2021 года.

Первым этапом обработки данных было построение суточных графиков эксплуатации парка техники, с целью формирования представления о фактическом использовании карьерных автосамосвалов на предприятии (рисунок 1).

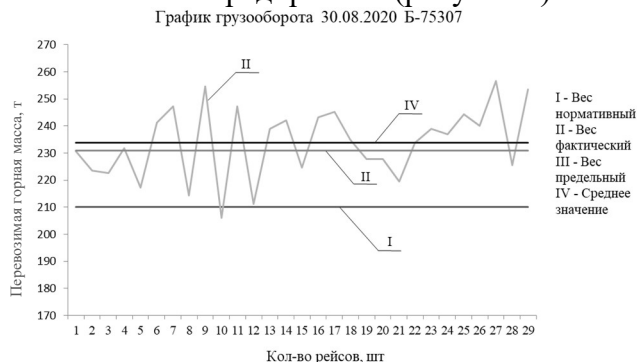


Рисунок 1 – Пример суточного графика Б-75307

Предельно допустимый уровень грузооборота – это максимальная нагрузка, которую машина может выдерживать без

перегрузки или других негативных последствий. Этот показатель определяется производителем и опирается на технические характеристики машины.

Если среднее значение грузооборота находится в непосредственной близости к предельно допустимому уровню или выше него, это может указывать на нарушение условий эксплуатации машины ввиду их несоответствия эталонным, принятым на предприятии. Учитывая, что превышать нормативную загрузку запрещено как производителями техники, так и регламентами использования и обслуживания автосамосвалов на предприятии, то необходимо детально изучить ретроспективные данные, с целью предотвращения нарушений в будущем.

В сверхнормативном режиме, а именно в обстоятельствах нарушения эталонных условий эксплуатации, машина подвергается дополнительным нагрузкам и работает на пределе своих возможностей. В результате этого может возникать износ оборудования, ухудшаться качество работы и повышаться вероятность возникновения аварийных отказов.

Суточный график позволяет установить какой фактический грузооборот совершил автосамосвал в сравнении с проектным значением. Для установления проектного суточного грузооборота был произведен тягово-эксплуатационный расчет пневмоколесного транспорта согласно методике, принятой на предприятии, при известной и неизменной геометрии трассы транспортирования, с предельной загрузкой кузова, равной номинальной. С целью количественной оценки сверхнормативной загрузки карьерного автосамосвала предлагается ввести понятие «степень перегрузки», как отношение фактического грузооборота к расчетному значению грузооборота, определенному согласно нормативной методике, за установленный период (1).

$$P_{\Pi} = \frac{A_{\text{факт}}}{A_{\text{расч}}}, \quad (1)$$

где  $P_{\Pi}$  – степень перегрузки карьерного автосамосвала;  $A_{\text{факт}}$  – фактическое значение грузооборота за период сверхнормативной загрузки, т·км;  $A_{\text{расч}}$  – значение грузооборота, рассчитанное по нормативной методике, за аналогичный период, т·км.

Следует отметить, что степень перегрузки будет экстраполироваться на другие типы карьерных самосвалов, в зависимости от их грузоподъемности, а также проектных значений грузооборота.

Дальнейшие действия позволили построить график производительности и простоев автосамосвалов (рисунок 2). В качестве примера приводится месячный график автосамосвала Б-75307. На графике показаны пиковые значения грузооборота, значительно превышающие проектные значения (выделены кругом). После подобных пиковых значений, как правило, возникали отказы какого-либо элемента машины (помечены стрелкой). Подобное наблюдалось на всем парке техники.

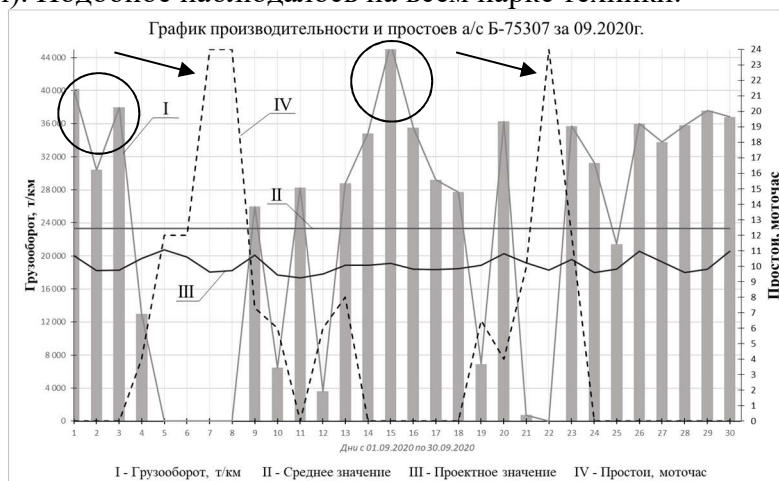


Рисунок 2 – Пример месячного графика перевозимого веса

Из получившихся графиков за 2020-2021 годы по группам автосамосвалов были сделаны следующие выводы: Несмотря на строгий регламент эксплуатации от производителей и запрет

на перегрузку машины, указанный в регламенте ТОиР предприятия, машины превышают проектные значения грузооборота, порой на 50%; Графики имеют пиковые значения, после которых происходит спад производительности машины; Необходимо сопоставить пиковые значения грузооборота и отказов машин, с целью установления взаимосвязи между этими факторами.

Полученные графики наглядно свидетельствуют о необходимости установления численного критерия, отражающего степень перегрузки карьерного автосамосвала за промежуток времени при превышении номинальной загрузки. Предлагается ввести понятие «интенсивности перегрузки» карьерного автосамосвала (2):

$$Y = \frac{P_{\text{п}}}{N_{\text{пр}}}, \quad (2)$$

где  $Y$  – интенсивность перегрузки, мото час<sup>-1</sup>;  $N_{\text{пр}}$  – количество мото часов сверхнормативной эксплуатации машины, мото час.

Интенсивность перегрузки отражает зависимость степени перегрузки карьерного автосамосвала от продолжительности его сверхнормативной эксплуатации. Эта зависимость демонстрирует, что чем выше интенсивность перегрузки, тем более значительным будет временной промежуток, в течение которого автосамосвал эксплуатировался с нарушением эталонных условий эксплуатации. Далее были выявлены зависимости суточного грузооборота. Посредством проведения многофакторного корреляционного анализа данных, полученных из отчетов системы удаленного мониторинга, была получена следующая система уравнений регрессии (3):

$$\begin{cases} y_1 = 21662,1 \cdot P_{\text{п}} - 5,3 \cdot x_1 - 997,3 \\ y_2 = 20516,4 \cdot P_{\text{п}} - 19 \cdot x_2 + 348,8 \end{cases} \quad (3)$$

где  $y_1$  – суточный грузооборот, т·км;  $x_1$  – длительность превышения нормативной

загрузки, моточас;  $y_2$  – суточный грузооборот, связанный с тяжестью последовавшего отказа, т·км;  $x_2$  – длительность простоя, последовавшего в результате отказа, моточас.

Таким образом, установлена зависимость между грузооборотом карьерного автосамосвала, связанного с количеством часов простоя возникшего отказа, и тяжестью последовавшего отказа, выраженную в моточасах простоя, представляющую собой продолжительность непосредственных работ по восстановлению работоспособности машины. Согласно зависимости грузооборота от длительности превышения нормативной загрузки, чем выше степень перегрузки автосамосвала и длительность превышения нормативной загрузки, тем ниже будет суточный грузооборот. Эта зависимость имеет практическую значимость, так как позволяет оценить эффективность работы автосамосвала в условиях перегрузки. Анализируя степень и длительность перегрузки, можно определить рациональные условия работы автосамосвала, при которых его суточный грузооборот будет максимальным. Вторая зависимость грузооборота от тяжести отказа подтверждает, что суточный грузооборот будет меньше, если отказ был сопровожден высокой степенью перегрузки и длительным простоем системы. Соответственно, важно минимизировать перегрузки и уменьшать простои после отказов, чтобы повысить общую производительность системы.

**2. Увеличение грузооборота достигается за счет корректировки регламента технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов в конкретных условиях эксплуатации, с использованием результирующего коэффициента корректирования нормативов трудоемкости планового текущего ремонта, учитывающего выявленные показатели степени и интенсивности перегрузки.**

На основании полученных показателей и зависимостей, необходимо внести корректировки в принятое положение о

ТОиР карьерных автосамосвалов в разделе, посвященном корректированию нормативов технического обслуживания и ремонта. Нормативы при условиях эксплуатации, отличных от эталонных, корректируются коэффициентами в зависимости от следующих факторов: природно-климатических условий К1; количества автомобилей на предприятии К2; наработки автомобиля с начала эксплуатации (тыс. мото-ч) К3; использования рационального сочетания автомобиля и экскаватора К4; крепости горных пород К5; дорожных условий эксплуатации, учитывающих уклоны К6, К7; тип покрытия К8.

Необходимо ввести дополнительный коэффициент (К9) учитывающий интенсивность перегрузки, как комплексный показатель степени перегрузки и времени, в течение которого эта перегрузка была зафиксирована. Но следует обратить внимание, что для корректного отображения коэффициента интенсивности необходимо заранее определить временной интервал, в котором происходит сравнение. В качестве примера использования методики был взят автосамосвал БЕЛАЗ 75307 и его показатели эксплуатации за 2020 и 2021 года. Учитывая, что любой коэффициент – это постоянный множитель при переменной величине, то значения коэффициента интенсивности будут варьироваться и зависеть от временного промежутка, который будет задан для расчета. Иными словами, прежде всего необходимо, как уже говорилось ранее, определить временной интервал в рамках которого будут анализироваться параметры работы автосамосвала и строиться планы по обслуживанию. В данном случае, пример основан на годовых показателях.

Соответственно  $K_9$  будет равен 1 при условии, что степень перегрузки равна 1 на выбранном временном интервале. В рамках примера будут следующие значения коэффициента  $K_9$  (таблица 1):

Таблица 1 – Значения коэффициента интенсивности перегрузки

| Год эксплуатации | Значение интенсивности | Значение $K_9$ |
|------------------|------------------------|----------------|
| Базовый          | 0,003                  | 1              |
| 2020             | 0,0045                 | 1,36           |
| 2021 факт        | 0,0042                 | 1,21           |
| 2021 П1          | 0,004                  | 1,15           |
| 2021 П2          | 0,0048                 | 1,38           |

2021 П1 – проектное значение, основанное на сохранении значения грузооборота, такого же как фактический в 2021, но с учетом измененного режима работы. 2021 П2 – проектное значение, где сохраняется показатель КТГ на уровне 2021 факт, при этом возрастает возможный грузооборот.

Известно, что нерациональное использование автосамосвалов влияет на неплановые ремонтные работы. Соответственно необходимо дополнить расчет трудоемкости неплановых текущих ремонтов коэффициентом интенсивности перегрузки (формула 4)

$$K_{тр} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9, \quad (4)$$

где  $K_{тр}$  – результирующий коэффициент корректирования норматива трудоемкости непланового текущего ремонта (без учета шин).

Значения коэффициентов принимаются согласно утвержденным нормативным документам предприятия. Получившиеся значения  $K_{тр}$  продемонстрированы в таблице 2.

Таблица 2 – Значение  $K_{тр}$  в зависимости от года

| Год эксплуатации | Значение $K_{тр}$ |
|------------------|-------------------|
| 2020             | 3,01              |
| 2021 факт        | 2,68              |
| 2021 П1          | 2,55              |
| 2021 П2          | 3,06              |

Далее необходимо определить трудоемкость непланового текущего ремонта (5):

$$TR = TR_{\text{норм}} \cdot K_{\text{тр}}, \quad (5)$$

где TR – трудоемкость непланового текущего ремонта на предприятии, чел-ч; TR<sub>норм</sub> – нормативная трудоемкость непланового текущего ремонта карьерных автосамосвалов, чел-ч.

В таблице 3 показаны результаты трудоемкости по годам для данного автосамосвала. Из всего вышесказанного, а также из получившихся значений трудозатрат на внеплановые ремонты, можно сделать вывод, что наиболее выгодный с точки зрения эксплуатации автосамосвала будет год 2021 П1, то есть проектное значение, при котором остался неизменным грузооборот, в сравнении с фактическими показателями, но при этом автосамосвал использовался большее количество дней с плавной регулировкой и отслеживанием его грузооборота.

Таблица 3 – Значения трудоемкости работ

| Год эксплуатации | Значение TR, чел-ч |
|------------------|--------------------|
| 2020             | 64,94              |
| 2021 факт        | 57,81              |
| 2021 П1          | 55,06              |
| 2021 П2          | 66,07              |

В качестве подтверждения полученных закономерностей необходимо провести экономический расчет, который позволит сделать выводы с точки зрения финансовой выгоды о скорректированных методах использования автосамосвала (таблица 4).

Исходя из проектного значения 2021 П1, понятно, что при одинаковом грузообороте и заданных условиях эксплуатации карьерного автосамосвала можно уменьшить количество простоев, сократив при этом годовые убытки. В случае с проектным значением 2021 П2, напротив, при одинаковом КТГ больший грузооборот обеспечивается за счет регулирования условий эксплуатации автосамосвала.

Таким образом, наиболее выгодный способ – 2021 П1, что подтверждается методикой определения интенсивности перегрузки, а также экономическим обоснованием. В то же время в



столбце 4, где наблюдается самая высокая интенсивность перегрузки, виден наилучший результат по показателю грузооборота, и в то же время наблюдается максимальный размер годовых убытков (среди всех рассматриваемых вариантов).

Таблица 4 – Сравнение фактических данных с прогнозами

| Показатель   | 2020<br>факт | 2021<br>факт | 2021<br>П1 | 2021<br>П2 |
|--|--------------|--------------|------------|------------|
| Годовой грузооборот, млн т                               | 9,32         | 8,47         |            | 9,5        |
| Среднегодовая интенсивность перегрузки, $\times 10^{-3}$ | <b>4,8</b>   | <b>4,3</b>   | <b>4</b>   | <b>4,9</b> |
| Годовые убытки, млн руб.                                 | 88,5         | 132,8        | 94,9       | 154,3      |
| КТГ автосамосвала  | 0,82         | 0,79         | 0,84       | 0,79       |

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что среднегодовая интенсивность перегрузки является критерием оценки несоответствия условий эксплуатации карьерного автосамосвала эталонным, принятым на предприятии, то есть чем ниже интенсивность перегрузки, тем в более благоприятных условиях используется техника. Обработка данных по грузообороту автосамосвала, вычисление степени и интенсивности перегрузки позволят выбрать рациональные условия эксплуатации, которые задаются принятым регламентом ТОиР и контролируются системами мониторинга. Данная методика позволит предприятию прогнозировать, к каким последствиям может привести перегрузка машины, оценить длительность простоев и, таким образом, скорректировать регламент ТОиР для достижения необходимого уровня КТГ.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Диссертация является научной работой, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи – увеличение грузооборота карьерных автосамосвалов. Реализация результатов исследований вносит существенный вклад в совершенствование процессов технического обслуживания карьерных автосамосвалов.

По результатам выполнения диссертационного исследования сделаны следующие выводы:

1. Исследована практика учета уровня загрузки в конкретных условиях эксплуатации автосамосвалов при транспортировке горной массы. Так, установлено что среднесуточная перегрузка варьируется от 0,9 до 1,2 от нормативной

2. Определены условия эксплуатации карьерных автосамосвалов, оказывающие существенное влияние на грузооборот горной массы при организации ее транспортировки. Так, перегрузка ведет к увеличению продолжительности простоев техники.

3. Впервые предложен и обоснован параметр интенсивности перегрузки, отражающий степень перегрузки карьерного автосамосвала за отчетный период при превышении номинальной загрузки. Установлено, что с увеличением интенсивности перегрузки увеличивается временной промежуток, в течение которого автосамосвал эксплуатировался с нарушением эталонных условий.

4. Установлена зависимость грузооборота от степени перегрузки и длительности превышения нормативной загрузки, имеющая характер линейной регрессии. При этом чем выше степень перегрузки автосамосвала и длительность превышения нормативной загрузки, тем ниже будет суточный грузооборот. Эта зависимость позволяет оценить эффективность работы автосамосвала в условиях перегрузки.

5. Установлена линейная регрессионная зависимость грузооборота от степени перегрузки и продолжительности последовавшего отказа, подтверждающая, что суточный грузооборот будет меньше, если отказу предшествовала высокая степень перегрузки, что привело к длительному простоя системы.

6. Разработана методика корректировки регламента ТОиР карьерного автосамосвала, позволяющая оценить влияние по-

казателя интенсивности перегрузки на трудозатраты, связанные с аварийными ремонтами машин. Корректировка регламента ТОиР с использованием методики позволяет сократить трудозатраты на ремонт на 5-15% при сохранении необходимого уровня грузооборота.

7. Выполнена сравнительная оценка проектных значений интенсивности перегрузки с фактическими и даны рекомендации по целесообразности применения разработанной методики для корректировки расчета планового грузооборота, а также корректировки регламента ТОиР карьерных автосамосвалов горного предприятия. Экономический эффект от принятой методики выражается в сокращении убытков на 28% при сохранении грузооборота.

8. Полученные результаты использованы в проектной деятельности ООО «ПроТех Инжиниринг» для уточнения расчетов планового грузооборота на основании методики обработки ретроспективных данных, что подтверждается актом внедрения от 03.06.2024.

9. В качестве дальнейшего развития исследований по теме диссертации целесообразно развить методику корректировки регламента технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов, с учетом многообразия условий эксплуатации на различных горных предприятиях.

#### **СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

*Публикации в изданиях из Перечня ВАК:*

1. Вишняков, Г.Ю. Оценка современных систем мониторинга карьерных автосамосвалов / Г.Ю. Вишняков, Е.Ю. Ботян // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 51-57. – DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-51-57.

2. Вишняков, Г.Ю. Уточнение методики нормирования расхода топлива карьерных автосамосвалов в сложных горно-

технических условиях / Г.Ю. Вишняков, Е.Ю. Ботян, Р.А. Розов, А.Е. Пушкарев // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 4(162). – С. 12-19. – DOI: 10.26730/1816-4528-2022-4-12-19.

*Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:*

3. Makharatkin, P.N. Increase of efficiency of dump trucks functioning on the basis of justification of their rational speed by means of simulation modeling / P.N. Makharatkin, E.K. Abdulaev, G.Yu. Vishnyakov, E.Yu. Botyan, A.E. Pushkarev // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2022. – (6-2). – PP. 237–250. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2022\_62\_0\_237

4. Vishnyakov, G.Yu. Justification of rational modes of operation of quarry dump trucks in case of over-normative operation. / G.Yu. Vishnyakov, A.E. Pushkarev, E.Yu. Botyan, V.S.Khloponina, Mining Informational and Analytical Bulletin. 2023;(11-1):24-37. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2023\_111\_0\_24.

*Свидетельства на объекты интеллектуальной собственности:*

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023662580 Российская Федерация. Прикладная программа имитационного моделирования влияния интенсивности превышения нормативной перегрузки на показатели надежности карьерных автосамосвалов: № 2023661135 : опубл. 08.06.2023 / Г. Ю. Вишняков, А. Е. Пушкарев ; заявитель Санкт-Петербургский горный университет.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617869 Российская Федерация. Программа имитационного моделирования различных факторов влияния на скорость движения карьерного автосамосвала : № 2022616110 : опубл. 26.04.2022 / Г. Ю. Вишняков, А. Е. Пушкарев ; заявитель Санкт-Петербургский горный университет.