

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

На правах рукописи

Вишняков Георгий Юрьевич



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

2.8.8. Геотехнология, горные машины

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Пушкарев А.Е.

Санкт-Петербург – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ	9
1.1 Анализ современного положения карьерного автотранспорта на горнодобывающих предприятиях.....	9
1.2 Цифровые инструменты мониторинга технического состояния карьерных автосамосвалов.....	11
1.3 Научно-методические основы развития карьерного автотранспорта.....	22
1.4 Выводы по главе 1	25
ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОГО КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА.....	27
2.1 Существующие методы анализа и оценок эффективности карьерного автосамосвала	27
2.2 Влияние условий эксплуатации автосамосвалов на показатели грузооборота	38
2.3 Обоснование выбора условий проведение эксперимента. Горно-обогатительный комбинат	43
2.4 Обоснование выбора условий проведение эксперимента. Карьерный автосамосвал	44
2.5 Выводы по главе 2	47
ГЛАВА 3 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА.....	48
3.1 Системы удаленного мониторинга, контролирующие соблюдение эталонных условий эксплуатации.....	48
3.2 Влияние отклонения от эталонных условий эксплуатации автосамосвалов на грузооборот	55
3.3 Многофакторный корреляционный анализ	110
3.4 Выводы по главе 3	114
ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	116

4.1 Методика расчета программы моделирования влияния интенсивности перегрузки на показатели надежности автосамосвала	116
4.2 Корректировка нормативных документов	118
4.3 Экономический эффект принятой методики	122
4.4 Выводы по главе 4	127
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	130
ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт внедрения	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство №1.....	148
ПРИЛОЖЕНИЕ В Свидетельство №2.....	149

ВВЕДЕНИЕ

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 работы 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 – увеличения грузооборота 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: 11-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 (пункты списка литературы № 26, 27, 123, 134), 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 системы цитирования Scopus. Получено 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ (Приложения Б и В).

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.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ современного положения карьерного автотранспорта на горнодобывающих предприятиях

Главным вектором направления развития мировой горнодобывающей промышленности является фокусирование на открытом способе разработки [52].

В мире более 60% всей добычи полезных ископаемых осуществляется открытым способом, в частности, в странах СНГ – около 70%. Однако, развитие этого метода сопровождается усложнением горнотехнических условий, увеличением глубины карьеров и ростом транспортных затрат. Основным видом технологического транспорта при открытом способе добычи является автомобильный, который используется для перевозки около 75% горной массы. В России и странах СНГ, как уже говорилось ранее, карьерный автотранспорт составляет около 70%. Это объясняется его мобильностью, способностью использоваться в сложных условиях и обеспечением высокой интенсивности горных работ [101].

Популярность открытого способа разработки способствует ускоренной модернизации различной техники, без которой эффективная работа попросту невозможна. Особое внимание всегда уделяется автосамосвалам, потому что именно на их долю выпадает большая часть перевозок полезного ископаемого в мире. Для того чтобы автосамосвалы показывали наивысший уровень производительности и надежности, их постоянно модернизируют, внедряя самое лучшее и современное оборудование. Ярким примером такого оборудования являются системы автоматического управления и обслуживания (Интеллектуальные системы «Карьер») [1, 26].

Однако, помимо усовершенствования техники, существует процедура расширения области их применения в более сложных условиях, чтобы решать сложные задачи на больших объектах, включая карьеры севера, где горно-геологические и климатические условия часто не подходят для необходимой человеку инфраструктуры [27].

Для эффективного управления, активного мониторинга и своевременного обслуживания машины используется множество систем различного типа и датчиков, которые позволяют получать разнообразную информацию о работе автосамосвала в режиме реального времени. В дополнение к этому, подобные системы автоматизации процесса предоставляют пользователю возможность вносить корректировки в производственный процесс для повышения эффективности в зависимости от режимов работы оборудования или внешних факторов [27]. В целях своевременного контроля различных параметров карьерной техники на базах карьеров создаются центры диспетчеризации (рисунок 1), позволяющие в режиме реального времени отслеживать показатели техники.

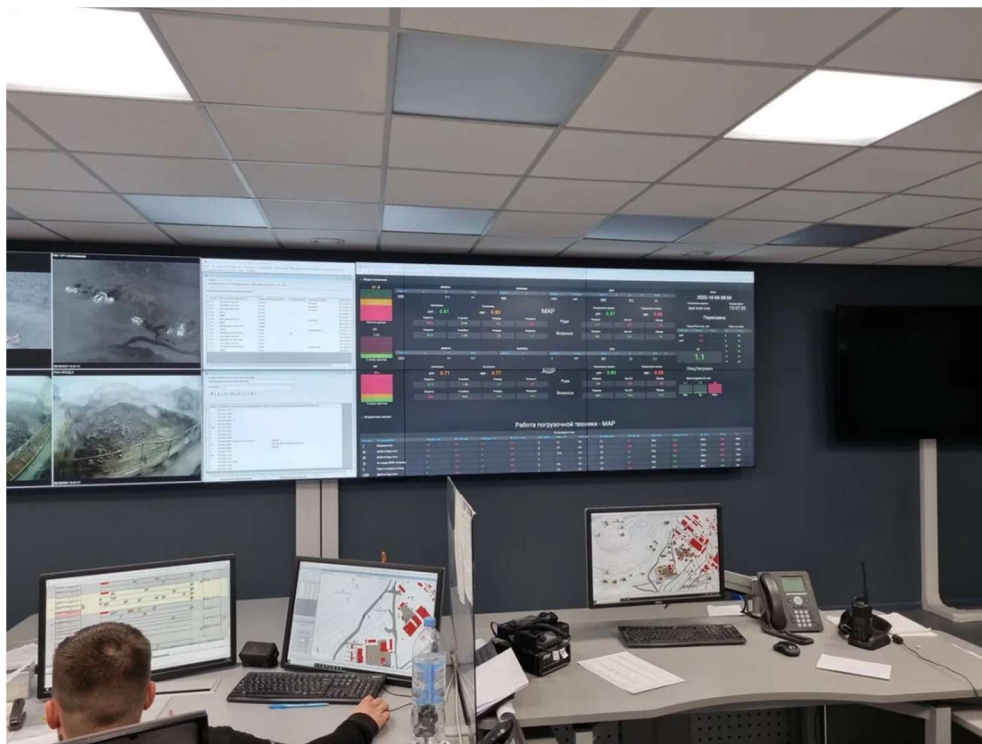


Рисунок 1 – Диспетчерская комната

Даже с применением передовых технологий в горнодобывающей отрасли, затраты на добычу полезных ископаемых продолжают увеличиваться. Это связано с увеличением объёма добычи и глубины карьеров. Учитывая, что более 70% всего объёма транспортирования горных пород при открытом способе добычи приходится на карьерные автосамосвалы, возрастают затраты на эксплуатацию машин. Учитывая современную проблематику логистики и количества запасных частей, расходы на обслуживание самосвалов растут быстрее, чем затраты на

добычу [52]. В перспективе эти затраты могут увеличиться (учитывая темпы инфляции и другие экономические препятствия различного характера). Поэтому необходимо сконцентрироваться на бережной эксплуатации фактически имеющегося парка техники. Главной опорой вектора бережного использования являются системы дистанционного контроля. На большинстве карьеров нельзя полностью компенсировать ухудшение технико-экономических показателей транспортировки горной массы с увеличением глубины разработки [49-52].

Значительное распространение автосамосвалов обусловлено тем, что они обладают высокой автономностью и маневренностью. Эти свойства машин особенно важны, учитывая, что, как было сказано ранее, увеличивается глубина карьеров и ухудшаются технико-экономические условия их эксплуатации. [52, 60, 83].

1.2 Цифровые инструменты мониторинга технического состояния карьерных автосамосвалов

При повышении сложности процесса добычи и транспортирования важными аспектами работы автосамосвалов является безопасность и эффективность. Достигается необходимый уровень данных аспектов благодаря развитию систем автоматизированного контроля состояния техники, своевременному обслуживанию машин [51, 101].

Эффективность работы автосамосвалов в карьерах зависит от условий их эксплуатации, методов поддержания установленного уровня надежности, производственной базы автотранспортных цехов, а также от качества изготовления и сборки автотранспорта [3, 101]. Уровень готовности машин напрямую влияет на показатели использования их в работе, которые, согласно отчетным данным, не всегда соответствуют фактическим. Мировой опыт показывает, что в благоприятных условиях коэффициент готовности составляет примерно 0,8. Ведущими мировыми фирмами были разработаны прогрессивные показатели, такие как количество производительных часов в год, которые помогают оценивать эффективность работы и поддержание работоспособности карьерного автотранспорта. Отказы автосамосвалов, эксплуатируемых на карьере, часто

связаны с несоблюдением регламентов технической эксплуатации от производителей, а также нарушением правил безопасности и положений по техническому обслуживанию и ремонту, где четко обозначены эталонные условия эксплуатации [4, 76]. Анализ показателей системы диагностики (рисунок 2) позволяет контролировать фактическое состояние машины [9, 84]. В то же время, на предприятиях горнодобывающей отрасли преобладает стратегия ремонтов по фактическому состоянию машин, включая аварийные ремонты, несмотря на то, что система планово-предупредительных ремонтов считается более актуальной [2, 101].

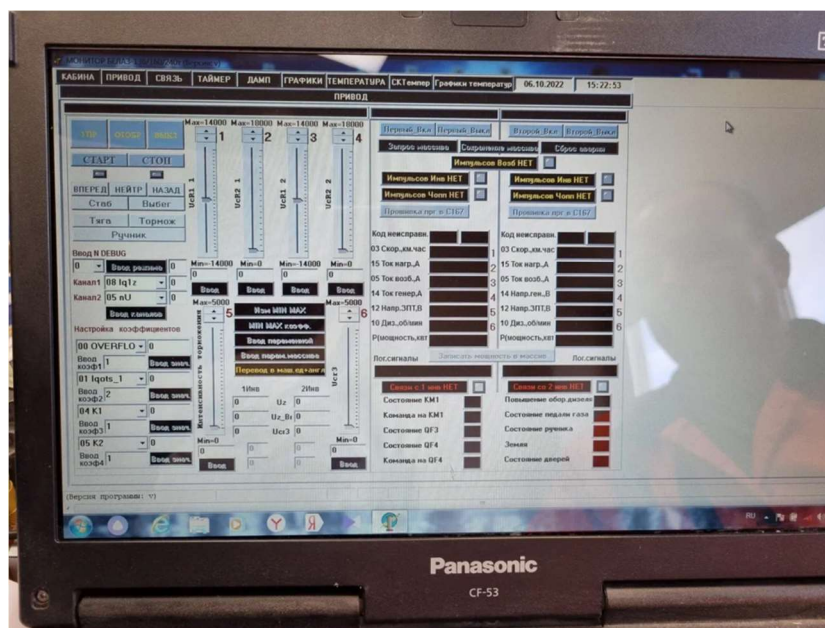


Рисунок 2 – Система мониторинга автосамосвала БЕЛАЗ

Аналитическая оценка технического уровня существующих систем контроля технических параметров позволяет определить, какие факторы важны для предприятий, какую конкретно информацию предприятия получают или хотели бы получать. Наиболее часто рассматриваются 4 группы параметров [26]:

- Система контроля загрузки и топлива (СКЗИТ);
- Система двигателя внутреннего сгорания (ДВС);
- Система управления тяговыми электроприводами (СУТЭП);
- Гидравлическая система.

Параметры системы контроля загрузки и топлива:

- Динамический вес перевозимого груза;

- Уровень топлива в баке;
- Величина уклонов (продольного и поперечного);
- Давление в цилиндрах подвесок;
- Состояние подключаемых аналоговых и цифровых датчиков;
- Подъем платформы;
- Состояние ручного тормоза;
- Направление движения самосвала;
- Данные по рейсам и сменам;
- Давление и температура в шинах (при подключении системы контроля давления в шинах СКДШ);
- Состояние подвески и рамы;
- Качество вождения;
- Состояние технологических дорог;
- Геопозиция (местоположение в пространстве);
- Моточасы общие;
- Моточасы холостого хода;
- Чистота топлива (наличие примесей/жидкостей в бензобаке);
- Возможность дистанционного управления автомобилем (дистанционный запуск/блокировка двигателя);
- Температура топлива;
- Требуемый водителем момент вращения;
- Удаленное нажатие педали акселератора.

Параметры ДВС:

- Актуальная скорость работы двигателя;
- Актуальный момент вращения;
- Атмосферное давление;
- Давление впрыска инжектора;
- Давление впускного коллектора;
- Давление масла в двигателе;
- Давление охлаждающей жидкости;

- Индикатор давления картерных газов;
- Индикатор низкого уровня масла;
- Нагрузка на двигатель;
- Нажатие педали акселератора;
- Напряжение батареи;
- Расход топлива;
- Скорость набора мощности;
- Температура впускного коллектора;
- Температура ОЖ ДВС;
- Температура топлива;
- Требуемый водителем момент вращения;
- Удаленное нажатие педали акселератора.
- Переключатель регулятора РТО;

Параметры СУТЭП:

- Напряжение на силовых выпрямителях и тормозных резисторах;
- Ток силовой цепи;
- Напряжение на якорных обмотках двигателя;
- Напряжение замыкания на корпус;
- Мощность на выпрямителях;
- Угол нажатия педали торможения;
- Частота вращения колес;
- Скорость движения самосвала;
- Частота оборотов двигателя;
- Ток ослабления поля;
- Сопротивление терморезисторов;
- Коды аварийных сообщений;
- Сигнал на включение контакторов;
- Обратная связь контакторов;
- Состояние контроллера хода и торможения;
- Состояние сигнала ограничения скорости;

- Состояние сигнала включения защиты;
- Состояние переключателя направления движения;
- Состояние сигнала формирования режима выбега;
- Состояние сигнала формирования режима независимого возбуждения;
- Состояние сигнала ослабления поля;
- Второе положение контроллера хода;
- Температура подшипников двигателей и генератора.

Параметры гидросистемы:

- Аварийный уровень масла в баке гидросистемы;
- Аварийная температура масла в баке гидросистемы;
- Аварийное давление в рулевом управлении;
- Засорение фильтров рулевого управления;
- Аварийное давление в переднем тормозном контуре;
- Аварийное давление в заднем тормозном контуре;
- Засорение масляных фильтров гидросистемы;
- Давление масла в рулевом управлении;
- Температура масла в гидросистеме;
- Движение с поднятой платформой;
- Движение с включенным стояночным тормозом.

Таким образом, в каждой из групп находится довольно внушительное количество параметров. Все эти параметры были сведены в единую таблицу (рисунок 3). В этой таблице рядом с названием параметра находятся два пустых поля. В одном указывается по шкале от 1 до 10 степень важности параметра для потребителя, а во втором наличие системы у потребителя, которая позволяет снимать данные этого параметра с машины. Выбор диапазона от 1 до 10 для оценки каждого параметра в анкете обусловлен простотой использования и пониманием шкалы оценки, что позволяет провести более детальную и точную оценку, чем, например, шкала от 1 до 5. При использовании выбранного диапазона, участники оценки могут легко выразить свою точку зрения и учитывать нюансы при оценке параметров. Кроме того, это позволяет учесть как положительные, так и

отрицательные аспекты параметра, что делает оценку более объективной и комплексной. Метод экспертных оценок является одним из основных способов решения задачи комплексной оценки влияния различных параметров на результат. Целесообразность использования метода можно объяснить тем, что он позволяет учесть влияние большого количества различных параметров, выработать иной взгляд на предмет исследования.

Параметр	Показатель важности параметра для потребителя	Наличие системы, контролирующей параметр
Название контролируемого параметра	Оцените, пожалуйста, по шкале от 1 до 10, Где: 1 – совсем не важен 10 – наиболее важный	Укажите, пожалуйста, имеется ли данная система у потребителей «+» – да «-» – нет
1	2	3
Общий перечень параметров скзит (Система контроля загрузки и топлива):		
1. → Динамический вес перевозимого груза;		
2. → Уровень топлива в баке;		

Рисунок 3 – Анкета

Метод экспертной оценки значимости факторов – это проведение экспертами логического анализа проблемы с количественной оценкой суждений и объективной обработкой результатов.

Основные шаги экспертного метода для оценки важности факторов включают в себя:

- Подготовка списка факторов – определение всех возможных факторов, которые могут влиять на достижение цели или решение проблемы.
- Подбор экспертов – выбор квалифицированных специалистов или экспертов в области, связанной с задачей.
- Определение критериев – разработка критериев оценки важности факторов, которые могут включать в себя, например, влияние на результаты, степень уверенности в оценке и так далее.
- Опрос экспертов – предоставление экспертам списка факторов и просьба оценить их важность согласно установленным критериям.
- Сбор и анализ результатов – сбор оценок от экспертов, их анализ и определение средней оценки важности каждого фактора.

- Интерпретация результатов – интерпретация полученных результатов и определение наиболее важных факторов согласно оценкам экспертов.

Экспертами выступали представители различных компаний, научные деятели. После получения заполненных анкет вся информация была обработана и составлены графики зависимости потребности потребителя и наличия необходимого оборудования для удовлетворения этой потребности. Таким образом, по каждой из групп был построен определенный график.

На графике (рисунок 4) представлена информация, согласно которой можно сделать вывод, что потребители высоко ценят параметры «Динамический вес», «Качество вождения», «Состояние технологических дорог», но при этом кривая показывает, что датчиков или систем, контролирующих эти параметры, у потребителей нет, хотя все эти факторы очень важны [32, 33, 90, 91]. К примеру «Динамический вес» показывает, есть ли перегруз на машине, что в свою очередь влияет на износ шин и гидроцилиндров подвески, приводя к более частой замене этих элементов, а значит, к большим затратам на техническое обслуживание и ремонт. Такую причинно-следственную связь можно проследить по каждому параметру [36]. На первый взгляд может показаться, что это не так критично, но на самом деле нарушение правил эксплуатации различных узлов и автомобиля в целом приведет к снижению производительности не только конкретной машины, но и всего производства в целом. Все параметры, которые отсутствуют у потребителей, в той или иной степени влияют на итоговую эффективность производственного процесса [26].

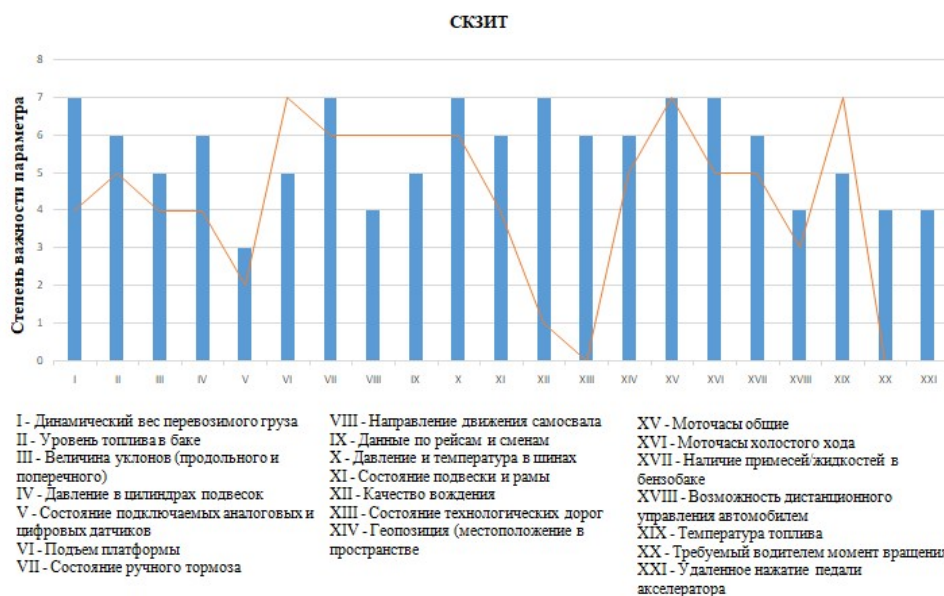


Рисунок 4 – График параметров СКЗИТ

Все эти тонкости аналогичным образом прослеживаются и на других группах факторов. Из получившегося графика (рисунок 5) можно сделать следующие выводы: предложение на системы некоторых параметров («Напряжение батареи» и «Нажатие педали акселератора») превышает потребность потребителей. Значит, они считают, что не имеет смысла устанавливать данные системы, так как они незначительно влияют на производственный процесс [94, 95]. В то же время потребность в таких параметрах, как «Актуальная скорость работы двигателя» и «Индикатор низкого уровня масла» выше, чем способности поставщиков.

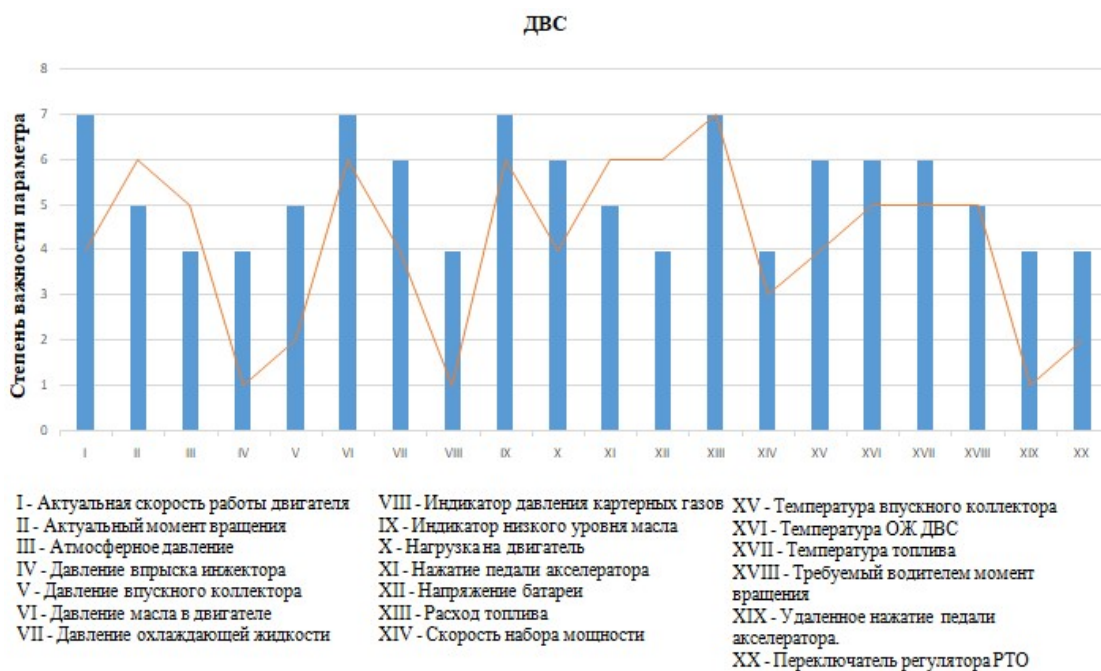


Рисунок 5 – График параметров ДВС

График потребностей в контроле системы управления тяговыми электроприводами (рисунок 6) показывает, что большая часть параметров, в которых нуждаются потребители, банально не предоставляется компаниями («Ток силовой цепи», «Температура подшипников двигателей и генератора» и «Частота оборотов двигателя»). Можно сделать вывод, аналогичный предыдущим, что необходимо наладить связь и поставки оборудования между потребителем и производителем [26].

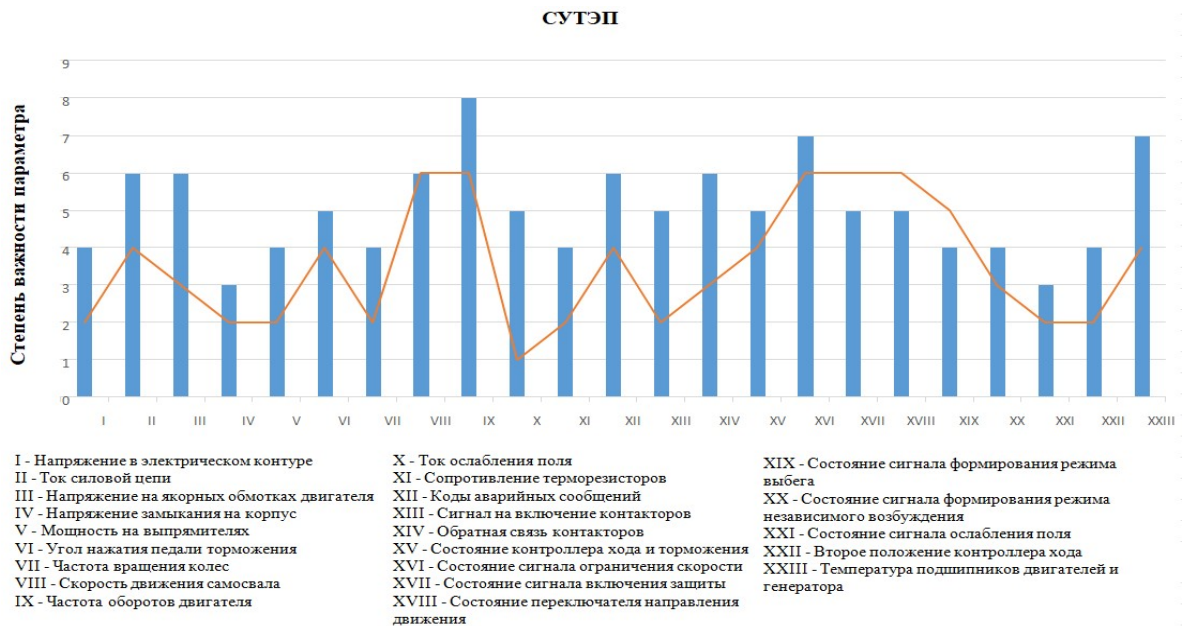


Рисунок 6 – График параметров СУТЭП

Гидравлическая система (рисунок 7) содержит наименьшее количество контролируемых параметров, но и тут можно наблюдать нехватку оборудования для контроля и своевременного обслуживания («Засорение масляных фильтров гидросистемы», «Аварийная температура масла в баке гидросистемы» и «Аварийное давление в рулевом управлении»). Следует повторно отметить, что все эти параметры, доведенные до критического момента, могут привести к серьезным и весьма дорогостоящим поломкам. Поломки в свою очередь приведут к отстранению конкретной машины от производственного процесса, что негативно скажется на эффективной работе всей транспортной цепи [21, 127].

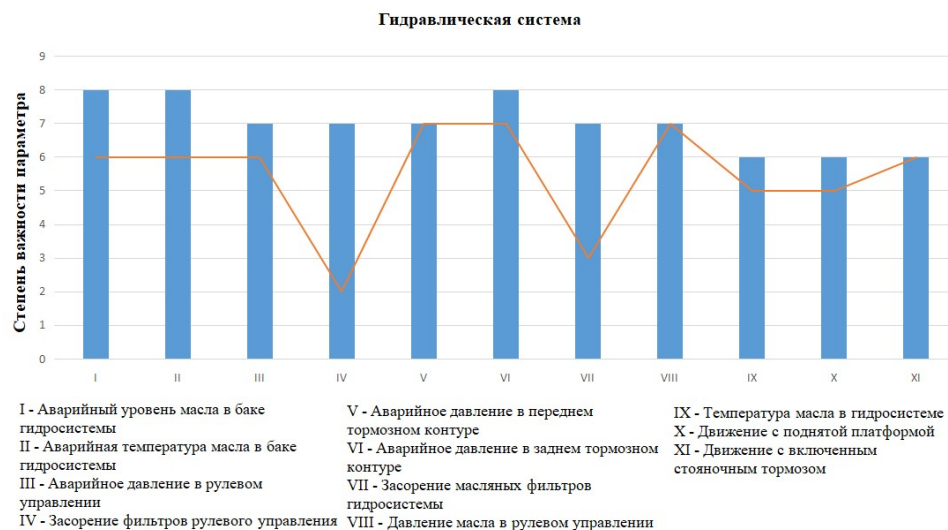


Рисунок 7 – График параметров гидравлической системы

Подводя итог по всем группам параметров по получившимся графикам, следует отметить, что для успешной и эффективной работы предприятия необходимо оснащать машины всем необходимым по заранее спланированному методу. Недостаточное оснащение автосамосвалов может привести к неконтролируемым поломкам, негативно сказывающимся на работе транспортной системы предприятия. Помимо недостаточного оснащения, стоит также обратить внимание и на некорректное использование автосамосвалов, а именно нарушение регламента эксплуатации, которое может негативно сказаться на всей машине [27, 42-44]:

Повреждение кузова: Неправильная или слишком высокая нагрузка на салазки может привести к деформации, трещинам или поломке кузова автосамосвала. Это может привести к необходимости ремонта или замены кузова, что является дорогостоящим и затратным по количеству времени процессом.

Износ шины и подвески: При работе с перегрузкой или неправильным распределением нагрузки, шины и подвеска автосамосвала могут быть подвержены повышенному износу. Это может привести к необходимости замены шин или деталей подвески, что также приведёт к дополнительным затратам и может вызывать простои техники [112, 133].

Повышенный расход топлива: Неправильное использование автосамосвала, такое как излишнее использование гидроподъемника или неправильная техника

вождения, может привести к повышенному расходу топлива. Это может увеличить операционные затраты и снизить эффективность работы всей машины.

Увеличение вероятности аварий: Если водитель не соблюдает правила безопасности и не выполняет инструкции по работе с автосамосвалом, это может привести к возникновению аварий на дороге или на рабочих площадках, а также к травмам, повреждению машины и потерям времени и ресурсов.

Сверхнормативная эксплуатация (отличная от эталонных условий, указанных в регламенте ТОиР предприятия) карьерного автосамосвала может иметь ряд негативных последствий [103-105, 113]:

Повышенный риск аварий. Использование автосамосвала за пределами его проектной нагрузки может привести к неустойчивости и потере контроля над транспортным средством.

Увеличение затрат на обслуживание и ремонт. При сверхнормативной эксплуатации возрастает риск поломок и износа, что требует более частого технического обслуживания и ремонта автосамосвала. Это может повлечь за собой дополнительные затраты на запчасти и труд.

Снижение срока службы. Сверхнормативная эксплуатация может привести к износу и деградации материалов, а также сокращению часов работы автосамосвала. В результате, его срок службы может быть существенно сокращен.

Потеря эффективности работы. При использовании автосамосвала за пределами его проектной нагрузки снижается его эффективность и производительность. Это приводит к увеличению времени выполнения работ и снижению общей экономической эффективности проекта [135].

В целом, сверхнормативная эксплуатация карьерного автосамосвала может привести к серьезным финансовым, экономическим, техническим и экологическим последствиям. Поэтому важно соблюдать рекомендации производителя и использовать автосамосвал в соответствии с его техническими характеристиками и ограничениями.

1.3 Научно-методические основы развития карьерного автотранспорта

Карьерный автотранспорт является преобладающим на предприятиях, разрабатываемым открытым способом.

В диссертации и других работах А.А. Кулешова (1982), применяются подходы и методы из разных областей знаний, включая теорию сложных систем, теорию оптимизации, теорию надежности, теорию массового обслуживания и теорию эксперимента. В работах сформированы алгоритмы подбора оптимальных типов транспорта для конкретных условий эксплуатации [61-65].

В работах Ю.И. Лея исследуются особенности использования автотранспорта в условиях глубоких карьеров и технологии проведения горных работ с использованием большегрузных самосвалов. Одним из ключевых аспектов работ является моделирование режимов работы карьерных машин, с учетом обоснованной экономической эффективности. Созданы методы расчёта параметров стабильной работы карьерного автотранспорта на основе критериев энергетической оценки транспортных систем с использованием геоинформационного хранилища данных [66-76].

Исследования, проведённые И.В. Зыряновым, привели к решению проблемы обеспечения стабильности и эффективности работы систем карьерного транспорта в сложных климатических и горно-технических условиях, характерных для алмазодобывающих предприятий. Учёный сформировал совершенно новый подход к эксплуатации карьерных автосамосвалов, продолжающий теорию работы сложных систем технологического транспорта, на основе методов управления ресурсом машин в особо сложных условиях [46, 47].

Доктор технических наук А.С. Довженок детально исследовал работу транспортной системы с точки зрения ремонта и эксплуатации. Ученым был разработан критерий, основанный на продуктивной работе автосамосвалов, оценивающий рациональное управление транспортной системы. А.С. Довженок является создателем показателя стоимости продуктивного машино-часа работы автосамосвала. Данный показатель дает возможность произвести оценку рациональной работы автотранспортной системы [37-41].

Вопросами дистанционного контроля и обслуживания автосамосвалов в своих трудах занимались Клебанов Д.А. и Клебанов А.Ф. В их трудах были разработаны требования и решения для роботизированного и дистанционно-управляемого карьерного автосамосвала, который является основой для системы безлюдной разработки месторождений открытым способом. Была разработана математическая модель для оптимизации и автоматической диспетчеризации технологии использования роботизированных карьерных автосамосвалов, которые включены в общую систему автоматизации управления горнодобывающего предприятия. Проведен анализ основных факторов, которые улучшают эффективность горнодобывающих работ при использовании роботизированных систем грузоперевозок, и предложена методика для оценки их экономической целесообразности [49-52].

Значительный вклад в развитие теории и практики применения автомобильного транспорта на открытых горных работах внесли Н.В. Мельников [81], В.В. Ржевский [88, 89], М.В. Васильев [16-21], А.А. Кулешов [61-65], М.Г. Потапов [84-86], В.С. Великанов [22-25] и другие. В работах ученых рассматриваются области рационального использования карьерных автосамосвалов с учетом особенностей организации транспортных систем. Важным аспектом работ ученых является приведение и обобщение опыта работы горнодобывающих предприятий, разрабатывающих месторождения открытым способом с использованием автосамосвалов.

Исследования И.В. Зырянова [46, 47], В.А. Рассказова [87], В.Ю. Коптева [55-57], Э.В. Горшкова [71], К.Ю. Анистратова [4-6], А.Н. Казареца [48], К.Н. Трубецкого [96-99], К.В. Бурмистрова [12-15] и других авторов посвящены совершенствованию различных аспектов эксплуатации автотранспорта. В этих работах детально исследуются возможности модернизации конструкции автосамосвалов. Также рассматриваются способы улучшения работы обслуживающих подразделений. В работах были сделаны обоснованные выводы, что условия эксплуатации влияют на нормы расхода запасных частей, а также показатели надежности техники в целом [7, 82, 129].

После анализа примеров различных научных и технических исследований использования автосамосвалов сделан вывод, что в исследованиях остаются недостаточно изученными вопросы, связанные с работой техники в состоянии нарушения эталонных условий эксплуатации [26, 132]. На горных предприятиях, эксплуатирующих карьерные автосамосвалы, нередко встречаются нарушения регламентного использования техники – перегрузки автосамосвалов, отклонение от установленной системы технического обслуживания и ремонта, а именно нарушение эталонных условий эксплуатации, принятых на предприятии, что строго запрещено, как уже отмечалось ранее. Поиску подходящего ответа на данные нерешенные вопросы и посвящена эта работа.

Следует пояснить, что эталонные условия эксплуатации состоят из следующих пунктов:

- климатическая зона;
- количество автотранспортных средств, эксплуатируемых предприятием;
- наработка автомобиля с начала эксплуатации;
- соответствие вместимости ковша экскаватора на погрузке максимально допустимой для данного автомобиля;
- коэффициент крепости горной породы по шкале М.М. Протодянова;
- какое расстояние занимает доля участка трассы с уклоном более 50 % от расстояния транспортирования;
- руководящий уклон подъема (спуска);
- тип дорожного покрытия.

Соответственно, для каждого конкретного предприятия эти условия будут индивидуальными. Эти эталонные условия влияют на проектные значения грузооборота, а также величины технических ремонтов различных типов, которые являются нормативными для конкретного предприятия. Согласно регламентам технического обслуживания и ремонта, нормативы могут быть увеличены в зависимости от горнотехнических условий эксплуатации и по мере совершенствования конструкции автомобилей [43, 78].

Нормативы корректируются коэффициентами в зависимости от следующих факторов:

- природно-климатических условий K_1 ;
- количества автомобилей на предприятии K_2 ;
- наработки автомобиля с начала эксплуатации (тыс. моточасов) K_3 ;
- использования рационального сочетания автомобиля и экскаватора K_4 ;
- крепости горных пород K_5 ;
- дорожных условий эксплуатации, учитывающих уклоны K_6 K_7 ;
- типа покрытия K_8 .

При этом в единых правилах безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых указано, что не допускается загрузка, превышающая установленную грузоподъемность автомобиля.

В то же время в регламенте технического обслуживания и ремонта указано, что условия погрузки карьерного автосамосвала должны обеспечивать наибольшую его сохранность [124-126].

Соответственно, тот факт, что порой перегрузка автосамосвалов может достигать 50%, при том что большинство производителей устанавливают предел разовой перегрузки – 10%, указывает на то что необходимо исследовать влияние перегрузки на техническое состояние и грузооборот автосамосвала, а также исследовать возможность дополнения нормативов ГОиР, в зависимости от условий эксплуатации.

При этом разработка метода расчета и обоснование рекомендаций по режимам работы на основе учета меняющихся условий эксплуатации и скоростных режимов движения имеет высокую практическую значимость.

1.4 Выводы по главе 1

В данной диссертационной работе целью является увеличение грузооборота карьерных автосамосвалов. 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.

ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОГО КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА

2.1 Существующие методы анализа и оценок эффективности карьерного автосамосвала

Карьерный автосамосвал является самым распространенным видом транспорта на горных предприятиях открытого типа. Постоянное развитие машины как системы агрегатов является предметом для исследований многих ученых. Большинство делает упор на аспект надежности машины в различных условиях эксплуатации. В инструкциях по эксплуатации автосамосвалов от производителей указано, что перегрузка машин недопустима, в то же время принятые на предприятиях регламенты ТООР также свидетельствуют о том, что перегруз не должен присутствовать в процессе эксплуатации машин. Увеличение темпов эксплуатации самосвалов, естественно, ведет к росту грузооборота, тем не менее, необходимо обратить внимание на то, какой конкретно эффект оказывает превышение нормативной загрузки в эталонных условиях предприятия на автосамосвал [8, 10, 11, 132].

Важным этапом при построении эффективной транспортной системы горнодобывающего предприятия является анализ и оценка существующего опыта. Современные системы строятся на базе учета факторов, определяющих особенности функционирования техники в условиях конкретного месторождения. При этом существует ряд решений, которые носят универсальный характер и могут быть применены для большинства условий. В то же время некоторые особенности конкретного месторождения могут носить определяющий характер и требуют повышенного внимания и, как следствие, уточнённого подхода. Одним из путей повышения эффективности функционирования транспорта горного предприятия является организация системы онлайн-мониторинга рабочих параметров машин с целью недопущения критических значений контролируемых величин, а также разработка обоснованных рекомендаций для принятия организационных и технических решений [123].

Сохранение работоспособного состояния машины – главная цель подразделений, занимающихся обслуживанием и ремонтом на предприятиях, но, как уже говорилось ранее, чаще выбирается ремонт по фактическому состоянию, а не планово-предупредительный формат обслуживания. Прежде всего, необходимо пояснить, что из себя представляют мероприятия ТОиР, и рассмотреть опыт производителей карьерных автосамосвалов.

Техническое и ремонтное обслуживание горных машин представляет собой систему мероприятий по поддержанию и восстановлению работоспособности горных машин. Правильно организованное техническое обслуживание техники позволяет повысить его надежность и своевременно подготовиться к ремонтным работам, таким образом снизив шанс возникновения внезапного отказа, тем самым:

- обеспечить безопасную работу техники;
- уменьшить общие эксплуатационные расходы за счет снижения общего числа отказов;
- сократить убытки при восстановлении работоспособности и поддержания исправного состояния машин.

Горные машины становятся сложнее, дороже и производительнее, поэтому предприятия понимают необходимость установки дополнительного оборудования на основные узлы [128, 130, 131]. Данная модернизация позволит контролировать и своевременно обслуживать дорогостоящее оборудование:

1. Рост экологических требований к продуктам сгорания топлива в двигателе внутреннего сгорания является причиной установки такого оборудования как:

- компьютерный блок управления двигателем;
- система датчиков и сенсоров, установленных на ДВС;
- сложный алгоритм управления впрыском топлива и подачи воздуха;
- система каталитической очистки выхлопных газов;
- система сажеулавливания.

2. Увеличение производительности карьерных машин:

- компьютерный блок управления трансмиссией;
- компьютерный блок управления гидросистемой;

- компьютерный блок управления тормозной системой;
- система датчиков и сенсоров на ДВС.

3. Развитие полевых компьютерных технологий (непрерывная самодиагностика и определение местоположения, определение текущего веса перемещаемой горной массы, передача данных на диспетчерские пункты) [106-111]:

- центральный компьютерный блок/бортовая сеть;
- системы самодиагностики, взвешивания и GPS;
- система передачи данных.

Все перечисленные решения позволяют повысить надежность горных машин. Надежность карьерного автосамосвала – свойство машины выполнять работу в карьере, сохраняя во времени или по пробегу эксплуатационные показатели в заявленных производителем пределах.

Долговечность – свойство горной машины сохранять работоспособность с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта до предельного состояния [34, 35].

Надежность горной машины связана со всеми этапами ее эксплуатации:

1. Надежность машины задается изготовителем при ее проектировании и расчетах, посредством улучшения:

- качества материалов, применяемых для изготовления деталей, и их соответствия спецификациям;
- качества проведения работ по сборке и монтажу узлов, агрегатов и машин в целом;
- уровня оборудования на заводах и обоснованности применяемых технологий;
- качеством проверочных, испытательных и тестовых работ.

2. При эксплуатации машины реализация заложенных при проектировании и изготовлении надежности и долговечности обеспечивается:

- уровнем сервиса (в частности, принятой системой ТО и ремонта);
- условиями функционирования и режимами работы горных машин;

- соответствием производственно-технической базы эксплуатирующих организаций и других;
- эталонными условиями эксплуатации;
- квалификацией управляющего и исполнительного персонала.

Сервис (в частности, ТО и ремонт) трансформировался в сложную систему управления техническим состоянием горных машин, которая становится ключевым элементом в достижении инвесторами целей по добыче полезных ископаемых, возврату инвестиций и получению прибыли [53, 114-118].

Цель управления техническим состоянием – поддержание технической готовности горных машин на заданном уровне при установленной стоимости его поддержания в течение всего жизненного цикла, с тем чтобы обеспечить заданную производительность карьера с установленной стоимостью владения машин и себестоимостью перемещенной тонны/кубометра горной массы [119-122].

Технически исправная готовая к эксплуатации машина должна соответствовать следующим критериям:

- все системы и агрегаты в технически исправном состоянии и их параметры находятся в установленных изготовителем пределах;
- горная машина полностью укомплектована: заправлена, шины в надлежащей кондиции и так далее.

Следует упомянуть, что основным критерием эффективной эксплуатации машины является коэффициент технической готовности, являющийся вероятностью того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается [134].

Простой по техническим причинам зачастую подразделяются на:

- Профилактическое Техническое Обслуживание (ТО);
- Внеплановые (аварийные) ремонты (ремонт внезапных отказов, критических показателей технического состояния);
- Плановые Ремонты;
- Диагностика;

- Другие работы.

Следует обратиться к опыту производителей техники для рассмотрения их методик. К примеру, компания CAT предлагает к установке следующие комплекты оборудования и ПО для карьерной техники:

- Мониторинг технического состояния агрегатов и систем горных машин – определение ранних признаков отклонений от норм для их последующего устранения планово («отложенные ремонты»);
- Мониторинг условий и применения машин в карьере (загрузка, скорость, состояние дорог);
- Плановый ремонт/замена основных агрегатов машин до их поломки (ППР или PCR);
- Планирование ремонтов и обеспечение их запасными частями и агрегатами, другими ресурсами;
- Техническое/Профилактическое обслуживание;
- Выполнение инспекций/ремонтов параллельно (например, во время ТО);
- Контроль Загрязнений в системах машин;
- Следование рекомендациям производителя (соответствие применяемым расходным материалам: ГСМ, фильтрующие элементы, режущие кромки рабочих инструментов, детали и узлы гусеничной ходовой части).

Визуализация стратегии представлена на рисунке 8.

На примере компании CAT можно разобрать факторы, влияющие на коэффициент полезного действия автосамосвала. В КТГ вносят вклад три фактора [45]:

1. частота простоев
2. длительность простоев
3. использование машины

Визуализация данной методики представлена на рисунке 9.

Для формирования полной картины понимания процесса стратегии компании CAT, нужно подробнее рассмотреть каждый пункт (рисунок 10).

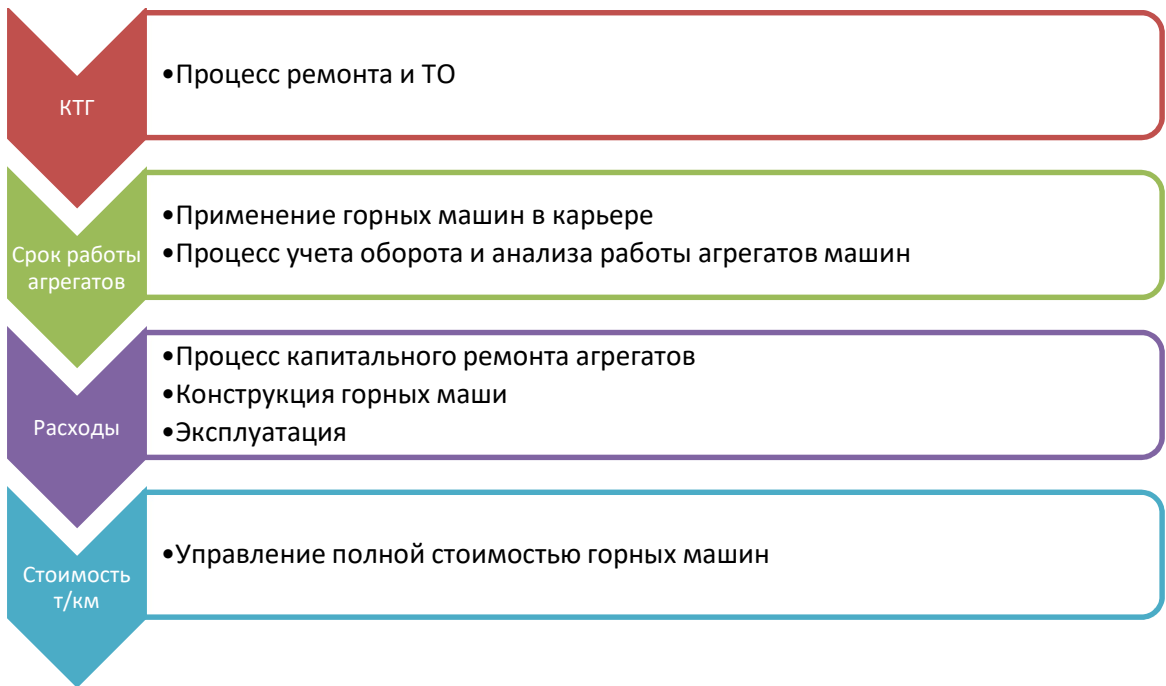


Рисунок 8 – Обобщенная система управления ТОиР

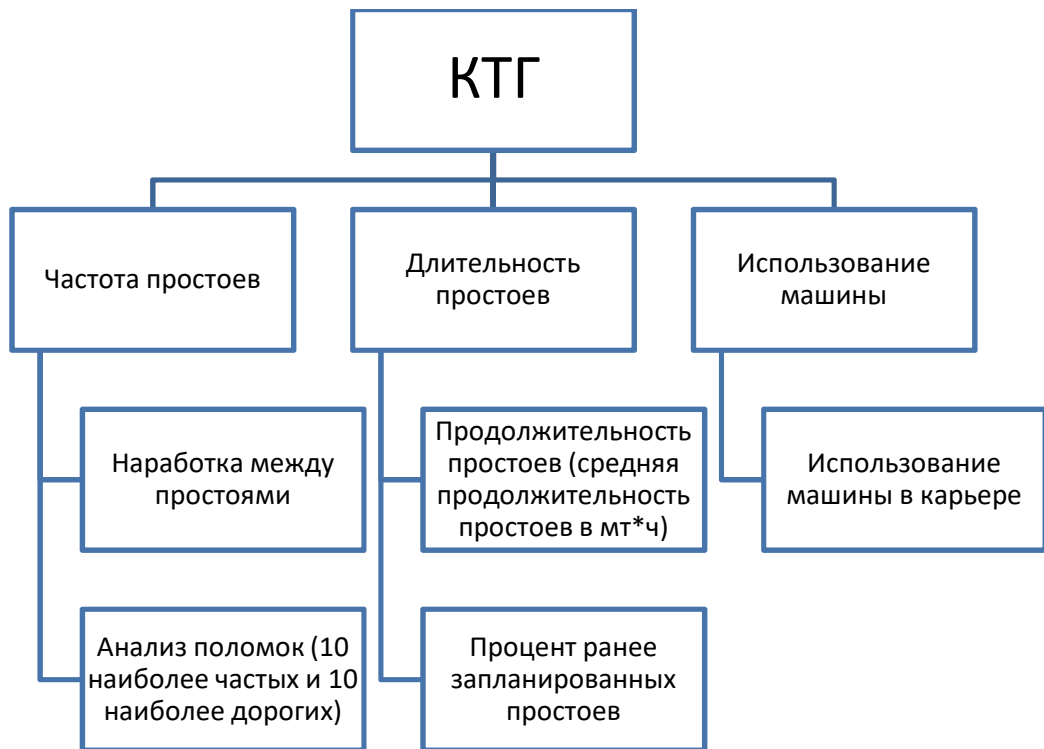


Рисунок 9 – Факторы, влияющие на КТГ



Рисунок 10 – Подробное описание системы управления ТОиР

Представленные на рисунке 11 факторы легли в основу дальнейших исследований. Чем больше количество параметров, постоянно снимаемых с функционирующей техники, тем выше возможность оперативного корректирования режимов работы автосамосвала с целью предотвращения возникновения критических отказов и, как следствие, потери работоспособности, и тем точнее будет прогноз ожидаемого экономического эффекта. Но получение эффекта возможно при условии уточнения существующих методик учета установленного уровня надежности машин [58, 59]. Ключевым критерием, по которому производится оценка текущего уровня надежности автосамосвала, как уже было сказано ранее, является КТГ, показывающий вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не допускается. С учетом естественных деградационных процессов, а также нерационального и неэффективного использования техники, КТГ с каждым годом будет уменьшаться [45].

Как уже говорилось ранее, сохранение установленного значения КТГ на уровне предыдущего периода эксплуатации является основным критерием сохранения эффективности автосамосвала.

Целью исследования является поиск баланса между сокращением уровня падения КТГ, отслеживанием частоты перегрузки, рациональным значением моточасов простоя техники и, самое главное, с точки зрения управления горным производством, наибольшим положительным экономическим эффектом [134].

Показатели надежности автосамосвала существенно зависят от горно-климатических условий и от того, насколько соблюдаются регламенты ТОиР при эксплуатации самосвалов. Кроме этого, показатели надежности зависят от множества других факторов, в том числе от конструкции, качества изготовления узлов [101]. Однако, именно качество изготовления автосамосвалов не в полной мере соответствует требованиям предприятий, эксплуатирующих данную технику (к примеру, на одном из предприятий перед началом эксплуатации автосамосвала

его кузов усиливают дополнительными ребрами жесткости, как показано на рисунке 12).

MTBS (средняя наработка между простоями)

- Среднее время работы (включая производственные задержки) между остановками машины в часах

MTTR (средняя продолжительность ремонта)

- Средний простой при остановках машины/Средняя длительность одного простоя в часах

Utilization of Availability (использование КТГ)

- % Времени работы машины от всего времени, когда машины исправна

Asset Utilization (использование машины)

- Доля времени работы машины от всего календарного времени

Availability Index (Индекс КТГ, %)

- Отношение средней наработки между простоями к сумме средней наработки между простоями и средним временем ремонта

% Scheduled Downtime - hrs (% времени простоя запланированного ранее)

- Доля времени запланированных ранее простоев от общего времени простоев по техническим причинам

% Scheduled Downtime - events (% количества простоев запланированного ранее)

- Доля количества запланированных ранее простоев от общего количества простоев по техническим причинам

Maintenance Ratio (коэффициент сервиса)

- Отношение трудозатрат на ремонт и ТО к часам работы машины в карьере

Рисунок 11 – Факторы работы автосамосвалов



Рисунок 12 – Модернизация кузова автосамосвала с целью увеличения надежности кузова собственными силами предприятия

Следует дать краткое описание стратегий технического обслуживания и ремонта (рисунок 13).

Реактивные			
Ремонт после отказа	Механическое оборудование эксплуатируется до выхода из работоспособного состояния – до отказа.	Минимальные затраты на техническое обслуживание.	Непредсказуемость возникающих отказов. Значительные затраты по ликвидации последствий отказов.
Ремонт по состоянию	Техническое обслуживание и ремонт проводятся в зависимости от фактического состояния машин и механизмов.	Ремонт проводится в оптимальные сроки, в необходимом объеме.	Отсутствие возможности влиять на сроки и объемы ремонтов оборудования. Нестабильность загрузки ремонтной службы.
Активные			
Планово-предупредительные ремонты	Принудительная замена узлов и деталей в сроки, устанавливаемые на основе статистического анализа отказов.	Повышение безотказности работы оборудования.	Значительные затраты на техническое обслуживание и ремонты. Замена работоспособных элементов.
Упреждающий ремонт	Выявление и устранение отклонений и неисправностей в работе механизмов.	Снижение объемов ремонтов и увеличение срока службы оборудования.	

Рисунок 13 – Описание стратегий ТОиР

В то же время, если говорить о компании БЕЛАЗ, то потребителям продукции предоставляются подробные инструкции, как и когда менять тот или иной узел автосамосвала по достижении определенного количества моточасов. Многие производители пользуются исключительно этим регламентом, ведя учет лишь моточасов эксплуатации конкретного узла в отдельные журналы. В то же время при довольно обширном парке техники может быть проблематично вписывать аварийный ремонт в график технического обслуживания и ремонта (рисунок 14). Своевременное обслуживание позволит избежать таких трудностей [28, 68, 102]. Но также стоит рассмотреть наиболее распространенную ситуацию, при которой обслуживание ведется по факту поломки. Необходимо изучить опыт эксплуатации автосамосвалов на предприятии и рассмотреть возможность детального изучения режимов работы машин, а конкретно уровень загрузки, в том числе, как частота перегрузки влияет на работу машины в целом, при условии, что перегрузка недопустима согласно правилам ТОиР предприятия и регламентам производителей.

№ п/п	Гараж, №	Наименование работ	Вид ремонта	Дни недели/смены													
				10.10.Пн		11.10.Вт		12.10.Ср		13.10.Чт		14.10.Пт		15.10.Сб		16.10.Вск	
				08:00	20:00	08:00	20:00	08:00	20:00	08:00	20:00	08:00	20:00	08:00	20:00	08:00	20:00
1	2.43	№ 500 м/ч 28299	ТО														
2	2.68	№ 500 м/ч 90384	ТО														
3	2.71	№ 500 м/ч 10832	ТО														
4	2.72	№ 500 м/ч 87322	ТО														
5	7.01	КР	КР														
6	7.03	№ 2000 м/ч 19766	ТО														
7	7.10	№ 2000 м/ч 21823	ТО														
8	7.14	№ 500 м/ч 18306	ТО														
9	7.15	№ 2000 м/ч 12775	ТО														
10	7.16	№ 300 м/ч 11212	ТО														
11	7.18	№ 4000 м/ч 2189	ТР														
12	7.20	№ 2000 м/ч 13799	ТО														
13	5.03	№ 1000 м/ч 20833	ТО														
14	2.13	замена АПН	ТО														
15	2.14	№1 м/ч 16012	ТО														
16	2.15	№1 м/ч 12080	ТО														
17	2.16	№3 м/ч 17885	ТО														
18	2.17	№2 м/ч 11113	ТО														
19	1.01	ремонт выхлопного тракта	ТР														
20	1.03	оправка	ТР														
21	1.04	№1 м/ч 16618	ТО														
22	1.05	№1 м/ч 16615	ТО														
23	1.10	№3 м/ч 13770	ТР														
24	1.11	КР	КР														
25	1.13	№3 м/ч 20817	ТО														
26	1.14	№3 м/ч 22815	ТО														
Количество машин ПЛАНОВО! ремонтирующихся в смену				6	6	7	7	7	8	6	9	7	8	7	5	7	4

Рисунок 14 – Пример графика ТОиР

2.2 Влияние условий эксплуатации автосамосвалов на показатели грузооборота

На основании обзора исследований, приведенных в 1 главе, были сделаны выводы, что в вопросах влияния нарушения эталонных условий эксплуатации остались нерешенные задачи [29-31, 54]. Как уже было сказано ранее, эталонные условия состоят из перечня параметров, в дополнение к которому, в регламентах технического обслуживания и ремонта указано, что превышать нормативную загрузку автосамосвала недопустимо. В то же время, производители указывают, что разовое нарушение нормативной загрузки (а по системе САТ можно перегружать трижды – по методике 10/10/20) это предельно допустимое отклонение от эталонных условий эксплуатации.

Все аспекты условий эксплуатации будут индивидуальны для каждого месторождения, но при этом некоторые из них статичны, то есть, к примеру, «климатическая зона месторождения», «коэффициент крепости породы» не будут меняться с течением времени [79, 80]. Такие аспекты как «доля участка с уклоном», «наработка автомобиля» будут динамичны. Все системы мониторинга технического состояния автосамосвала также направлены на удержание самосвала в рамках этих эталонных условий эксплуатации. Следует обратить внимание, что ни один из этих пунктов, а тем более содержание регламента ТОиР, не описывает ситуацию, при которой автосамосвал перегружается регулярно. Любое отклонение от эталонных условий требует учета, для этого существуют датчики загрузки кузова и другие, но при этом нет никакого регламентирующего документа, в котором однозначно было бы указано, что делать в случае регулярной перегрузки автосамосвалов и как это повлияет на работу техники, на обслуживание и так далее. Поэтому необходимо более детально изучить вопрос выявления взаимосвязей грузооборота автосамосвала с условиями эксплуатации.

Для максимального погружения в рассматриваемый аспект работы автосамосвала, необходимо пояснить, почему важно контролировать величину загрузки:

- Тормозная и рулевая системы карьерных самосвалов сертифицируются для определенного предельного полного веса машин (с учетом процентного запаса). Превышение полного предельного веса может привести к поломке и аварии машины.
- Напряжения, возникающие в раме, напрямую зависят от полного веса машины. При превышении допустимых пределов напряжений в раме появляются трещины, и в рассматриваемом узле может произойти отказ. Перегруз также снижает ресурс узлов и агрегатов машины.
- Крупногабаритные шины карьерных самосвалов имеют предел по нагрузке. При превышении нагрузки допустимых пределов происходит тепловое разрушение материала шины (рисунок 15). Может произойти взрывное разрушение шины и, как следствие, тяжелый отказ.
- Правильная загрузка карьерного самосвала (в соответствии с паспортом загрузки) обеспечивает достижение машинами расчетной производительности карьера, что позволяет получить предсказуемые параметры грузопотока, что особенно важно для корректного и ритмичного функционирования обогатительной фабрики.



Рисунок 15 – Состояние карьерных шин

Согласно руководствам по эксплуатации карьерной техники CAT (в данной ситуации следует пояснить, почему для примера выбрана именно техника CAT. Были проанализированы подходы различных фирм, в том числе БЕЛАЗ, Komatsu и других, и сделаны выводы, что существенной разницы в их подходах к форматам эксплуатации автомобилей как таковой нет, но CAT более детально рассматривает факты перегрузок), существует правило эксплуатации 10/10/20, которое гласит, что 90% всех загрузок горной массой должны быть меньше 110% номинальной целевой грузоподъемности машины. Не более 10% всех полезных загрузок могут превышать 10% от номинальной целевой грузоподъемности машины. И самое главное ограничение заключается в том, что недопустима загрузка горной массой, превышающая номинальную целевую грузоподъемность машины более чем на 20%.

При этом стоит отметить, что согласно руководству: 110-120% перегруз допустим, но не более чем в 10% случаев. При превышении этого предела могут произойти необратимые усталостные изменения в металле рамы.

В качестве примера ПО, позволяющего отслеживать загрузку автосамосвала, компания CAT использует TruckPayloadMonitoringSystem (TPMS). Приложение входит в стандартную конфигурацию для большегрузных самосвалов. Позволяет рассчитывать загрузку самосвала, основываясь на текущих значениях давления в цилиндрах подвески. Вес горной массы отображается на дисплее в кабине оператора и на табло с внешней стороны кабины – для оператора погрузочной машины (рисунок 16). Программа подсчитывает реальный цикл загрузки автосамосвала:

- Время загрузки;
- Расстояние и время перемещения как с грузом, так и порожним;
- Время выгрузки;
- Тоннаж;
- Потребление топлива.

Система имеет возможность предупреждения оператора, если загрузка самосвала превышает норму.



Рисунок 16 – Табло с информацией о текущей массе горной породы в кузове автосамосвала.

Из системы TPMS есть возможность выгрузки отчетов за определенный период времени (рисунок 17), из которых можно получить информацию о рейсах, загрузке самосвала и прочих параметрах машины. На основании этих отчетов можно строить гипотезы и планировать дальнейшую работу техники.

All Machines Detail													
All Machines Detail													
Time/Date	Payload SMH	Payload (tonnes)	Travel Empty Time (d:hh:mm:ss)	Travel Empty Distance (Km)	Stopped Empty Time (d:hh:mm:ss)	Load Time (d:hh:mm:ss)	Stopped Loaded Time (d:hh:mm:ss)	Loaded Travel Time (d:hh:mm:ss)	Loaded Travel Distance (Km)	Cycle Time (d:hh:mm:ss)	Cycle Distance (Km)	Loader Passes	Fuel Rate (Lit/Hr)
09/28/2011 11:10:35 PM	32.2	154.8	00:01:05	0	00:00:30	00:05:39	00:01:27	00:10:50	2	00:19:31	2	4	112.011
09/28/2011 11:40:08 PM	32.6	241.2	00:04:11	0.9	00:00:17	00:06:47	00:01:08	00:08:20	1.7	00:20:43	2.6	6	121.988
09/29/2011 12:00:47 AM	32.9	191.4	00:02:43	0.8	00:00:29	00:04:51	00:01:07	00:06:24	1.4	00:15:34	2.2	5	114.9
09/29/2011 12:16:21 AM	33.2	228.7	00:03:26	0.9	00:00:04	00:06:38	00:01:08	00:08:45	2.2	00:20:01	3.1	6	141.835
09/29/2011 12:38:22 AM	33.5	223.3	00:03:43	1.2	00:00:06	00:06:17	00:13:46	00:09:14	2.4	00:33:06	3.6	7	100.353
09/29/2011 01:09:31 AM	34.1	229.9	00:03:14	1.1	00:00:04	00:05:43	00:01:07	00:04:44	1.4	00:14:52	2.5	7	122.22

Truck Payload GPS Detail SSP00164											
Truck Payload GPS Detail SSP00164											
Time/Date	Payload SMH	Payload (tonnes)	Cycle Time (d:hh:mm:ss)	Cycle Distance (Km)	Loading Lon (D:M:S)	Loading Lat (D:M:S)	Loading GPS Status	Dumping Lon (D:M:S)	Dumping Lat (D:M:S)	Dumping GPS Status	Operator
09/28/2011 11:10:35 PM	32.2	154.8	00:19:31	2	-111:8:29.57	31:51:5.45	GPS Fix	-111:8:29	31:51:5.59	GPS Fix	0
09/28/2011 11:40:08 PM	32.6	241.2	00:20:43	2.6	-111:8:29.41	31:51:5.31	GPS Fix	-111:8:28.91	31:51:5.55	GPS Fix	0
09/29/2011 12:00:47 AM	32.9	191.4	00:15:34	2.2	-111:8:29.63	31:51:5.36	GPS Fix	-111:8:28.08	31:51:5.56	GPS Fix	0
09/29/2011 12:16:21 AM	33.2	228.7	00:20:01	3.1	-111:8:29.6	31:51:5.38	GPS Fix	-111:8:29	31:51:5.66	GPS Fix	0
09/29/2011 12:38:22 AM	33.5	223.3	00:33:06	3.6	-111:8:29.63	31:51:5.39	GPS Fix	-111:8:29.13	31:51:5.8	GPS Fix	0
09/29/2011 01:09:31 AM	34.1	229.9	00:14:52	2.5	-111:8:29.93	31:51:5.3	GPS Fix	-111:8:28.89	31:51:5.55	GPS Fix	0

Рисунок 17 – Пример отчета TPMS

Загрузка автосамосвала представляет собой непостоянную величину (варьируется от цикла к циклу), и многие машины эксплуатируются с нарушениями регламентов производителей. Есть возможность недогрузить машину (рисунок 18), но от этого, в основном, будет страдать фактический грузооборот предприятия за период времени и, соответственно, объем прибыли. Стоит обратить внимание на то, что будет с машиной, если ее перегружать, то есть машина будет эксплуатироваться в режиме, не предусмотренном регламентирующими

документами предприятия. Подобная ситуация распространена на многих действующих предприятиях горной отрасли. Причин такого рода эксплуатации может быть несколько: основная проблема может быть в невыполнении плана на необходимый отрезок времени, либо в острой нехватке техники. В таком случае предприятия могут пойти на нарушение условий эксплуатации.

Использование грузоподъемности самосвалов

Гаражный номер	Недогрузки (<90% целевой нагрузки), единиц (%)	Эффективно перевезенный груз (90÷110%), единиц (%)	Перегрузки (>110% целевой нагрузки), единиц (%)	Количество загрузок свыше 120% целевой нагрузки, единиц (%)
60	2788 (27,80)	6865 (68,47)	356 (3,55)	18 (0,18)
61	3764 (34,52)	6879 (63,09)	256 (2,35)	4 (0,04)
62	4782 (41,30)	6682 (57,71)	108 (0,93)	6 (0,05)
63	5733 (64,21)	3163 (35,42)	32 (0,36)	1 (0,01)
64	6326 (56,20)	4846 (43,05)	83 (0,74)	1 (0,01)
65	6171 (54,04)	5172 (45,29)	77 (0,67)	0 (0,00)
66	5467 (47,18)	5972 (51,54)	142 (1,23)	6 (0,05)
67	4702 (36,44)	7992 (61,93)	204 (1,58)	7 (0,05)
Сумма	39733 (44,84)	47571 (53,69)	1258 (1,42)	43 (0,05)
Цель	-10%	90%	-10%	0

Рисунок 18 – Использование грузоподъемности самосвалов

На рисунке 19 наглядно показано, что есть определенная доля автосамосвалов, загрузка которых превышает максимально разрешенный уровень (как уже было указано ранее – 120% от номинальной целевой грузоподъемности машины – красная зона).

Необходимо рассматривать не только парк конкретных машин на предприятии, но и также делить по парку рассматриваемой модели. В то же время необходимо изучать проблематику по каждой машине индивидуально, в данном случае был взят САТ 785. Может быть, что один самосвал будет искажать статистику всему парку, ввиду того что зачастую ретроспективные данные по работе единицы техники не являются репрезентативными в отношении конкретной выработки.



Рисунок 19 – График средней загрузки по парку автосамосвалов

2.3 Обоснование выбора условий проведения эксперимента. Горно-обогатительный комбинат

В качестве места проведения эксперимента с целью получения отчетов о работе карьерной техники было выбрано предприятие, активно использующее карьерные автосамосвалы и ведущее добычу и переработку железной руды (магнетит), апатитовой руды. На 2021 год объем выпуска основной продукции комбината составил свыше 5,7 млн. тонн железорудного концентрата, свыше 2,7 млн. тонн апатитового концентрата.

Отработка месторождения ведется на руднике открытым способом. Рядом с ним ведутся подготовительные работы для проведения вскрышных работ на площадке, где в будущем начнется строительство еще одного карьера. Добычные и вскрышные работы производятся на трех горизонтах, на двух нижних – с применением буровзрывных работ ввиду высокого коэффициента крепости вмещающих пород, не позволяющего производить безвзрывную отработку. Проектная глубина отработки открытым способом составляет приблизительно 700 м.

Вскрышные породы располагаются на двух отвалах неподалеку от карьера. Для обеспечения проведения добычных работ на предприятии задействованы

различные модели экскаваторов, среди которых представлены: канатные мехлопаты ЭКГ-8 и ЭКГ-10 со стандартными ковшами 8 и 10 м³ соответственно, применяемые зачастую вкуче с колесными погрузчиками Caterpillar 993К для погрузки вскрыши (рисунок 20); гидравлические экскаваторы с обратной лопатой: Bucyrus RH-120E, Liebherr R9250 с ковшами емкостью 16 м³, а также Caterpillar 6030FS с емкостью ковша 17 м³. Гидравлические экскаваторы используются для погрузки полезного ископаемого в автосамосвалы.



Рисунок 20 – Проведение вскрышных работ

На рисунке 20 представлен экскаватор ЭКГ-10, осуществляющий разрыхление и погрузку горной массы. Эту же операцию производит колесный фронтальный погрузчик 993К. В качестве транспортной машины выступает карьерный автосамосвал БЕЛАЗ-75139.

2.4 Обоснование выбора условий проведения эксперимента. Карьерный автосамосвал

В результате проведенного анализа возникает гипотеза по изучению фактического опыта работы автосамосвалов, а также условий эксплуатации машин. Основным аспектом, на который следует обратить внимание, выбирается уровень загрузки автосамосвалов в конкретных условиях эксплуатации, потому что не столько важно то, что машина работает в режимах, не предусмотренных документами, сколько степень нарушения [100].

Транспортная техника представлена парком карьерных автосамосвалов сразу трех фирм: БЕЛАЗ, KOMATSU и Caterpillar (рисунок 21), из которого: БЕЛАЗ-75307 – 5 ед., БЕЛАЗ-75313 – 7 ед., БЕЛАЗ-75139 – 9 ед., БЕЛАЗ-75180 – 2 ед., САТ-789D–22 ед., САТ-785С - 17 ед., HD-785-7 -7 ед. Таким образом, парк техники включает в себя автосамосвалы модели сразу трех классов грузоподъемности: 130, 180 и 220 тонн.



Рисунок 21 – БЕЛАЗ-75313 (слева) и САТ-789D (справа) в ремонтном боксе

Угол откоса уступа крайне крутой для уступов, складываемых из схожих скальных пород, а именно – 80-85°. Угол откоса борта карьера также очень крутой: угол откоса рабочего борта - 25°, нерабочего - 60°.

Крутизна бортов и уступов обусловлена высоким коэффициентом внутреннего сцепления пород, малой трещиноватостью и слабой водоносностью массива.

Все вопросы, связанные с функционированием, ремонтом и техническим обслуживанием карьерных автосамосвалов и вспомогательной техники (парополивальные установки на самоходном шасси, вахтовые автобусы и заправщики топливом) относятся к зоне ответственности подразделения технологического транспорта (ПТТ).

Подразделение технологического транспорта (рисунок 22) состоит из трёх отделов: первый связан с обеспечением функционирования техники (все водители,

диспетчеры, начальники смены и вспомогательный персонал); второй отдел включает в себя инженеров по планированию технического обслуживания и ремонта, нормировке рейсов, а также техническое бюро; третий отдел отвечает за все вопросы, связанные с непосредственным выполнением задач по ремонту и техническому обслуживанию техники.

Основным программным продуктом, которым пользуются на предприятии для мониторинга работы автосамосвалов, является ПО «Карьер». Как описывалось ранее, эта система позволяет получать статистическую информацию о работе (аналог TPMS от CAT) и контролировать некоторые параметры в режиме реального времени.



Рисунок 22 – Диспетчерская подразделения технологического транспорта.

Основной функционал ПО «Карьер» – это отчеты о работе автосамосвалов. Данные отчеты позволяют посмотреть, в каком режиме эксплуатируется тот или иной автосамосвал, выяснить факт наличия перегрузки, частоту этого явления, а также оценить влияние перегрузки на весь автосамосвал как систему агрегатов.

2.5 Выводы по главе 2

1. Изучены существующие методы анализа и оценок эффективности карьерного автосамосвала, демонстрирующие, что условия эксплуатации являются важным аспектом работы техники.

2. Проработано влияние условий эксплуатации автосамосвала на показатели работы машины. Обоснована необходимость детальной проработки и изучения влияния условий эксплуатации на грузооборот автосамосвала.

3. Обоснован выбор условий проведения экспериментальных наблюдений, что позволит получить более репрезентативные данные о работе, а также конкретизировать модели автосамосвалов для изучения.

ГЛАВА 3 АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА

3.1 Системы удаленного мониторинга, контролирующие соблюдение эталонных условий эксплуатации

Появление возможности оперативного удаленного мониторинга отдельных функциональных параметров карьерных автосамосвалов в скором времени позволит повысить оперативность принятия решений, а также обосновать рациональность режимов работы техники и тем самым перейти к безлюдной выемке и транспортированию горной массы [27].

Чем больше количество параметров функционирующей техники постоянно контролируется, тем выше возможность оперативного изменения режимов работы автосамосвала с целью предотвращения возникновения аварийных отказов и потери работоспособности, и тем точнее прогноз ожидаемого экономического эффекта при условии уточнения существующих методик учета установленного уровня надежности машин. Ключевым фактором, по которому производится оценка текущего уровня надежности автосамосвала, является КТГ, показывающий вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не допускается. С учетом естественного старения узлов и агрегатов машины, а также неэффективного использования техники, КТГ с каждым годом будет уменьшаться. Сохранение установленного значения КТГ на уровне предыдущего периода эксплуатации является основным критерием сохранения эффективности автосамосвала и, как правило, достигается посредством снижения интенсивности эксплуатации машины. Задачей является поиск баланса между сокращением уровня падения КТГ, отслеживанием интенсивности перегрузки, сокращением моточасов простоя техники и, самое главное с точки зрения управления горным производством, наибольшим положительным экономическим эффектом [134].

Как уже отмечалось выше, для оперативного получения информации используется ПО «Карьер». С целью повышения надежности транспортных машин

силами служб оперативного контроля и управления горнотранспортными комплексами горно-обогатительного комбината (ГОК) производится сбор и обработка отчетов системы, дополнение этих отчетов данными, которые система получать автоматически не может.

В рамках проведения технического обслуживания карьерных автосамосвалов предприятием была выбрана стратегия жесткого следования указаниям завода-изготовителя техники касательно его регламента и периодичности. В ходе дальнейшего анализа методик проведения ТО и журналов регистрации моточасов техники, проходящей определенный тип ТО, за 2020-2021 года в условиях предприятия было установлено три факта:

1) Отклонение от нормативного срока проведения составило не более 50 часов, что объясняется невозможностью немедленного вывода из технологического процесса обслуживаемой машины или же ожиданием доставки необходимых запчастей;

2) Регламент проведения каждого из типов ТО, установленный заводом-изготовителем и представленный в руководстве по эксплуатации и ремонту техники, соблюдается неукоснительно. Двусторонний контроль (со стороны механика ремонтной службы и инженера технического бюро) каждой из операций подтверждается записями в журналах учета проведения ТО (рисунок 23);

3) Материальная и ресурсная база ПТТ полностью удовлетворяет потребности в расходных элементах для проведения ТО.

Таким образом, можно установить, что силами инженерно-технических работников ПТТ не было разработано оригинальных методик проведения ТО, его порядок и сроки проведения полностью совпадают со стандартным регламентом ТОиР и рекомендациями завода-изготовителя.

			ТО за АПРЕЛЬ месяц 2019																								
№	Марка м/л	Гар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	САТ-785	250																									
6	1 САТ-785	251																									
7	2 САТ-785	252																									
8	3 САТ-785	253																				1000					
9	4 САТ-785	254																									
10	# САТ-785	256																									
11	# САТ-785	257																									
12	# САТ-785	258						500																			
13	# САТ-785	259																								1000	
14	# САТ-785	260																						500			
15	# САТ-785	261						500																			
16	# САТ-785	262									4000																
17	# САТ-785	263																				500					
18	# САТ-785	264																									
19	# САТ-785	265										500															
20	# САТ-785	266		4000																							
21	# САТ-785	267																							2000		
22	# САТ-785	268													4000												
23	# САТ-785	269						4000																			
24	# САТ-785	270																									
25	# САТ-785	271	500																								
26	# САТ-785	272																									
27	# САТ-785	273																									4000
28	# САТ-785	274			500																						1000
29																											
31	1 САТ-777	402						250														4000					
32	2 САТ-777	404																									
35	3 САТ-777	407													250		4000										
36	4 САТ-777	408				4000																					
37																						250					
41	1 Б-75139	211										1050															
42	2 Б-75139	212										350															
43	# Б-75139	240				350																		700			
44	# Б-75139	241																									
45	# Б-75139	242															350										
46	# Б-75139	243	700																							350	
47	# Б-75139	244						350																			700

Рисунок 23 – Записи о моточасах проведения ТО машин в итоговом ежемесячном отчете

Ввиду ограниченности функциональных возможностей используемой версии ПО «Карьер», а также отсутствия необходимости со стороны инженерно-технического персонала ПТТ, дистанционный мониторинг возможен лишь для узкого перечня теоретически возможных параметров, а именно всех тех, что лишь непосредственно связаны с определением показателей эффективности парка техники: показания системы контроля загрузки и топлива (СКЗиТ), данные с системы позиционирования машин (скорость движения, положение, время рейса и так далее), аналитика простоев. Удаленный мониторинг технического состояния узлов и деталей, за исключением системы мониторинга давления шин, не производится. Таким образом, ключевой вид отчетов, формируемых ПО «Карьер», это отчет по грузоперевозкам (рисунок 24). В ходе экспериментальных наблюдений на предприятии были получены данные месячные отчеты по каждой единице транспортной техники за 2020 и 2021 года.

Дата и время	Смесь	Модель	Экспла	Горизонт горн	Пункт разгн	Горизонт разгн	Вид ргн	Категория вида работ	Расстояние транспортировк	Приведённое расстояние	Вес нормативный	Вес фактический	Объем нормативный	Объем фактический	Количество рейсов
01.02.2020	101	Белваз-793	2	322	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша АШР с рамоса МА	2,57	2,86	3332	3898,6	1216,01	1415,51	17
01.02.2020	101	Белваз-793	7	238	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	4,45	5,04	199	210	76,63	76,64	1
01.02.2020	102	Белваз-793	2	322	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша АШР с рамоса МА	2,56	2,85	1764	2079	643,77	756,73	9
01.02.2020	102	Белваз-793	7	238	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	4,48	5,07	199	169	72,63	61,68	1
01.02.2020	103	Белваз-793	10	280	Склад АШР_29	290	АШР со ск	АШР со склада на склад	0,45	0,55	392	408	142,02	147,82	2
01.02.2020	103	Белваз-793	1	322	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша АШР с рамоса МА	2,55	2,82	3724	4337,7	1359,07	1583,04	19
01.02.2020	103	Белваз-793	7	238	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	4,46	5,05	199	206	72,63	75,18	1
01.02.2020	105	Белваз-793	10	280	Склад АШР_29	290	АШР со ск	АШР со склада на склад	0,43	0,53	392	404	142,02	146,37	2
01.02.2020	105	Белваз-793	2	322	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша АШР с рамоса МА	2,56	2,86	3136	3636,4	1144,48	1327,83	16
01.02.2020	105	Белваз-793	7	238	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	4,48	5,07	199	198	72,63	72,27	1
01.02.2020	106	Белваз-793	1	178	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,60	7,71	1470	1453,9	536,48	530,6	7
01.02.2020	106	Белваз-793	1	178	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,72	6,05	2100	2136	766,4	779,54	10
01.02.2020	107	Белваз-793	1	178	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,59	7,72	1470	1603,7	536,48	585,27	7
01.02.2020	107	Белваз-793	1	178	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,72	6,01	1470	1605,8	536,48	586,04	7
01.02.2020	108	Белваз-793	1	178	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,59	7,70	1470	1628,9	536,48	584,47	7
01.02.2020	108	Белваз-793	1	178	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,73	6,02	1890	2051,1	689,76	748,55	9
01.02.2020	110	Белваз-793	1	178	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,60	7,72	1260	1408,8	459,84	514,14	6
01.02.2020	110	Белваз-793	1	178	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,72	6,06	2100	2321	766,4	847,05	10
01.02.2020	111	Белваз-793	1	178	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,59	7,70	1260	1404	459,84	512,39	6
01.02.2020	111	Белваз-793	1	178	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,73	6,05	2100	2313	766,4	844,13	10
01.02.2020	112	Белваз-793	1	178	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,63	7,74	1260	1383	459,84	504,73	6
01.02.2020	112	Белваз-793	1	178	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,76	6,01	2510	2546,5	843,04	929,35	11
01.02.2020	113	Белваз-793	2	322	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша АШР с рамоса МА	2,57	2,86	4296	4834,4	1567,92	1881,93	24
01.02.2020	212	Белваз-793	15	317	Автодорога_17	295	Внутрика	Вспомогательные работы	7,37	8,32	126	129	37,72	38,62	2
01.02.2020	212	Белваз-793	15	317	Вункер ДК	142	МНКН на	Перевозки со склада МНР	3,76	7,51	900	912,2	149,72	153,07	4
01.02.2020	212	Белваз-793	15	317	Склад МНР-4	317	Внутрика	Вспомогательные работы	0,39	0,79	126	164	37,72	49,27	1
01.02.2020	211	Белваз-793	43	-123	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	5,27	13,08	904	531,2	157,52	166,02	4
01.02.2020	211	Белваз-793	15	298	Вункер ДК	142	МНКН на	Перевозки со склада МНР	3,94	3,19	900	515,2	152,44	137,07	4
01.02.2020	212	Белваз-793	15-92	310	Вункер ДК	142	МНКН на	Перевозки со склада МНР	2,87	3,02	1000	1007,1	299,44	301,6	9
01.02.2020	212	Белваз-793	15-92	269	Вункер КД	269	Рудз со с	Рудз со склада	0,21	0,24	375	363	107,76	104,31	3
01.02.2020	212	Белваз-793	15-92	269	Пряминей Бун	269	Рудз со с	Рудз со склада	0,19	0,27	2625	2618,7	754,32	752,51	21
01.02.2020	212	Белваз-793	15	-185	Вункер ДК	142	Добача Я	Добача (общая)	5,74	9,03	130	129	35,14	34,87	1
01.02.2020	240	Белваз-793	15-92	310	Вункер ДК	142	МНКН на	Перевозки со склада МНР	3,60	4	125	132	37,43	39,53	1
01.02.2020	240	Белваз-793	10	214	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,61	8,80	126	138	42	46	1
01.02.2020	240	Белваз-793	15-92	-123	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	9,26	14,20	378	398,1	118,14	124,42	3
01.02.2020	240	Белваз-793	15	298	Вункер ДК	142	МНКН на	Перевозки со склада МНР	2,85	2,99	875	858,2	266,77	261,65	7
01.02.2020	240	Белваз-793	15	298	Склад МНР-4	317	Внутрика	Вспомогательные работы	0,88	0,88	126	107	37,17	31,57	1
01.02.2020	241	Белваз-793	10	214	Отвал №2	370	Вскриша	Вскриша (общая)	5,27	8,22	2510	2658	840	886	20
01.02.2020	242	Белваз-793	15-92	269	Вункер ДК	142	Рудз со с	Рудз со склада	2,56	3,75	250	235	71,84	67,53	2
01.02.2020	242	Белваз-793	142	-185	Вункер ДК	142	Добача Я	Добача (общая)	5,72	9,01	390	408,9	105,42	110,53	3
01.02.2020	242	Белваз-793	143	-123	Отвал №3_450	450	Вскриша	Вскриша (общая)	9,28	14,23	504	502	157,52	156,89	4

Рисунок 24 – Аналитический отчет по итогам смены за февраль 2020 г.

Любой простой, не предусмотренный технологией ведения горных работ, фиксируется оператором техники, диспетчером (и/или непосредственно начальником смены), а также сменным механиком. Таким образом, в аналитических отчетах ПТТ за заданный период (рисунок 25) фиксируется номер машины, срок простоя и возможная причина отказа. После проведения диагностики в отчетах фиксируется окончательная причина возникновения отказа.

Начало события	Смена	Цех/Подразделение	Отделение, участок	Наименование оборудования	Технологический номер оборудования	Тип события	Описание события	Начало события, дата, час., мин.	Окончание события, дата, час., мин.	Время простоя, ч	Время в ремонте, ч	Потери,	Категория оборудования	Эффект события	Отказавший элемент оборудования	Названия оборудования (Марка, в в М/С, Типовой годовой пропускной/отпускной в горной массе и пр.)
01.07.21 08:00	4	ЦТТ	АРМ	Б-7307	101		Ожидание запасных частей	01.07.21 08:00:00	01.07.21 20:00:00	12,00			Автосомасвал	Остановка сам		37596
01.07.21 20:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7307	101		Ожидание запасных частей	01.07.21 20:00:00	01.07.21 07:59:59	12,00			Автосомасвал	Остановка сам	Рама	37596
01.07.21 08:00	4	ЦТТ	АРМ	Б-7307	103		Завис, свёрка пр. лонжерона рамы	01.07.21 08:00:00	01.07.21 20:00:00	12,00	12,00		Автосомасвал	Остановка сам	Рама	
01.07.21 20:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7307	103		свёрка	01.07.21 20:00:00	01.07.21 07:59:59	12,00	12,00		Автосомасвал	Остановка сам	Рама	
01.07.21 20:20	5	ЦТТ	АРМ	Б-7307	104		устраивали течь	01.07.21 20:20:00	01.07.21 21:20:00	1,00	1,00		Автосомасвал	Остановка сам		30868
01.07.21 20:40	5	ЦТТ	АРМ	Б-7307	105		закрепили палец	01.07.21 20:40:00	01.07.21 21:59:59	1,33	1,33		Автосомасвал	Остановка сам	Задняя подвеска	28372
01.07.21 20:50	5	ЦТТ	АРМ	Б-7313	106		залучил	01.07.21 20:50:00	01.07.21 20:59:59	1,00	1,00		Автосомасвал	Остановка сам	ДВС	20827
01.07.21 18:20	4	ЦТТ	АРМ	Б-7313	108		Парегия за об.	01.07.21 18:20:00	01.07.21 20:00:00	1,67	1,67		Автосомасвал	Остановка сам	Электрооборудование	
01.07.21 09:10	4	ЦТТ	АРМ	Б-7313	112		устраивали течь	01.07.21 09:10:00	01.07.21 09:59:59	9,67	9,67		Автосомасвал	Остановка сам	Система охлаждения	
01.07.21 09:10	4	ЦТТ	АРМ	Б-7313	112		Эвакуация из карьера	01.07.21 09:10:00	01.07.21 11:59:59	2,83	3,50		Автосомасвал	Остановка сам		
01.07.21 12:00	4	ЦТТ	АРМ	Б-7313	112		Нет кода	01.07.21 12:00:00	01.07.21 15:30:00	3,50	3,50		Автосомасвал	Остановка сам	Электрооборудование	
01.07.21 20:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7310	113		Ожидание запасных частей	01.07.21 20:00:00	01.07.21 07:59:59	12,00			Автосомасвал	Остановка сам		15284
01.07.21 08:00	4	ЦТТ	АРМ	Б-7519	211		ТО-1	01.07.21 08:00:00	01.07.21 13:30:00	5,50	5,50		Автосомасвал	Остановка сам	ТО	41673
01.07.21 23:40	5	ЦТТ	АРМ	Б-7519	213		наполнил литолом	01.07.21 23:40:00	01.07.21 23:59:59	0,33	0,33		Автосомасвал	Остановка сам		8966
01.07.21 18:00	4	ЦТТ	АРМ	Б-7519	215		Мойка	01.07.21 18:00:00	01.07.21 20:00:00	2,00			Автосомасвал	Остановка сам		2285
01.07.21 20:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7519	215		Плановое ТО	01.07.21 20:00:00	01.07.21 23:59:59	4,00	4,00		Автосомасвал	Остановка сам	ТО	2285
01.07.21 20:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7519	216		Эвакуация из карьера	01.07.21 20:00:00	01.07.21 20:59:59	1,00	1,00		Автосомасвал	Остановка сам		
01.07.21 21:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7519	216		ремонт электрооборудования	01.07.21 21:00:00	01.07.21 21:59:59	1,00	1,00		Автосомасвал	Остановка сам	Электрооборудование	
01.07.21 20:00	5	ЦТТ	АРМ	Б-7519	219		ничья подвеска	01.07.21 20:00:00	01.07.21 20:30:00	0,50	0,50		Автосомасвал	Остановка сам	Задняя подвеска	1200
01.07.21 12:40	4	ЦТТ	АРМ	Б-7519	244		бегает, рем. системы	01.07.21 12:40:00	01.07.21 17:59:59	5,33	5,33		Автосомасвал	Остановка сам		

Рисунок 25 – Журнал учета производственных событий за июль 2021 г.

Также силами технического бюро, ответственного за показатели карьерной техники, производится определение комплексного показателя надежности – коэффициента технической готовности как для всего модельного парка техники,

так и для каждой конкретной машины в отдельности. Этот же отдел осуществляет установку планового показателя КТГ на конец месяца. Были сформированы сводные отчеты по изменению КТГ (рисунок 26) по дням каждого месяца для каждой конкретной машины в рамках рассматриваемого периода – 2020 и 2021 года.

СПРАВКА О ВЫПОЛНЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ (для расчета премии по рем.персоналу)				
		Апрель		2020г
Технологический транспорт				
МАРКА автосамосвалов	Время в испр.состоянии (авточас)		КТГ (%)	
	план	факт	план	факт
САТ-777D	2 124	2305	73,8	80,1
САТ-785С	12 981	10728	82,0	79,8
БелАЗ-75139	5 965	5568	75,3	71,5
БелАЗ-75307	2 492	2851	69,2	79,2
БелАЗ-75313	4 331	3715	85,9	81,9
БелАЗ-75180	1 322	1314	91,8	91,2
НД-785-7	2 051	1985	95,0	95,1
САТ-789D	8 180	8207	94,7	95,0
Плановый КТГ, %	83,0			
Фактический КТГ, %	82,6			
% выполнения	99,5			

Рисунок 26 – Сводный отчет по изменению КТГ за апрель 2020 г.

Таким образом, следует отметить крайне информативную и полную аналитику количественных показателей надежности и их составляющих, проводимую службами ПТТ предприятия.

Следует подробнее указать, какая конкретно информация содержится в отчетах (таблица 1). Список параметров автосамосвалов, на которые обращает внимание персонал ПТТ, указан в таблице 2.

Таблица 1 – Список данных, получаемых из отчетных журналов

Отчет по рейсам	Отчет по итогам смены	Журнал учета производственных событий	Сводная таблица простоев
Пункт разгрузки	Дата и смена	Тип события	№ а/с
Вид работ	Горизонт погрузки	Классификация события	Дата смена
Горизонт погрузки	Пункт разгрузки	Описание события	Начало события
Количество рейсов	Горизонт разгрузки	Начало события, дата, часы, мин	Окончание события

Продолжение таблицы 1

Отчет по рейсам	Отчет по итогам смены	Журнал учета производственных событий	Сводная таблица простоев
Расстояние (км)	Вид работ	Окончание события, дата, часы, мин	Время простоя
Вес фактический (т)	Расстояние транспортирования (км)	Время простоя (ч)	Время в ремонте
Объем фактический (м ³)	Приведенное расстояние (км)	Время в ремонте (ч)	Тип события
Вес нормативный (т)	Вес нормативный (т)	Потери (т) (пустой)	Эффект события
Объем нормативный (м ³)	Вес фактический (т)	Эффект события	Отказавший элемент
Горизонт погрузки по датчикам	Объем нормативный (м ³)	Отказавший элемент оборудования	Наработка
Горизонт разгрузки по датчикам	Объем фактический (м ³)	Срок выполнения ремонтных работ (пустой столбец)	Описание события
Время погрузки	Количество рейсом за смену	Наработка (м/ч)	-
-	Отработано машиномен (ч)	-	-
-	Грузооборот (т)	-	-
-	Пробег с грузом (км)	-	-
-	Пробег общий (км)	-	-

Таблица 2 – Информационная таблица причин отказов по моделям автосамосвалов

БЕЛАЗ		САТ	
Категории причин ТР	Системы а/с	Категории причин ТР	Системы а/с
аппараты пн\системы (водоотделитель, рег. давления)	пневмосистема	АКПП	силовая передача
Вентилятор охл. тяг. эл. двигателей	тяговый эл. привод	Бортовые редукторы	силовая передача
ДВС	двигатель	Гидротрансформатор	силовая передача
ДВС (водяной насос)	система охлаждения двигателя	ДВС	силовая передача
ДВС (долив ОЖ)	двигатель	ДВС (водяной насос)	система охлаждения двигателя

Продолжение таблицы 2

БЕЛАЗ		САТ	
ДВС (радиатор)	система охлаждения двигателя	ДВС (долив ОЖ)	двигатель
ДВС (термостат)	система охлаждения двигателя	ДВС (радиатор)	система охлаждения двигателя
зарядный генератор	эл.оборудование	ДВС (термостат)	система охлаждения двигателя
кабина	оборудование кабины и оперение	зарядный генератор	эл.оборудование
насос подъема	опрокидывающий механизм	кабина	оборудование кабины и оперение
ОГС	объединенная гидросистема	насос подъема	опрокидывающий механизм
передняя ось	ходовая	ОГС (долив масла)	объединенная гидросистема
подвеска	ходовая	передняя ось	ходовая
поперечные штанги ПП и ЗП	ходовая	подвеска	ходовая
РМК	тяговый эл.привод	РУ (г\цилиндр поворота)	рулевое управление
РУ (г\цилиндр поворота)	рулевое управление	РУ (долив масла в гидробак)	рулевое управление
РУ (долив масла в гидробак)	рулевое управление	РУ (насос)	рулевое управление
РУ (рулевой механизм)	рулевое управление	РУ (рулевой механизм)	рулевое управление
сварка кузова	сварочный ремонт	сварка кузова	сварочный ремонт
сварка рамы	сварочный ремонт	сварка рамы	сварочный ремонт
эл.обор (световая и звуковая сигнализация)	эл.оборудование	световая и звуковая сигнализация	эл.оборудование
система охл.тяг.эл.привода	тяговый эл.привод	ступицы колес	ходовая
ступицы колес	ходовая	тормозные механизмы	тормозные системы
тормозные механизмы	тормозные системы	центральные шарниры подвесок	ходовая
центральные шарниры подвесок	ходовая	Центральный опрокидывающий механизм	опрокидывающий механизм
Центральный опрокидывающий механизм	опрокидывающий механизм	VIST	-
шинные работы	ходовая	эл.обор (световая и звуковая сигнализация)	эл.оборудование
Эл.машины (СГ)	тяговый эл.привод	-	-
Эл.машины (тяговый эл.двиг)	тяговый эл.привод	-	-

3.2 Влияние отклонения от эталонных условий эксплуатации автосамосвалов на грузооборот

Первым этапом обработки данных было построение суточных графиков эксплуатации парка техники на основании таблиц с фактическими данными (таблицы 3-17), с целью формирования представления о фактическом использовании карьерных автосамосвалов на предприятии (рисунки 27-42). На каждом графике для удобства восприятия сформирована желтая кривая, которая представляет собой фактический уровень загрузки на конкретный рейс в течение суток. Также показан нормативный уровень загрузки (зеленая линия), принятый на предприятии, предельно допустимый уровень загрузки, который представляет собой 10% предел от нормативного уровня (черная линия). Данный предел был взят исходя из регламентов производителей, описанных в главе 2. С целью визуального отображения среднего значения фактического уровня загрузки была сформирована красная линия. Регламенты предприятия и производителей по эксплуатации карьерных автосамосвалов указывают, что перегрузка недопустима, соответственно, среднее значение фактического уровня должно совпадать с нормативной загрузкой, при этом пиковые значения загрузки обязательно должны быть ниже линии предельного значения.

Таблица 3 – Фактические значения загрузки Б-75139 за 05.01.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
134	143	130	132,5
130	143	130	132,5
134	143	130	132,5
128	143	130	132,5
132	143	130	132,5
129	143	130	132,5
133	143	130	132,5
128	143	130	132,5
128	143	130	132,5
133	143	130	132,5
130	143	130	132,5
133	143	130	132,5
135	143	130	132,5
132	143	130	132,5
128	143	130	132,5

Продолжение таблицы 3

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
132	143	130	132,5
136	143	130	132,5
146	143	130	132,5
139	143	130	132,5
130	143	130	132,5
136	143	130	132,5
127	143	130	132,5
132	143	130	132,5
126	143	130	132,5
140	143	130	132,5
132	143	130	132,5
125	143	130	132,5
130	143	130	132,5
144	143	130	132,5
135	143	130	132,5
126	143	130	132,5
136	143	130	132,5
126	143	130	132,5
131	143	130	132,5
126	143	130	132,5
131	143	130	132,5
92	143	130	132,5
104	143	130	132,5
134	143	130	132,5
134	143	130	132,5
131	143	130	132,5
93	143	130	132,5
120	143	130	132,5
129	143	130	132,5

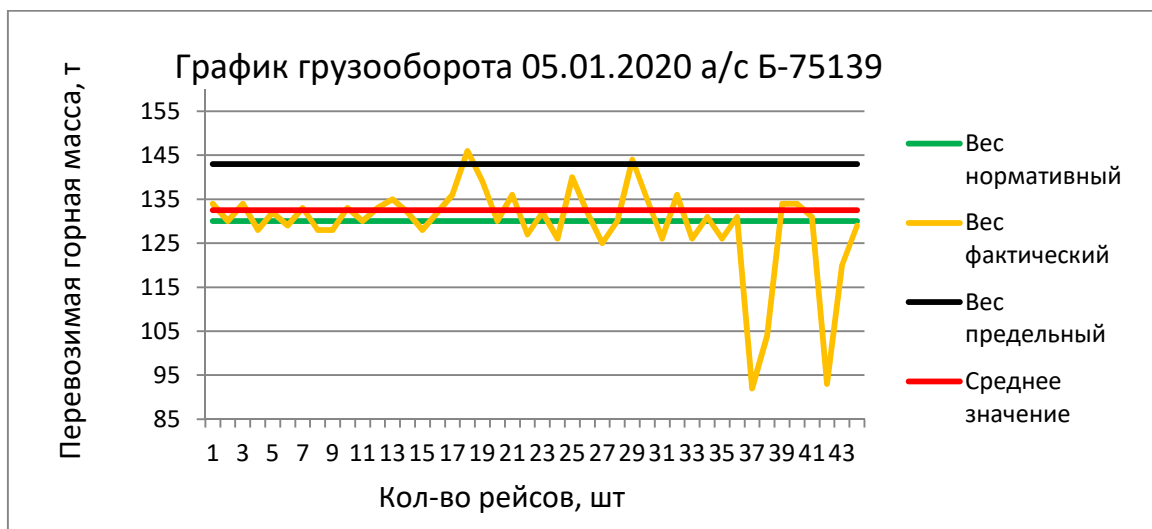


Рисунок 27 – Суточный график Б-75139 за 05.01.2020

На рисунке 27 наблюдается вполне стандартная эксплуатация карьерного автосамосвала, где есть небольшие пиковые значения загрузки, превышающие допустимый предел.

Таблица 4 – Часть фактических значений загрузки Б-75139 за 11.03.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
152	143	130	138
135	143	130	138
130	143	130	138
130	143	130	138
131	143	130	138
134	143	130	138
149	143	130	138
136	143	130	138
135	143	130	138
138	143	130	138
136	143	130	138
138	143	130	138
144	143	130	138
146	143	130	138
132	143	130	138
132	143	130	138
134	143	130	138
134	143	130	138
132	143	130	138
132	143	130	138
137	143	130	138
136	143	130	138
141	143	130	138
132	143	130	138
140	143	130	138
138	143	130	138

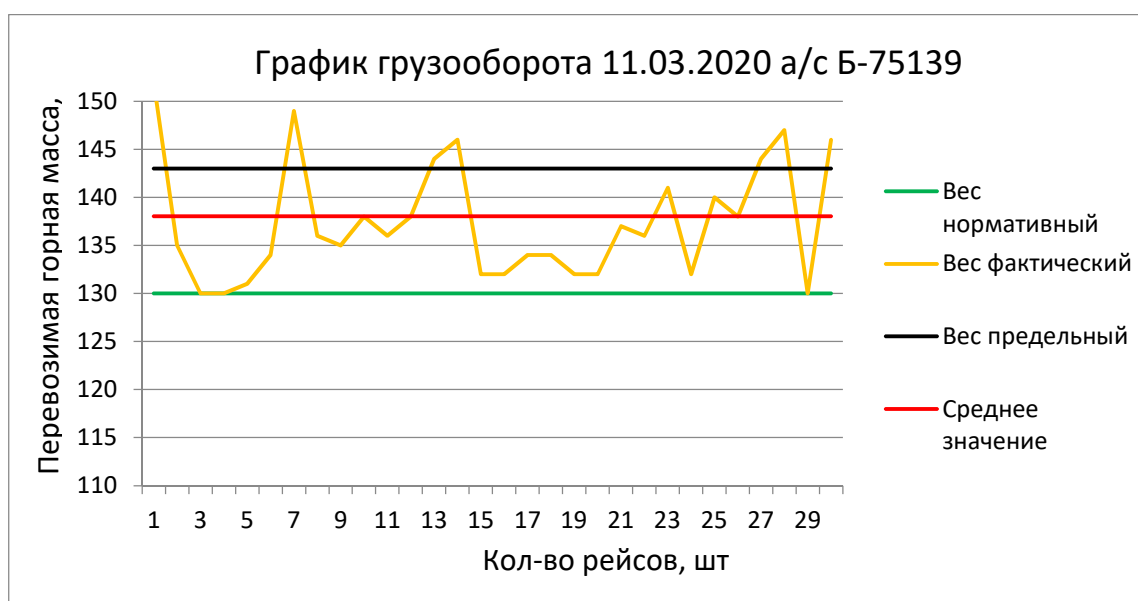


Рисунок 28 – Суточный график Б-75139 за 11.03.2020

График за 11.03 демонстрирует, что среднее значение фактических данных лежит между нормативным значением и предельным, что свидетельствует, о более повышенном уровне загрузке, чем на рисунке 27.

Таблица 5 – Часть фактических данных загрузки Б-75139 за 11.03.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
133	143	130	138
142	143	130	138
137	143	130	138
137	143	130	138
138	143	130	138
141	143	130	138
133	143	130	138
135	143	130	138
142	143	130	138
145	143	130	138
134	143	130	138
135	143	130	138
151	143	130	138
151	143	130	138
135	143	130	138
139	143	130	138
141	143	130	138
141	143	130	138
138	143	130	138
139	143	130	138
128	143	130	138
143	143	130	138
148	143	130	138
139	143	130	138
147	143	130	138
138	143	130	138
151	143	130	138
131	143	130	138
137	143	130	138
134	143	130	138
133	143	130	138
128	143	130	138
119	143	130	138
140	143	130	138
133	143	130	138
137	143	130	138

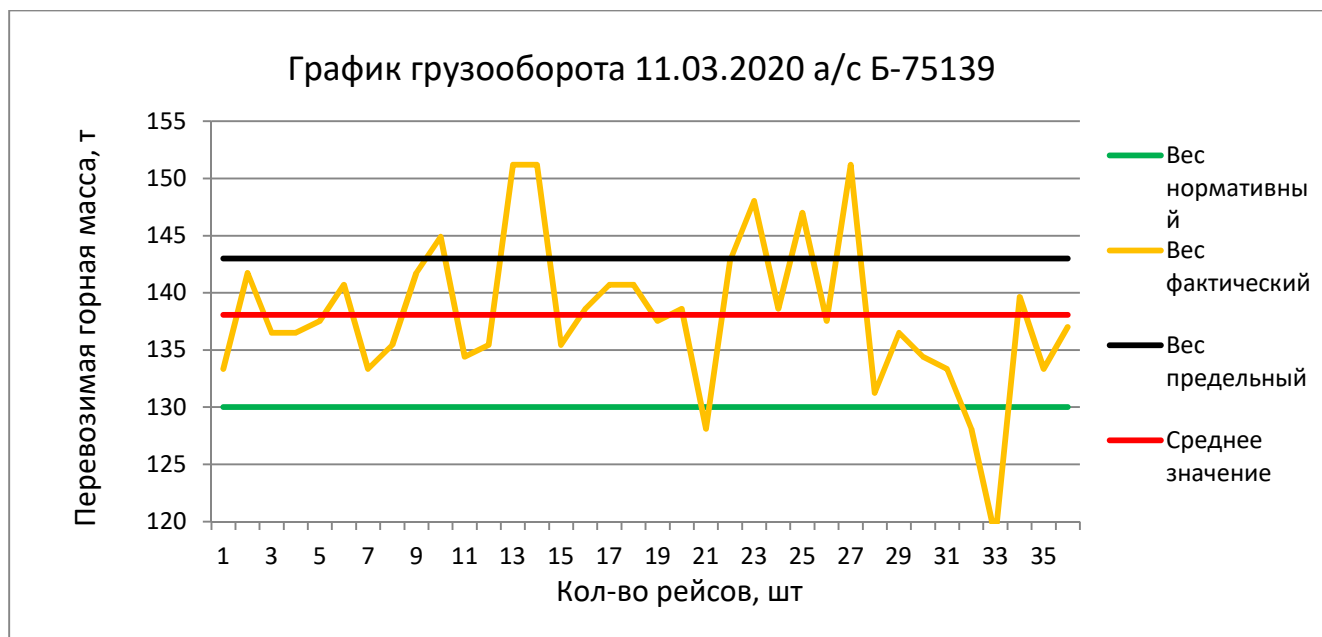


Рисунок 29 – Суточный график Б-75139 за 11.03.2020

Рисунок 29 демонстрирует, что в один день (11.03) одинаковые машины в одинаковых условиях эксплуатируются по-разному, но при этом их средние значения загрузки равны.

Таблица 6 – Фактические значения загрузки Б-75139 за 07.04.20

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
136	143	130	133
137	143	130	133
127	143	130	133
124	143	130	133
129	143	130	133
139	143	130	133
129	143	130	133
135	143	130	133
127	143	130	133
157	143	130	133
137	143	130	133
139	143	130	133
140	143	130	133
147	143	130	133
139	143	130	133
139	143	130	133
153	143	130	133
135	143	130	133
144	143	130	133
128	143	130	133
149	143	130	133

Продолжение таблицы 6

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
132	143	130	133
117	143	130	133
131	143	130	133
125	143	130	133
123	143	130	133
128	143	130	133
126	143	130	133
136	143	130	133
124	143	130	133
133	143	130	133
128	143	130	133
120	143	130	133
138	143	130	133
120	143	130	133

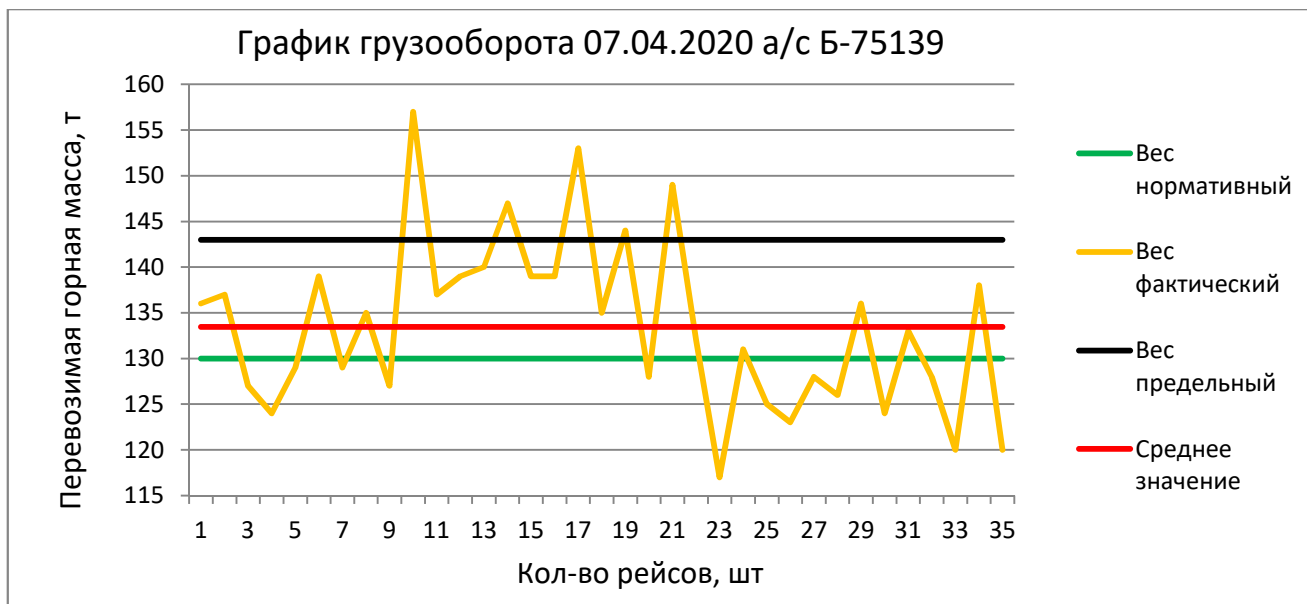


Рисунок 30 – Суточный график Б-75139 за 07.04.2020

На рисунке 30 явно можно наблюдать рост уровня загрузки автосамосвала в середине дня, а затем возврат на прежний уровень. При этом 4 пика превысили предельное значение загрузки (110% от нормативной), что запрещено.

Таблица 7 – Фактические значения загрузки Б-75139 за 12.05.20

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
137	143	130	140
156	143	130	140
157	143	130	140
161	143	130	140

Продолжение таблицы 7

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
136	143	130	140
140	143	130	140
147	143	130	140
149	143	130	140
151	143	130	140
135	143	130	140
137	143	130	140
142	143	130	140
139	143	130	140
150	143	130	140
143	143	130	140
147	143	130	140
131	143	130	140
135	143	130	140
139	143	130	140
122	143	130	140
138	143	130	140
134	143	130	140
147	143	130	140
124	143	130	140
128	143	130	140
136	143	130	140
118	143	130	140

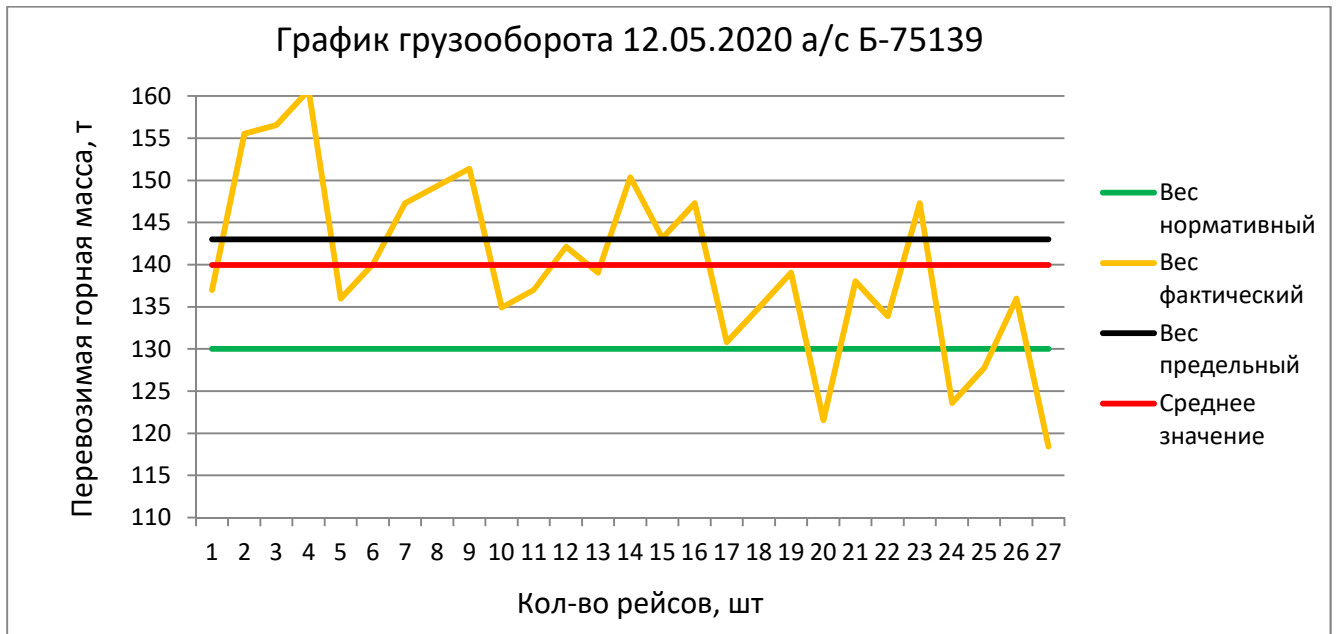


Рисунок 31 – Суточный график Б-75139 за 12.05.2020

На данном графике можно наблюдать спад производительности в течение суток, при этом следует обратить внимание, что среднее значение грузооборота

максимально близко к предельному, то есть в среднем все сутки автосамосвал эксплуатировался с перегрузкой.

Таблица 8 – Фактические значения загрузки Б-75139 за 10.07.20

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
126	143	130	144
151	143	130	144
140	143	130	144
151	143	130	144
154	143	130	144
155	143	130	144
142	143	130	144
147	143	130	144
137	143	130	144
151	143	130	144
137	143	130	144
144	143	130	144
151	143	130	144
146	143	130	144
148	143	130	144
134	143	130	144
134	143	130	144
144	143	130	144
139	143	130	144
143	143	130	144

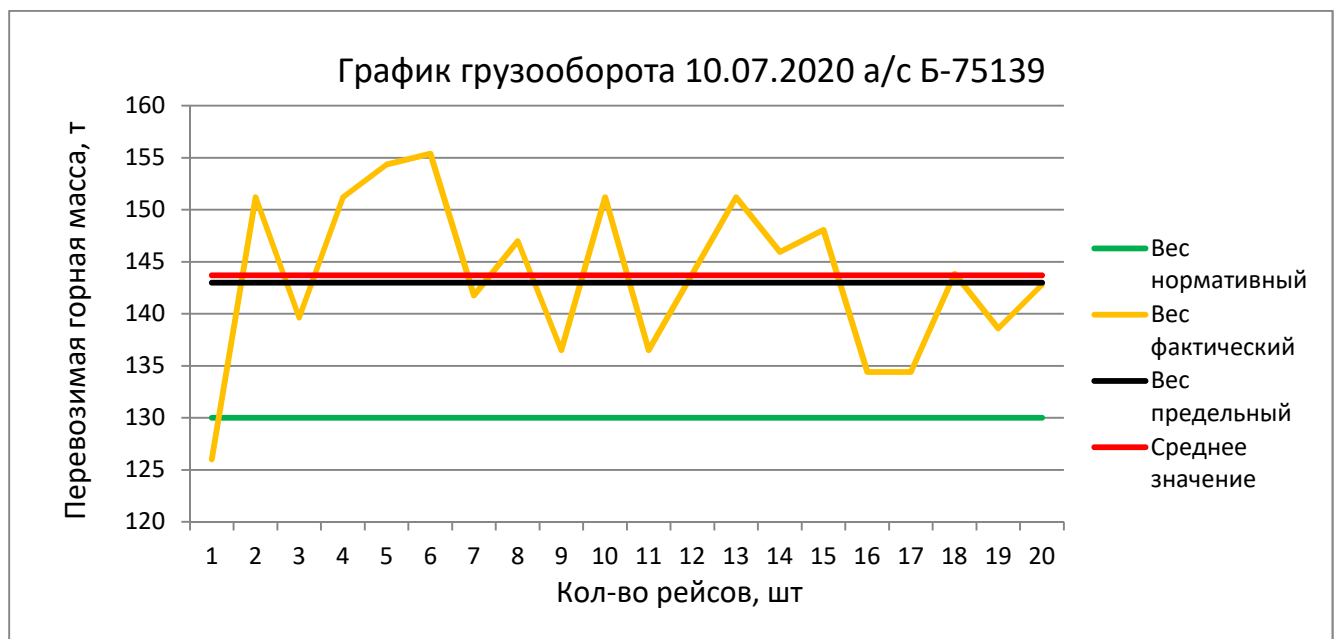


Рисунок 32 – Суточный график Б-75139 за 10.07.2020

Наблюдаются ситуации, когда среднее значение оказывается выше предельного. Данный опыт означает, что в среднем за сутки самосвал перегружали, что явно свидетельствует о нарушении регламентов производителей и положений ТООР предприятия.

Таблица 8 – Фактические значения загрузки САТ-785С за 07.01.20

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
145	143	130	139,5
156	143	130	139,5
146	143	130	139,5
133	143	130	139,5
134	143	130	139,5
134	143	130	139,5
129	143	130	139,5
150	143	130	139,5
142	143	130	139,5
144	143	130	139,5
129	143	130	139,5
143	143	130	139,5
133	143	130	139,5
132	143	130	139,5
134	143	130	139,5
148	143	130	139,5

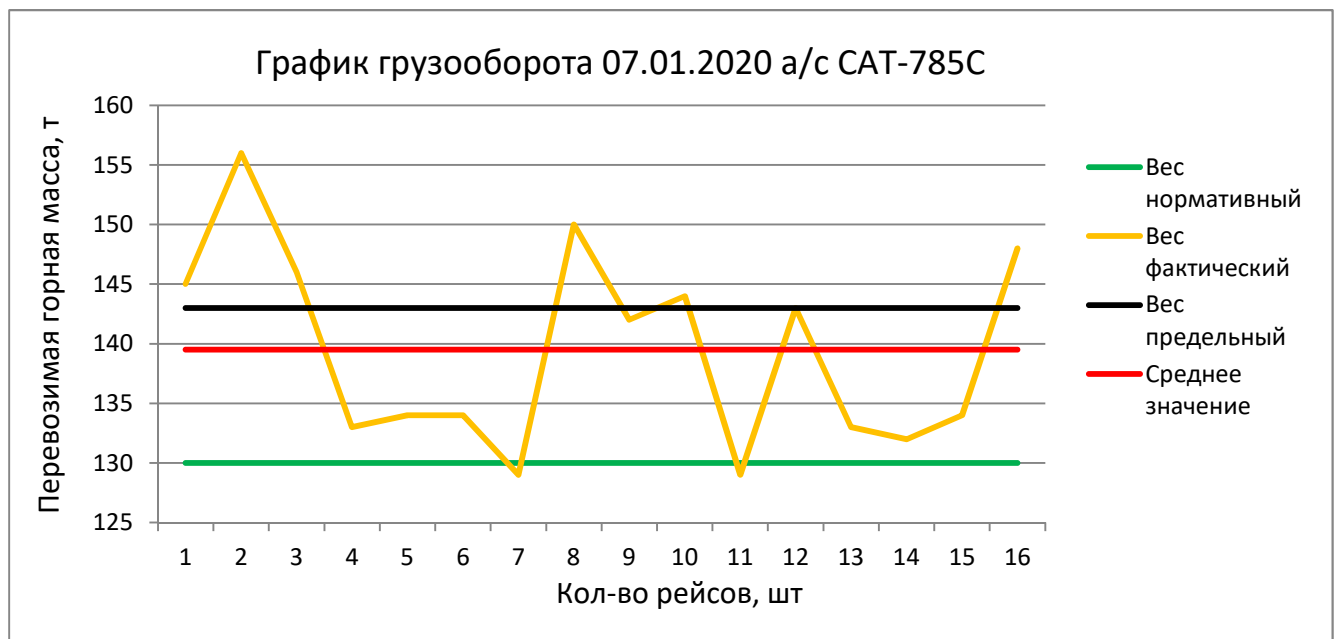


Рисунок 33 – Суточный график САТ-785С за 07.01.2020

Рисунок 33 демонстрирует, что среднее значение загрузки приближено к предельному значению. Кроме того, один раз машину загрузили на 15 тонн больше нормативного значения, что говорит о перегрузке в 120%.

Таблица 9 – Фактические значения загрузки САТ-785С за 26.03.20

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
132	143	130	132
134	143	130	132
126	143	130	132
131	143	130	132
132	143	130	132
128	143	130	132
133	143	130	132
120	143	130	132
126	143	130	132
133	143	130	132
126	143	130	132
138	143	130	132
123	143	130	132
130	143	130	132
118	143	130	132
134	143	130	132
122	143	130	132
150	143	130	132
132	143	130	132
132	143	130	132
128	143	130	132
118	143	130	132
136	143	130	132
142	143	130	132
151	143	130	132
135	143	130	132
150	143	130	132
130	143	130	132
139	143	130	132
137	143	130	132
140	143	130	132

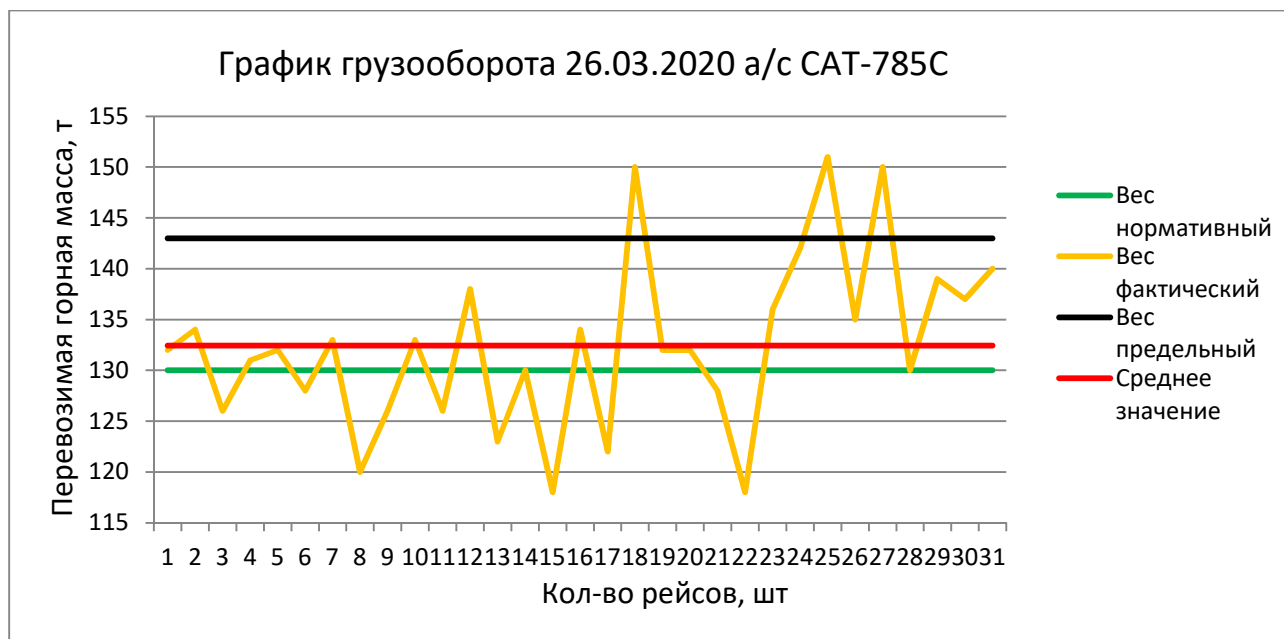


Рисунок 34 – Суточный график САТ-785С за 26.03.2020

Рисунок 34 демонстрирует, что эксплуатация в течение 26.03 была близка к нормативной, исходя из положения линии среднего значения, тем не менее присутствовало превышение предельного уровня загрузки.

Таблица 10 – Фактические значения загрузки САТ-785С за 05.04.2021

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
137	143	130	136
142	143	130	136
128	143	130	136
144	143	130	136
142	143	130	136
139	143	130	136
133	143	130	136
129	143	130	136
124	143	130	136
135	143	130	136
134	143	130	136
139	143	130	136
126	143	130	136
131	143	130	136
136	143	130	136
132	143	130	136
137	143	130	136
136	143	130	136
136	143	130	136
136	143	130	136

Продолжение таблицы 10

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
129	143	130	136
142	143	130	136
137	143	130	136
139	143	130	136
137	143	130	136
130	143	130	136
145	143	130	136
150	143	130	136
135	143	130	136
144	143	130	136
130	143	130	136

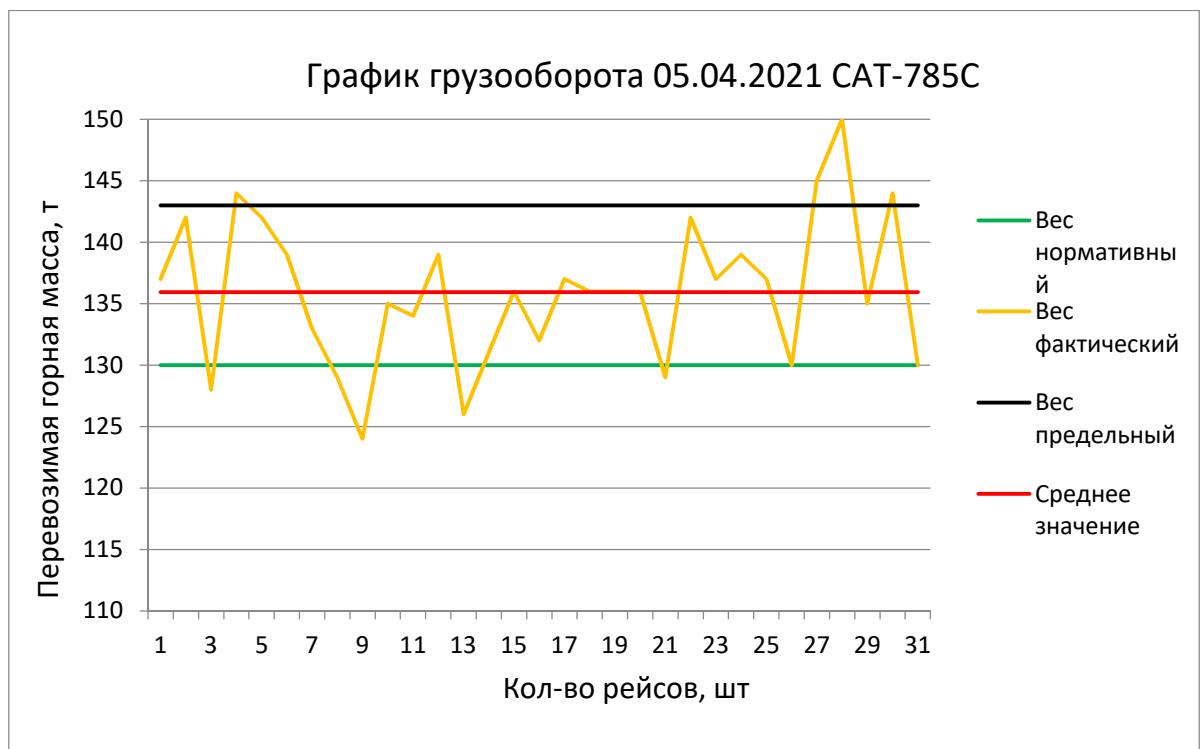


Рисунок 35 – Суточный график САТ-785С за 05.04.2021

На рисунке 35 наблюдается ситуация, аналогичная предыдущим рисункам, где среднее значение загрузки находится между нормативным значением и предельно допустимым.

Таблица 11 – Часть фактических значений загрузки САТ-785С за 24.04.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
131	143	130	140
137	143	130	140
142	143	130	140
139	143	130	140
141	143	130	140
143	143	130	140
134	143	130	140
143	143	130	140
143	143	130	140
138	143	130	140
137	143	130	140
144	143	130	140
129	143	130	140
134	143	130 </tr	

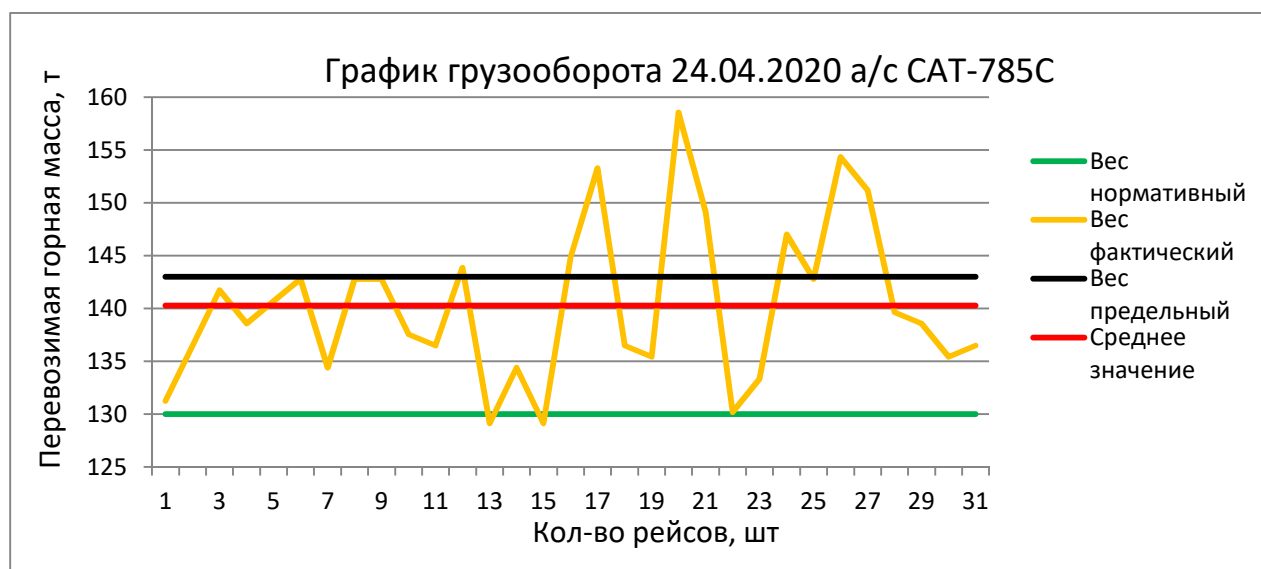


Рисунок 36 – Суточный график САТ785С за 24.04.2020

На рисунке 36 наблюдается превышение предельного уровня загрузки 3 раза, на 17-20% от нормативного значения.

Таблица 12 – Часть фактических данные загрузки для САТ-785С за 13.05.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
140	143	130	144
143	143	130	144
145	143	130	144
148	143	130	144
143	143	130	144
132	143	130	144
152	143	130	144
145	143	130	144
145	143	130	144
140	143	130	144
147	143	130	144
151	143	130	144
126	143	130	144
139	143	130	144
145	143	130	144
151	143	130	144
149	143	130	144
146	143	130	144
152	143	130	144
152	143	130	144
158	143	130	144
146	143	130	144
147	143	130	144
155	143	130	144
147	143	130	144
140	143	130	144
138	143	130	144
130	143	130	144
129	143	130	144
143	143	130	144
139	143	130	144

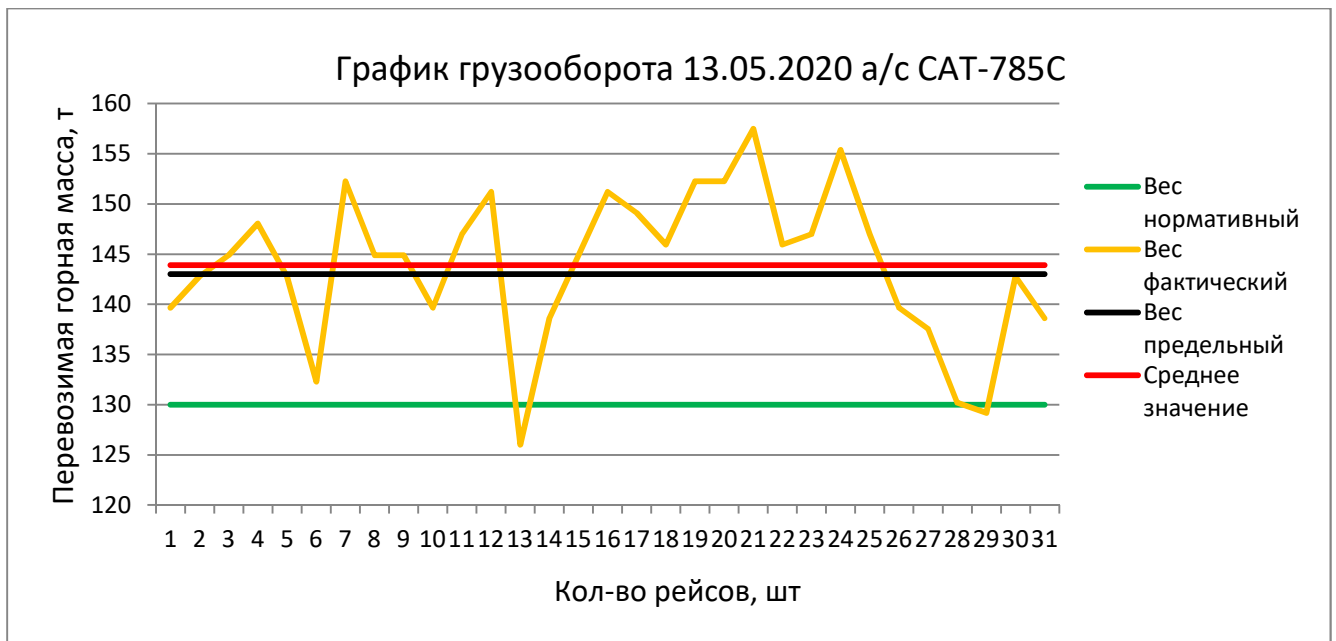


Рисунок 37 – Суточный график САТ-785С за 13.05.2020

На рисунке 37 наблюдается, что среднее значение выше предельного уровня загрузки, соответственно, самосвал эксплуатировался с явной перегрузкой.

Таблица 13 – Фактические значения загрузки САТ-785С за 19.05.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
155	143	130	145
139	143	130	145
151	143	130	145
142	143	130	145
145	143	130	145
154	143	130	145
147	143	130	145
137	143	130	145
152	143	130	145
135	143	130	145
133	143	130	145
138	143	130	145
137	143	130	145
142	143	130	145
150	143	130	145
148	143	130	145
127	143	130	145
142	143	130	145
160	143	130	145
156	143	130	145
139	143	130	145
150	143	130	145
139	143	130	145

Продолжение таблицы 13

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
148	143	130	145
133	143	130	145
150	143	130	145
137	143	130	145
137	143	130	145
144	143	130	145
157	143	130	145
159	143	130	145
137	143	130	145
146	143	130	145
137	143	130	145
146	143	130	145
152	143	130	145
140	143	130	145
147	143	130	145
140	143	130	145
145	143	130	145
142	143	130	145

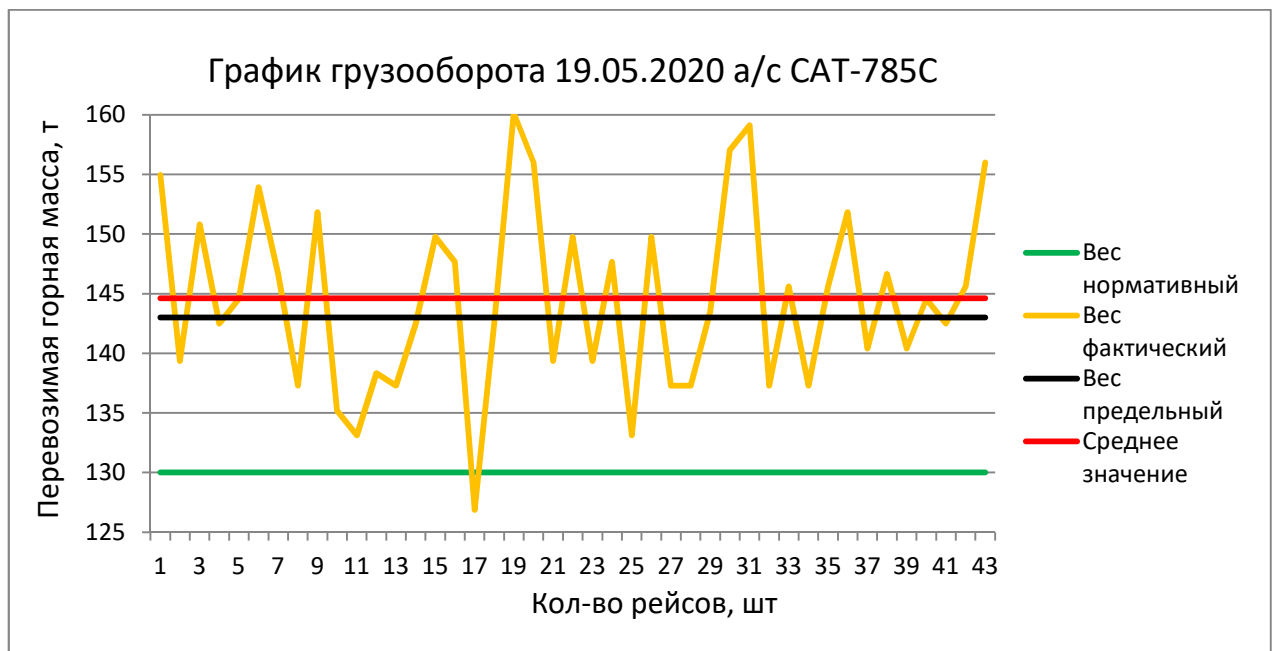


Рисунок 38 – Суточный график САТ-785С за 19.05.2020

На рисунке 38 наблюдается, что среднее значение загрузки за сутки превышает предельный уровень. Данный факт использования автосамосвала свидетельствует о нарушении правил производителей и предприятия. Учитывая наличие подобного опыта и на других машинах, необходимо проанализировать уровень грузооборота в рамках месяца и года.

Таблица 14 – Фактические значения загрузки Б75307 за 30.08.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
223	231	210	226
216	231	210	226
215	231	210	226
224	231	210	226
210	231	210	226
233	231	210	226
239	231	210	226
207	231	210	226
246	231	210	226
199	231	210	226
239	231	210	226
204	231	210	226
231	231	210	226
234	231	210	226
217	231	210	226
235	231	210	226
237	231	210	226
227	231	210	226
220	231	210	226
220	231	210	226
212	231	210	226
226	231	210	226
231	231	210	226
229	231	210	226
236	231	210	226
232	231	210	226
248	231	210	226
218	231	210	226
245	231	210	226

На рисунке 39 наблюдается рациональное использование автосамосвала относительно примеров перегрузки. Стоит также пояснить, что на предприятии в журналах фактической загрузки указана в качестве нормативной грузоподъемность автосамосвала, равная 210 тонн, при том что паспортная грузоподъемность – 220 тонн.

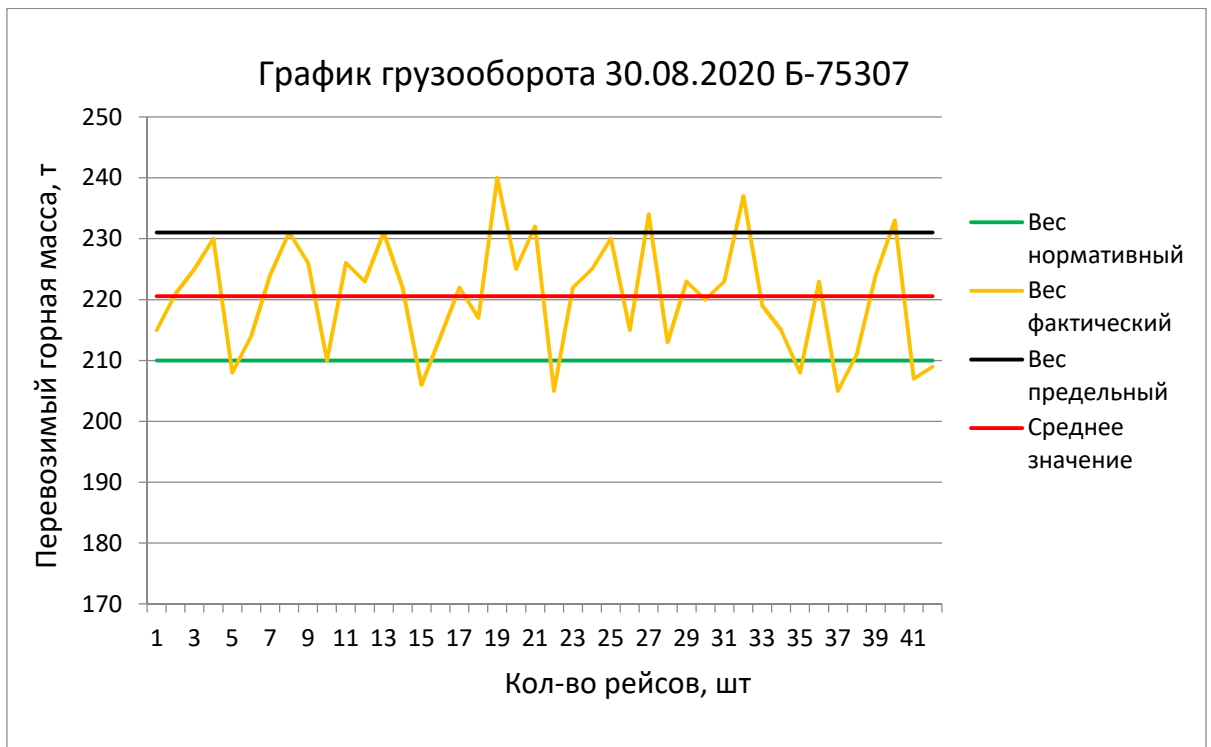


Рисунок 39 – Суточный график Б-75307 за 30.08.2020

Таблица 15 – Часть фактических данные загрузки для САТ-789D за 24.02.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
195	198	180	188
185	198	180	188
187	198	180	188
182	198	180	188
185	198	180	188
182	198	180	188
184	198	180	188
181	198	180	188
200	198	180	188
188	198	180	188
182	198	180	188
184	198	180	188
182	198	180	188
198	198	180	188
199	198	180	188
192	198	180	188
185	198	180	188
185	198	180	188
182	198	180	188
186	198	180	188

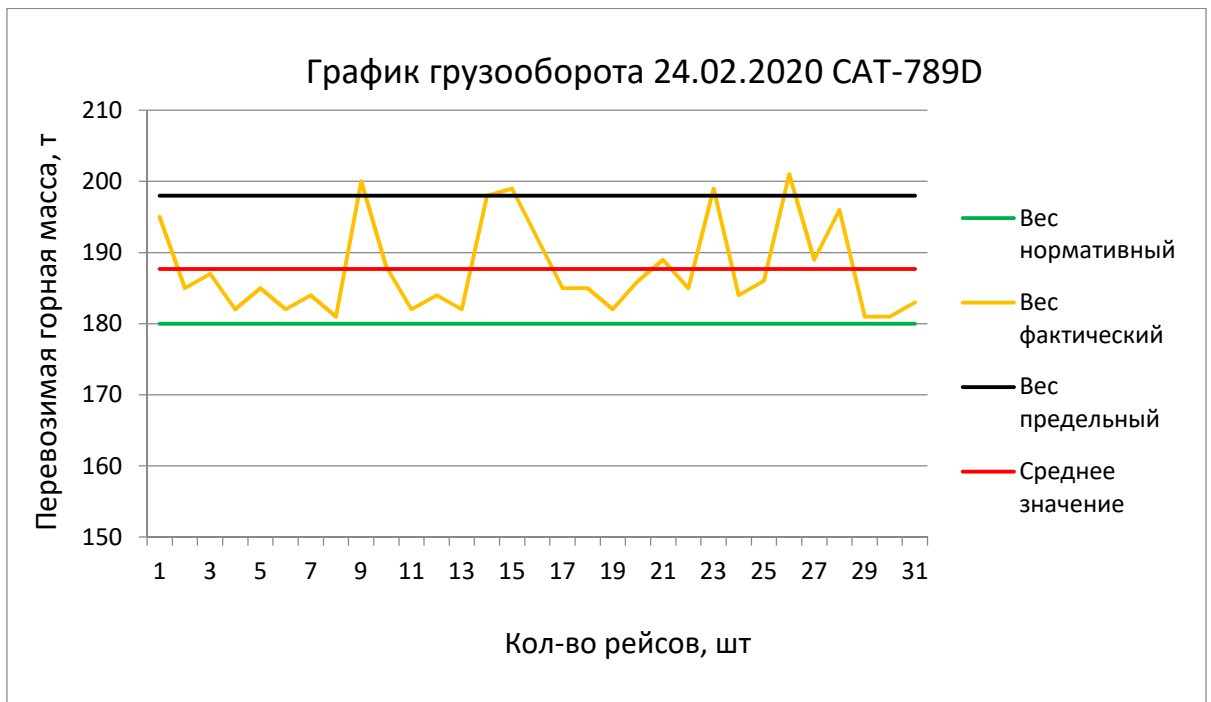


Рисунок 40 – Суточный график САТ-789D за 24.02.2020

График грузооборота за 24.02.2020 свидетельствует о незначительных превышениях предельного уровня загрузки. Среднее значение грузооборота находится между нормативным уровнем и предельным.

Таблица 16 – Часть фактических данные загрузки для САТ-789D за 23.03.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
160	198	180	178
168	198	180	178
169	198	180	178
184	198	180	178
178	198	180	178
180	198	180	178
184	198	180	178
181	198	180	178
179	198	180	178
186	198	180	178
185	198	180	178
175	198	180	178
193	198	180	178
182	198	180	178
175	198	180	178
172	198	180	178
162	198	180	178
182	198	180	178

Продолжение таблицы 16

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
175	198	180	178
181	198	180	178
173	198	180	178
174	198	180	178
169	198	180	178
189	198	180	178
180	198	180	178
182	198	180	178
179	198	180	178
180	198	180	178
173	198	180	178
187	198	180	178
180	198	180	178
177	198	180	178
164	198	180	178
181	198	180	178
165	198	180	178
177	198	180	178
186	198	180	178
178	198	180	178

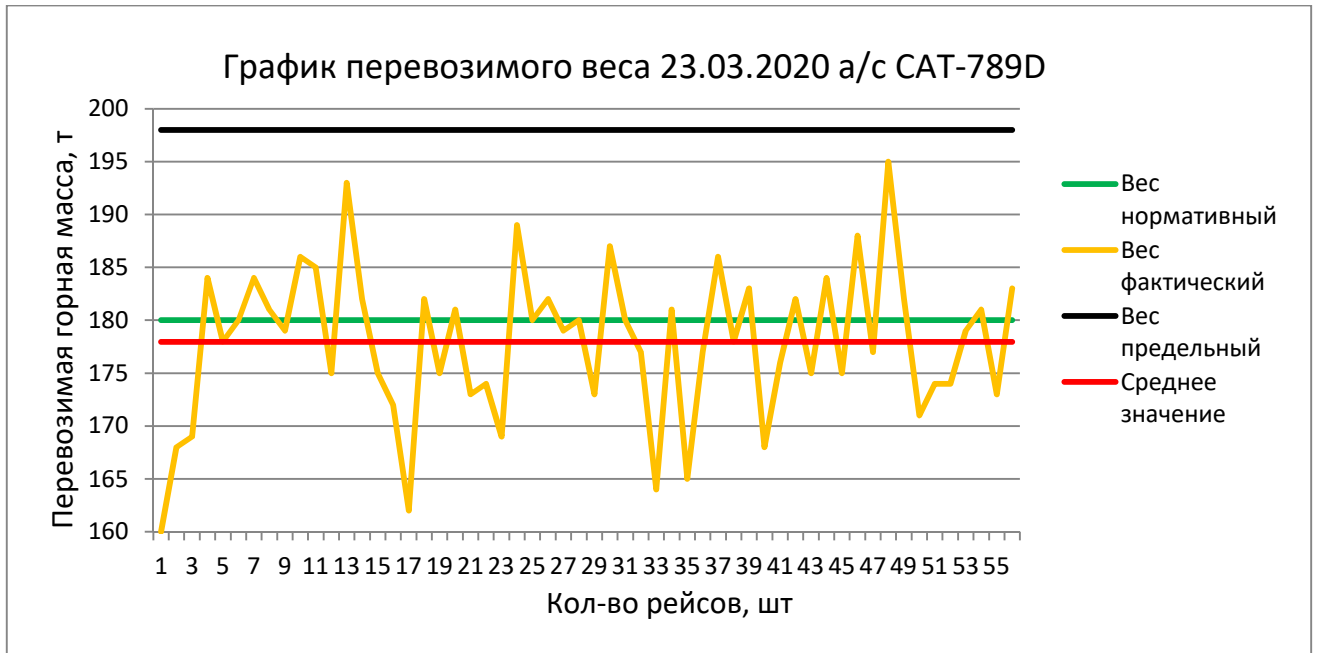


Рисунок 41 – Суточный график САТ-789D за 23.03.2020

Для самого оптимального режима эксплуатации среднее значение должно совпадать с нормативным, либо немного отклоняться в большую сторону, потому что если оно меньше, то самосвал явно недогружали в каких-то рейсах.

Таблица 17 – Часть фактических данные загрузки для САТ-789D за 22.04.2020

Вес фактический, т	Вес предельный, т	Вес нормативный, т	Среднее значение, т
184	198	180	195
192	198	180	195
184	198	180	195
191	198	180	195
198	198	180	195
200	198	180	195
192	198	180	195
193	198	180	195
192	198	180	195
193	198	180	195
176	198	180	195
180	198	180	195
174	198	180	195
196	198	180	195
201	198	180	195
189	198	180	195
207	198	180	195
193	198	180	195
179	198	180	195
192	198	180	195
202	198	180	195
212	198	180	195
206	198	180	195
204	198	180	195
201	198	180	195
210	198	180	195
222	198	180	195
215	198	180	195
202	198	180	195
189	198	180	195
197	198	180	195
201	198	180	195
194	198	180	195
192	198	180	195
197	198	180	195
189	198	180	195
183	198	180	195
197	198	180	195
186	198	180	195
200	198	180	195
194	198	180	195
195	198	180	195

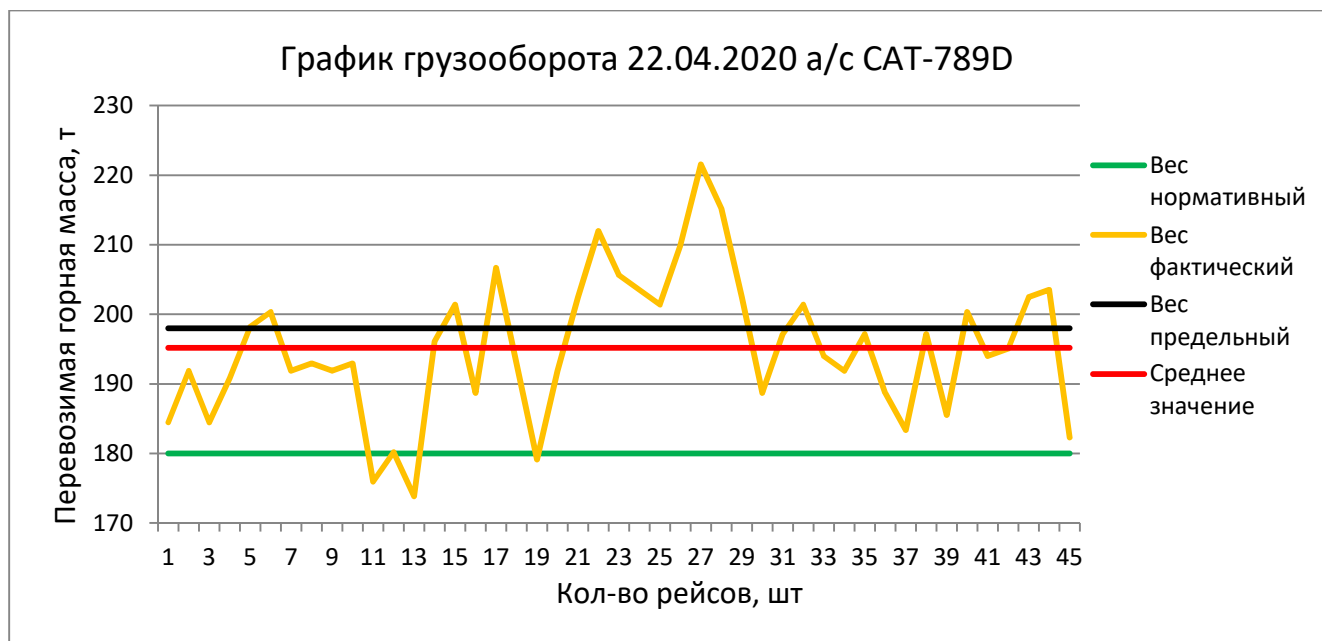


Рисунок 42 – Суточный график САТ-789D за 22.04.2020

Как и на предыдущих графиках, на рисунке 41 наблюдается близкое положение среднего значения к предельному значению, также имеет место перегрузка относительно нормативной на 20%.

В отчетах, выгружаемых из ПО «Карьер», загрузку автосамосвала оценивают по параметру «Вес фактический». Этот параметр означает массу породы, загруженной в кузов карьерного автосамосвала. Помимо фактических данных о загрузке, на предприятии принято указывать «Вес нормативный» или же соответствующую нормативную грузоподъемность самосвала. В ПО «Карьер» и в целом в расчетах при проектировании и планировании ее указывают с небольшим запасом. Так, например, для автосамосвала Б-75139 в качестве нормативной принята грузоподъемность в 130 тонн, хотя паспортная загрузка – 135 тонн.

Вес предельный, указанный на графиках, это граница перегрузки в 10%, так как в большинстве методик формирования плана загрузок автосамосвалов указывается этот процент как предельно допустимый, о чем упоминалось ранее.

Соответственно, линия «Среднее значение» это показатель среднего значения грузооборота за сутки. Для того чтобы машина не была подвержена сверхнормативной эксплуатации, этот показатель должен совпадать с «Весом нормативным», или же, как в случае рассматриваемого предприятия, находиться в промежутке между «Весом нормативным» и паспортной грузоподъемностью. Как

правило, среднее значение грузооборота за сутки находится между нормативной грузоподъемностью и предельными значениями загрузки, но происходит и так, что среднее значение выходит за границы предельно допустимой загрузки автосамосвала, а это свидетельствует о том, что больше половины рейсов происходили с перегрузкой больше 10%, что является нарушением условий эксплуатации транспорта.

Поэтому, если среднее значение грузооборота находится в непосредственной близости к предельно допустимому уровню или выше него, можно сделать вывод, что машина эксплуатируется в сверхнормативном режиме. Это требует принятия соответствующих мер для обеспечения надлежащего технического состояния машины и безопасной эксплуатации.

Анализ значительного числа суточных графиков, часть из которых представлена выше, позволил сделать вывод о нерациональном использовании машин. Следующий этап заключался в построении месячных графиков на основе анализа информации о грузообороте: режимов работы, простоев и других аспектов эксплуатации карьерных автосамосвалов. Соответственно машина по суточным графикам эксплуатируется в пределах допустимого, но при этом количество рейсов может негативно сказаться на состоянии машины. Поэтому более полную картину покажет суточный грузооборот в рамках месяца.

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. Проектное значение грузооборота рассчитывается поэтапно: для начала рассчитывается основное время рейса (3.1).

$$t_0 = \frac{2 \cdot l_c \cdot 60}{v_c}, \text{ мин} \quad (3.1)$$

где l_c – расстояние транспортирования, км;

v_c – средняя скорость движения автосамосвала при расстоянии транспортирования l_c , км/ч.

Время одного рейса определяется по формуле 3.2.

$$T_{об} = t_o + t_{п} + t_p + t_{ож} + t_{уп} + t_{ур}, \text{ мин} \quad (3.2)$$

где t_p – время разгрузки одного автосамосвала, мин;

$t_{п}$ – время погрузки одного автосамосвала, мин;

$t_{ож}$ – время ожидания погрузки, мин;

$t_{уп}$ – время на установку автосамосвала под погрузку, мин;

$t_{ур}$ – время на установку автосамосвала под разгрузку, мин.

Нормы выработки на транспортирование горной массы производятся по формуле 3.3.

$$H_B = \frac{T_{см} - T_{пз} - T_{лн} - T_o}{T_{об}}, \text{ рейсов} \quad (3.3)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, мин;

$T_{пз}$ – время на подготовительно-заключительные операции, мин;

$T_{лн}$ – время на личные надобности, мин;

T_o – время на обед, мин;

Суточный расчетный (проектный) грузооборот рассчитывается следующим образом (3.4).

$$A_{расч} = H_B * P * l_c, \text{ рейсов} \quad (3.4)$$

где P – грузоподъемность самосвала, т.

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 (3.5).

$$P_{п} = \frac{A_{факт}}{A_{расч}}, \quad (3.5)$$

где $P_{п}$ – степень перегрузки карьерного автосамосвала;

$A_{факт}$ – фактическое значение грузооборота за период сверхнормативной загрузки, т·км;

$A_{расч}$ – значение грузооборота, рассчитанное по нормативной методике, за аналогичный период, т·км.

Были построены месячные графики автосамосвалов (рисунки 43-46), на основании значений, указанных в таблицах 18-21.

Таблица 18 – Фактический грузооборот Б-75139 за 03.2020

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
01.03.2020	23 574	13 401
02.03.2020	19 789	13 090
03.03.2020	22 423	12 990
04.03.2020	19 560	13 639
05.03.2020	18 836	12 309
06.03.2020	22 426	13 329
07.03.2020	12 938	13 984
08.03.2020	18 114	12 280
09.03.2020	21 219	12 695
10.03.2020	16 921	12 893
11.03.2020	22 058	12 763
12.03.2020	20 729	12 403
13.03.2020	18 542	13 595
14.03.2020	17 215	14 074
15.03.2020	19 777	13 134
16.03.2020	21 445	11 751
17.03.2020	20 013	13 577
18.03.2020	8 977	13 778
19.03.2020	21 423	13 511
20.03.2020	23 763	13 701
21.03.2020	19 727	12 175
22.03.2020	21 543	12 206
23.03.2020	24 670	13 787
24.03.2020	19 396	12 002
25.03.2020	24 422	12 131
26.03.2020	22 848	13 327
27.03.2020	16 227	9 703
28.03.2020	10 498	13 211
29.03.2020	25 134	13 882
30.03.2020	7 306	13 650
31.03.2020	12 892	13 759
Общий итог	594 420	402 730

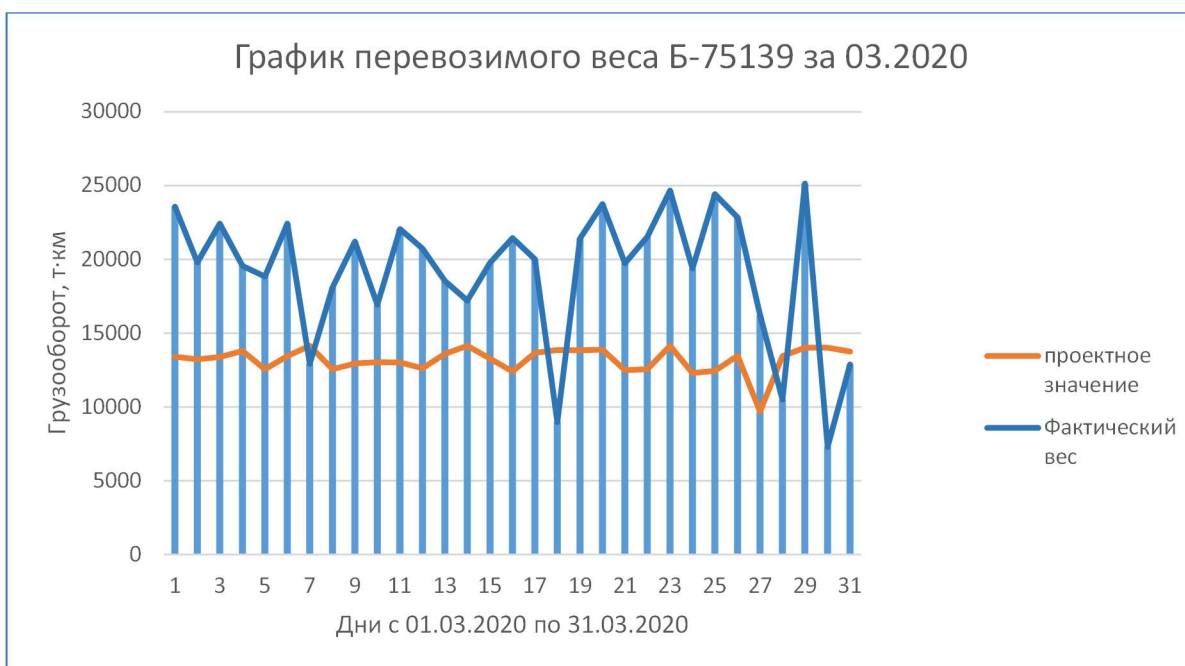


Рисунок 43 – Месячный график Б-75139

Таблица 19 – Фактический грузооборот САТ-785С за 03.2020

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
01.03.2020	29 238	12 207
02.03.2020	22 131	11 768
03.03.2020	23 447	14 423
04.03.2020	22 428	13 384
05.03.2020	21 148	12 462
06.03.2020	24 267	13 415
07.03.2020	16 436	13 817
08.03.2020	14 045	14 129
09.03.2020	12 311	12 468
10.03.2020	0	12 764
11.03.2020	0	13 102
12.03.2020	0	12 835
13.03.2020	0	12 718
14.03.2020	521	11 878
15.03.2020	0	13 312
16.03.2020	0	14 392
17.03.2020	13 673	14 427
18.03.2020	22 163	13 465
19.03.2020	8 670	14 035
20.03.2020	30 170	13 659
21.03.2020	30 004	14 148
22.03.2020	28 325	14 828
23.03.2020	28 016	14 431
24.03.2020	27 390	13 678
25.03.2020	26 350	13 656

Продолжение таблицы 19

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
26.03.2020	24 035	14 259
27.03.2020	23 140	13 335
28.03.2020	25 966	12 922
29.03.2020	20 282	14 144
30.03.2020	20 071	12 157
31.03.2020	28 954	15 222
Общий итог	543 195	417 440

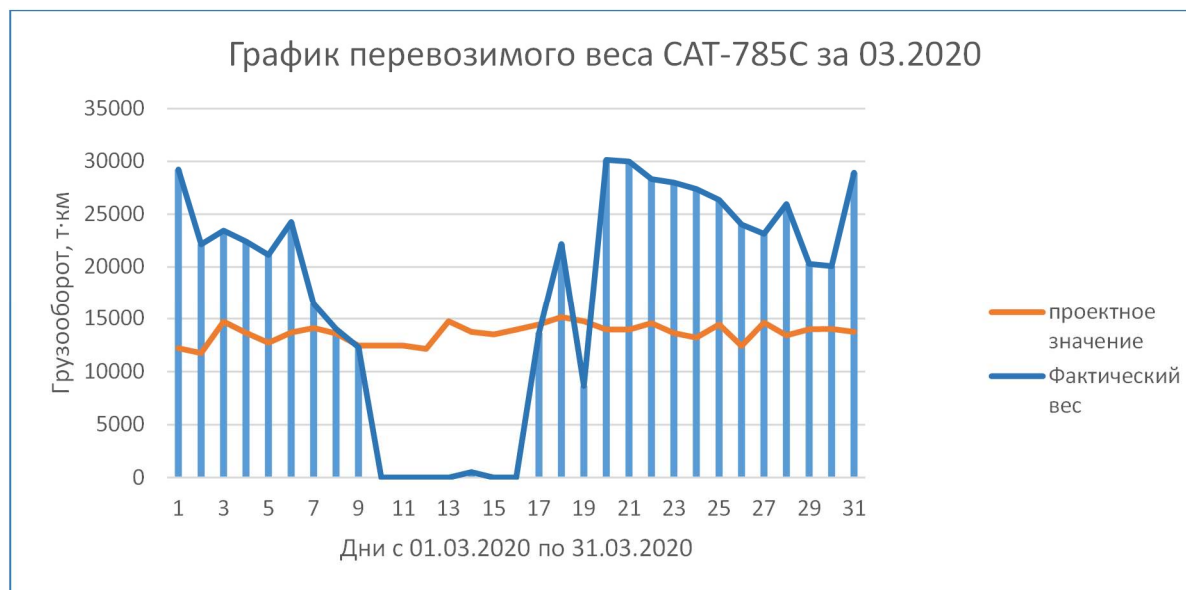


Рисунок 44 – Месячный график САТ-785С

Таблица 20 – Фактический грузооборот САТ-789D за 03.2020

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
01.03.2020	35 255	18 539
02.03.2020	37 996	18 497
03.03.2020	39 972	18 456
04.03.2020	16 434	18 629
05.03.2020	38 321	18 819
06.03.2020	34 948	18 592
07.03.2020	20 274	18 149
08.03.2020	29 009	17 215
09.03.2020	32 690	17 476
10.03.2020	36 357	17 801
11.03.2020	37 463	17 963
12.03.2020	34 028	18 411
13.03.2020	25 963	18 472
14.03.2020	21 972	16 542
15.03.2020	9 285	18 914
16.03.2020	29 172	18 554

Продолжение таблицы 20

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
17.03.2020	26 362	16 745
18.03.2020	29 157	17 892
19.03.2020	33 588	18 902
20.03.2020	27 318	17 708
21.03.2020	17 582	17 314
22.03.2020	33 617	16 458
23.03.2020	25 235	16 161
24.03.2020	15 225	16 862
25.03.2020	33 257	16 136
26.03.2020	37 496	16 358
27.03.2020	28 706	16 077
28.03.2020	26 248	16 404
29.03.2020	32 455	15 189
30.03.2020	37 269	16 237
31.03.2020	32 731	16 933
Общий итог	915 398	542 405

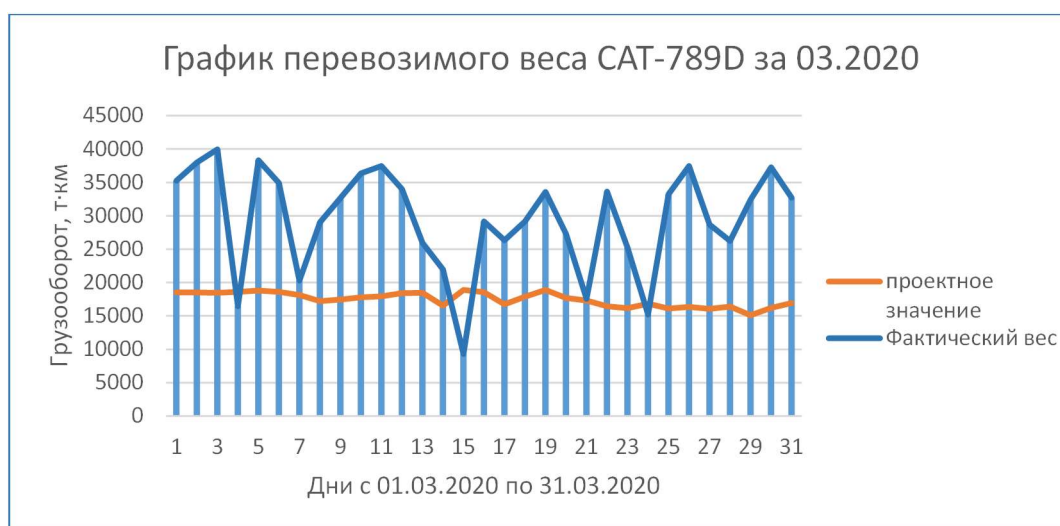


Рисунок 45 – Месячный график САТ-789D

Таблица 21 – Фактический грузооборот Б-75307 за 03.2020

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
01.03.2020	38 705	19 539
02.03.2020	41 001	17 698
03.03.2020	41 195	19 485
04.03.2020	41 124	19 202
05.03.2020	37 383	19 798
06.03.2020	43 399	19 964
07.03.2020	36 345	19 124

Продолжение таблицы 21

Дата	Фактический грузооборот, т·км	Проектный грузооборот, т·км
08.03.2020	36 502	18 821
09.03.2020	30 351	18 617
10.03.2020	24 111	18 556
11.03.2020	39 830	18 097
12.03.2020	17 056	20 424
13.03.2020	6 509	18 982
14.03.2020	30 402	19 413
15.03.2020	39 980	20 437
16.03.2020	13 534	20 146
17.03.2020	31 900	16 845
18.03.2020	35 789	20 125
19.03.2020	39 568	18 233
20.03.2020	42 860	18 764
21.03.2020	35 158	19 601
22.03.2020	16 707	19 564
23.03.2020	20 725	18 032
24.03.2020	39 134	18 262
25.03.2020	19 909	18 388
26.03.2020	43 711	19 751
27.03.2020	41 814	19 195
28.03.2020	22 928	19 094
29.03.2020	35 813	18 520
30.03.2020	35 107	18 648
31.03.2020	29 712	18 424
Общий итог	1 008 278	589 749

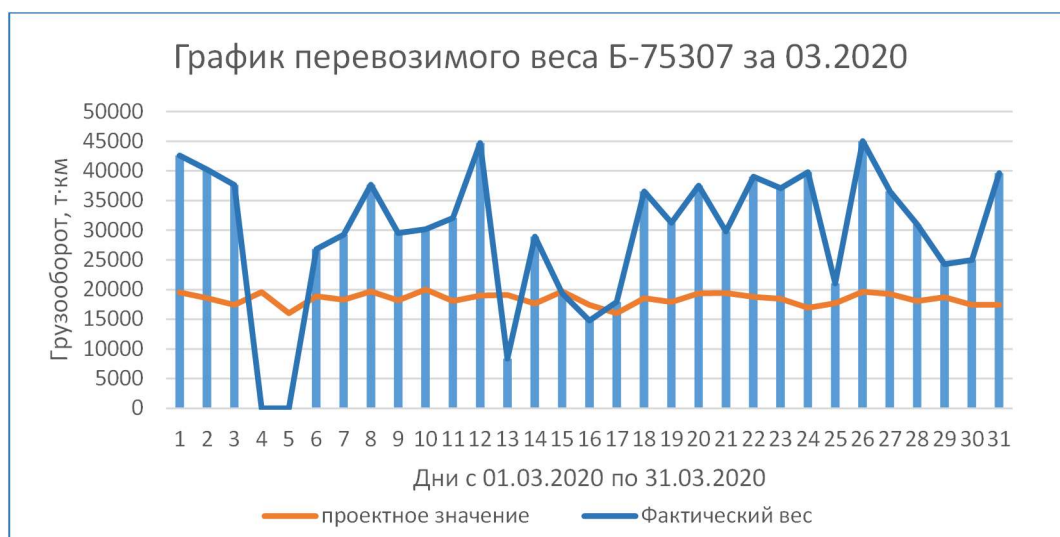


Рисунок 46 – Месячный график Б-75307

Из получившихся графиков за 2020-2021 года по группам автосамосвалов были сделаны следующие выводы:

- Проектные значения грузооборота выше нормативных, порой на 200%;
- 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.

Дальнейшие действия позволили построить графики производительности и простоев автосамосвалов (рисунки 47-65) на основании данных о грузообороте и простоях (таблицы 22-39).

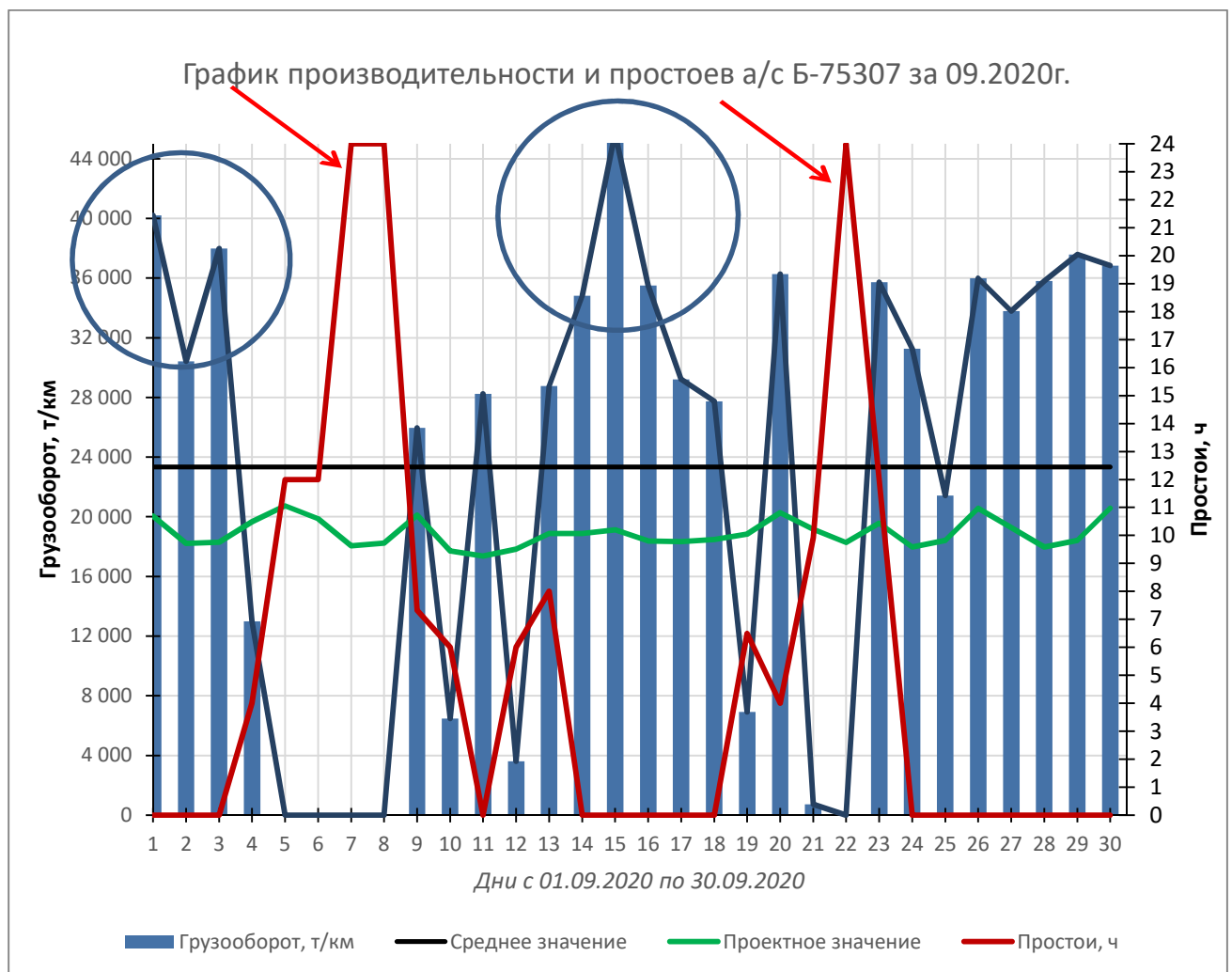


Рисунок 47 – Месячный график производительности и простоев Б-75307 за 09.2020

На представленном графике зеленой линией показано проектное значение грузооборота в эталонных условиях эксплуатации. Черной линией показано среднее значение фактического грузооборота за месяц. Наблюдается, что среднее значение за месяц находится выше проектного ($\min = 17369$ т·км, $\max = 20730$ т·км).

В качестве наилучшего визуального критерия рационализации можно выбрать совпадение описанных линий.

Теперь стоит обратить внимание на пиковые значения (показаны синим кругом) и тот факт, что сразу за крупным пиком (а в данном случае это 40195 т·км и 45700 т·км) идет отказ (красная стрелка) оборудования машины (в данном случае это сварка рамы с 04.09 по 08.09 и ремонт подвески в сумме с шиномонтажными работами с 19.09 по 23.09). Необходимо еще раз уточнить, что по другим машинам выходит абсолютно схожая ситуация (рисунки 48-65).

Таблица 22 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 01.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	23596	0	13592	15957
2	10999	3	12061	15957
3	15182	6	13260	15957
4	18778	7	12773	15957
5	25654	0	12675	15957
6	18090	0	13777	15957
7	20291	2	13024	15957
8	20776	0	13121	15957
9	22338	0	12211	15957
10	18409	0	12925	15957
11	10871	9	13812	15957
12	18929	0	11789	15957
13	20161	0	12612	15957
14	19967	0	12329	15957
15	15912	0	11911	15957
16	0	24	12625	15957
17	0	24	12167	15957
18	0	24	11009	15957
19	0	24	11201	15957
20	15949	0	10998	15957
21	22021	0	13127	15957
22	19798	0	12329	15957
23	20103	2	13371	15957
24	22554	0	13415	15957
25	8045	0	12458	15957
26	22301	5	12178	15957
27	14983	0	13301	15957
28	14181	5	12440	15957
29	16331	0	13104	15957

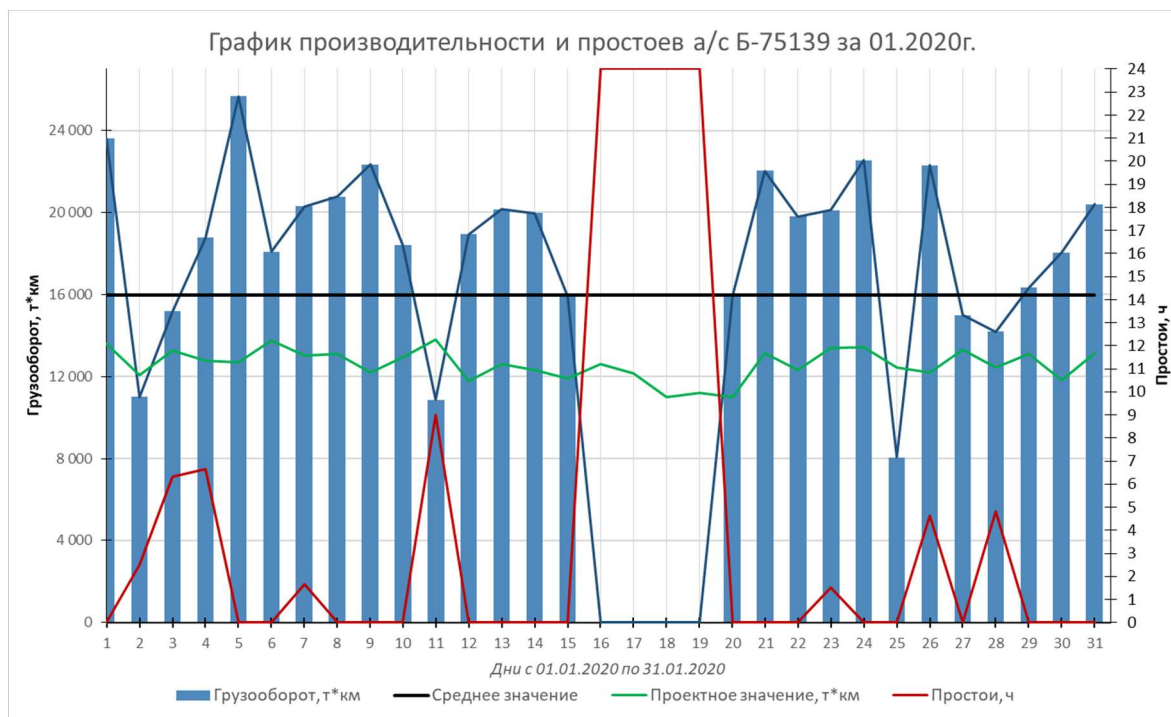


Рисунок 48 – Месячный график Б-75139 за 01.2020

Из месячного графика Б-75139 за 01.2020 наблюдается, что пиковые значения грузооборота сопровождаются ростом времени простоя, а именно после пиковой загрузки 5 января, было падение производительности и небольшой ремонт на 2 часа. Затем был снова рост производительности и снова падение, ввиду уже более долгого технического ремонта на 9 часов 11 января.

Таблица 23 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 02.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	16360	4	10973	17422
2	22369	0	12934	17422
3	7256	20	12601	17422
4	0	24	12986	17422
5	8708	18	11252	17422
6	21689	0	11280	17422
7	22265	0	13124	17422
8	20039	0	14075	17422
9	21459	0	12932	17422
10	22378	0	13310	17422
11	24963	0	13695	17422
12	21207	0	13697	17422
13	23220	0	13180	17422

Продолжение таблицы 23

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
14	22016	0	12542	17422
15	14760	7	12103	17422
16	18352	0	11239	17422
17	16874	0	11182	17422
18	16066	0	12121	17422
19	23634	0	12831	17422
20	13928	2	13376	17422
21	0	24	14084	17422
22	20865	4	12977	17422
23	21010	0	13714	17422
24	15701	0	12452	17422
25	13853	4	12523	17422
26	16942	0	12214	17422
27	20859	0	12585	17422
28	21500	0	13442	17422
29	16953	0	13614	17422

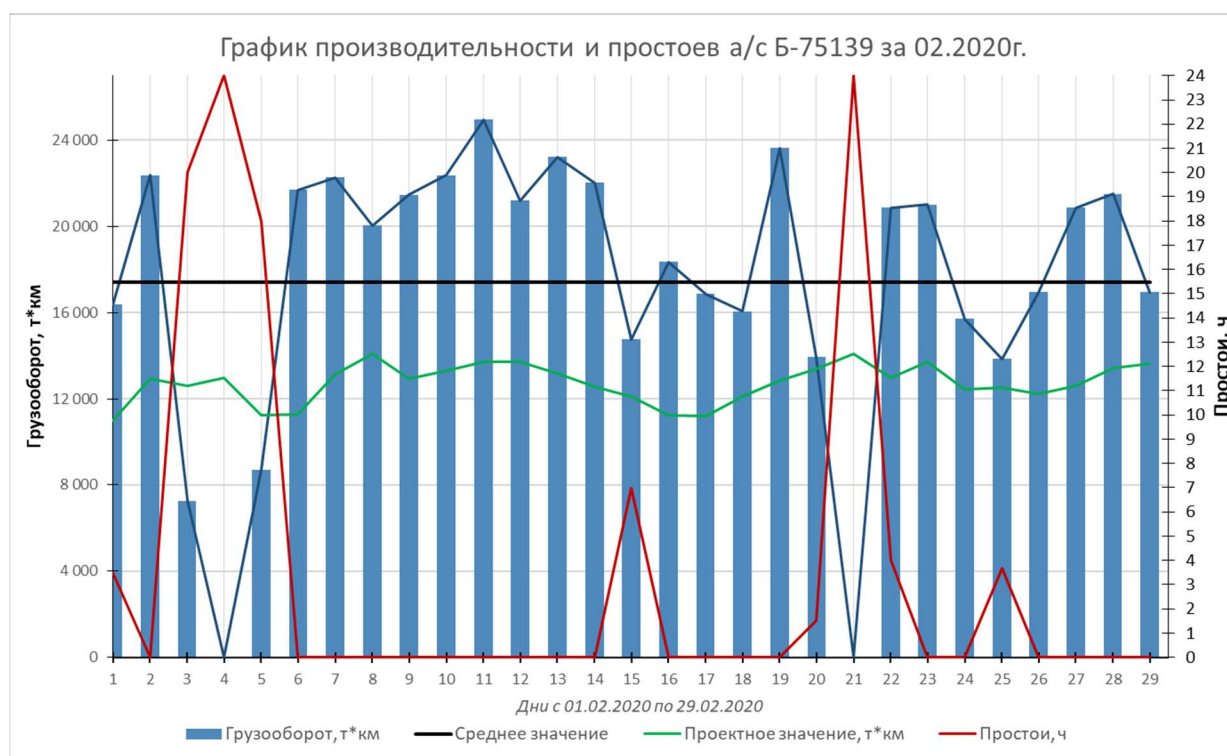


Рисунок 49 – Месячный график Б-75139 за 02.2020

Аналогичная ситуация и с графиком за 02.20, а именно присутствует быстрый рост простоев 3-5 февраля, соответственно, до этого был равномерный рост уровня грузооборота, начиная с 28 января на предыдущем графике. Также

наблюдается стремительное падение грузооборота 19-20 февраля и простой на 24 часа. В целом, аналогичная ситуация наблюдается и на других графиках.

Таблица 24 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 03.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	23575	0	13401	19175
2	19789	0	13232	19175
3	22424	0	13378	19175
4	19560	0	13792	19175
5	18836	0	12558	19175
6	22427	0	13454	19175
7	12939	12	14159	19175
8	18114	0	12555	19175
9	21220	2	12955	19175
10	16922	6	13038	19175
11	22058	0	13028	19175
12	20730	0	12631	19175
13	18542	0	13613	19175
14	17215	8	14151	19175
15	19777	0	13275	19175
16	21446	0	12418	19175
17	20014	5	13665	19175
18	8978	12	13871	19175
19	21423	7	13846	19175
20	23764	0	13892	19175
21	19728	0	12500	19175
22	21544	4	12569	19175
23	24670	0	14143	19175
24	19396	0	12303	19175
25	24423	0	12456	19175
26	22849	0	13473	19175
27	16227	0	12976	19175
28	10498	8	13444	19175
29	25134	0	14010	19175
30	7306	18	14028	19175
31	12892,62	23	13760	19175

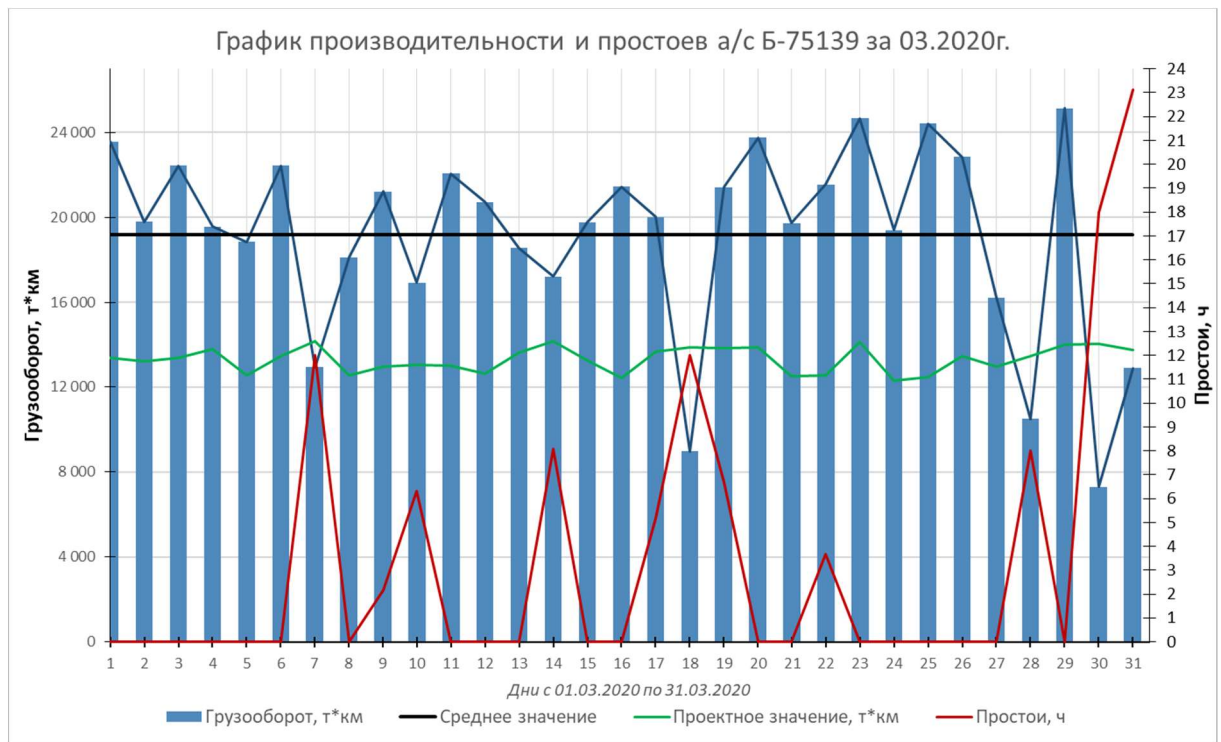


Рисунок 50 – Месячный график Б-75139 за 03.2020

Таблица 25 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 04.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	23541	3,5	12896	14337
2	14756	3,1	14119	14337
3	26552	2,8	14009	14337
4	22601	1,8	13411	14337
5	4795	6,5	13106	14337
6	6300	24	12851	14337
7	23766	5,5	13871	14337
8	9352	0	13754	14337
9	0	20	13628	14337
10	0	16	13318	14337
11	18058	12	13495	14337
12	15455	0,4	11703	14337
13	23180	0	11774	14337
14	20967	0	11809	14337
15	20235	0	12675	14337
16	18190	2,2	11659	14337
17	19249	1,3	12531	14337
18	12799	10,5	13754	14337
19	19707	0	14743	14337
20	22536	0	12806	14337
21	20508	0	13769	14337
22	6873	16,4	12616	14337

Продолжение таблицы 25

День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
23	13474	18,9	13692	14337
24	1142	10,7	10474	14337
25	2192	22,3	12939	14337
26	6872	18,7	11119	14337
27	16302	8,9	11371	14337
28	18074	0	13851	14337
29	4094	0	12271	14337
30	18553	7,4	12226	14337

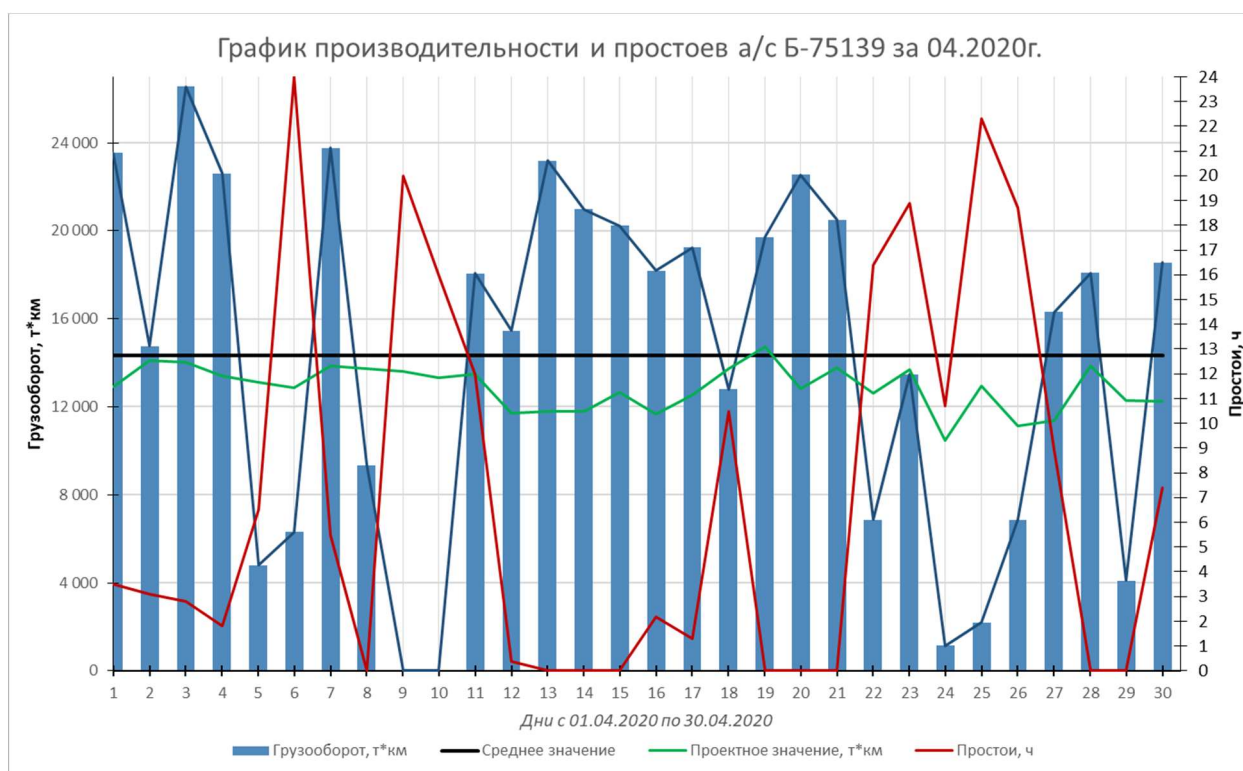


Рисунок 51 – Месячный график Б-75139 за 04.2020

График за 04.2020 также довольно наглядно демонстрирует, что резкий рост грузооборота, превышающий проектные значения, приводит к поломкам, что и произошло 4-11 апреля. Сначала присутствовал факт перегрузки, потом продолжительные простои по причине устранения отказов, затем снова всплеск производительности и повторный простой. График грузооборота представляет собой кривую, по которой явно наблюдается то быстрый рост, то быстрое падение показателя. Стоит также обратить внимание, что среднее значение фактического грузооборота находится в непосредственной близости к проектным значениям.

Возникает логичный комментарий: если уменьшить уровень суточного грузооборота и эксплуатировать машину с более плавным уровнем загрузки, то выход из строя какого-либо узла можно будет определить заранее.

Таблица 26 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 05.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	14390	0	13132	17725
2	13491	5	12094	17725
3	18922	19	12456	17725
4	19677	1	13247	17725
5	7479	14	11800	17725
6	19490	3	12053	17725
7	18079	2	13097	17725
8	14350	4	13742	17725
9	21800	3	13405	17725
10	22735	0	13837	17725
11	21209	3	12963	17725
12	22490	0	13729	17725
13	18680	4	13841	17725
14	17613	5	13598	17725
15	18868	0	13478	17725
16	11679	4	13336	17725
17	18911	5	13395	17725
18	18817	0	13473	17725
19	15637	12	13482	17725
20	21684	0	13480	17725
21	22892	0	12596	17725
22	22287	0	13670	17725
23	20971	4	12757	17725
24	22251	0	13793	17725
25	16481	0	12118	17725
26	17175	3	12555	17725
27	22522	0	10942	17725
28	21216	0	12204	17725
29	17140	0	11423	17725
30	7966	18	12340	17725
31	2570	24	12546	17725

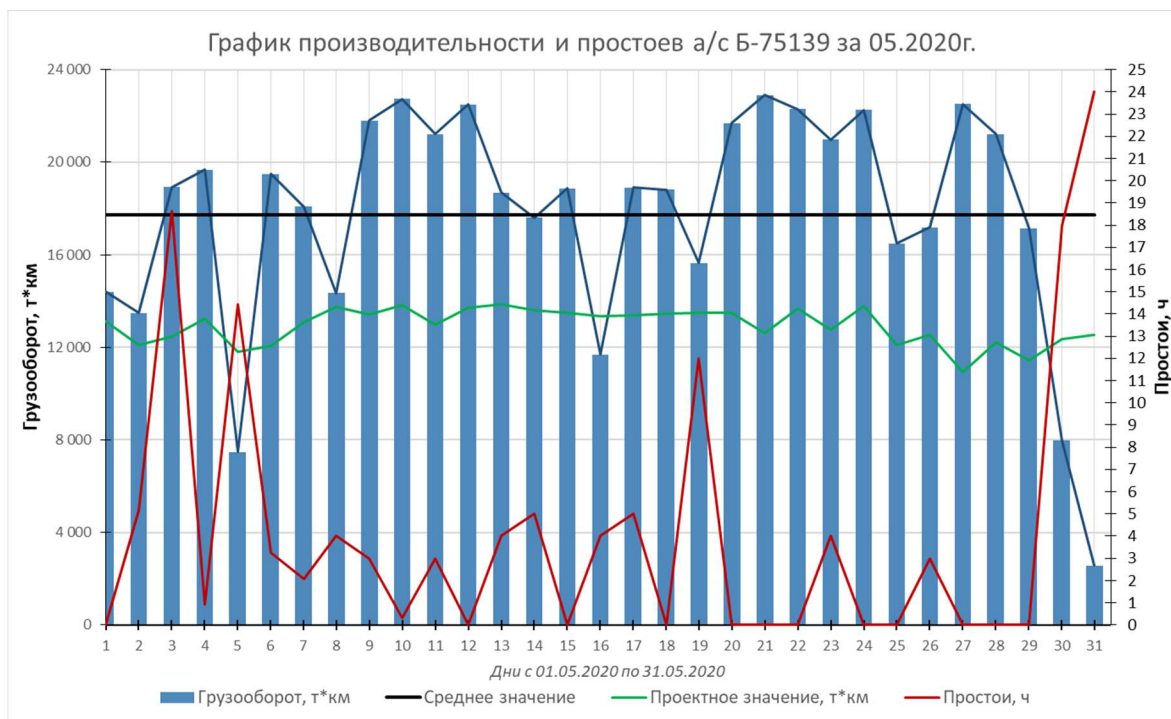


Рисунок 52 – Месячный график Б-75139 за 05.2020

На рисунке представлены фактические значения грузооборота и простоев. Эксплуатация автосамосвала происходит аналогичным образом, как и в другие временные промежутки.

Таблица 27 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 07.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	20213	0	12680	18570
2	7685	7	12431	18570
3	19541	0	12199	18570
4	18272	0	12873	18570
5	21572	0	13415	18570
6	22095	0	13279	18570
7	21111	0	13722	18570
8	16382	0	13317	18570
9	10714	13	13525	18570
10	16850	10	13630	18570
11	20353	0	13841	18570
12	18260	0	13382	18570
13	23117	2	13640	18570
14	15911	0	12115	18570
15	5627	12	12603	18570
16	19601	0	13262	18570
17	20690	0	13925	18570
18	12603	0	13420	18570

Продолжение таблицы 27

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
19	22620	0	13267	18570
20	25065	0	13930	18570
21	18219	0	13394	18570
22	22374	0	12888	18570
23	23116	0	13224	18570
24	19902	1	13315	18570
25	0	24	13630	18570
26	23277	4	12122	18570
27	23397	0	12471	18570
28	24693	0	13089	18570
29	19987	0	12411	18570
30	21041	0	12730	18570
31	21365	0	13255	18570

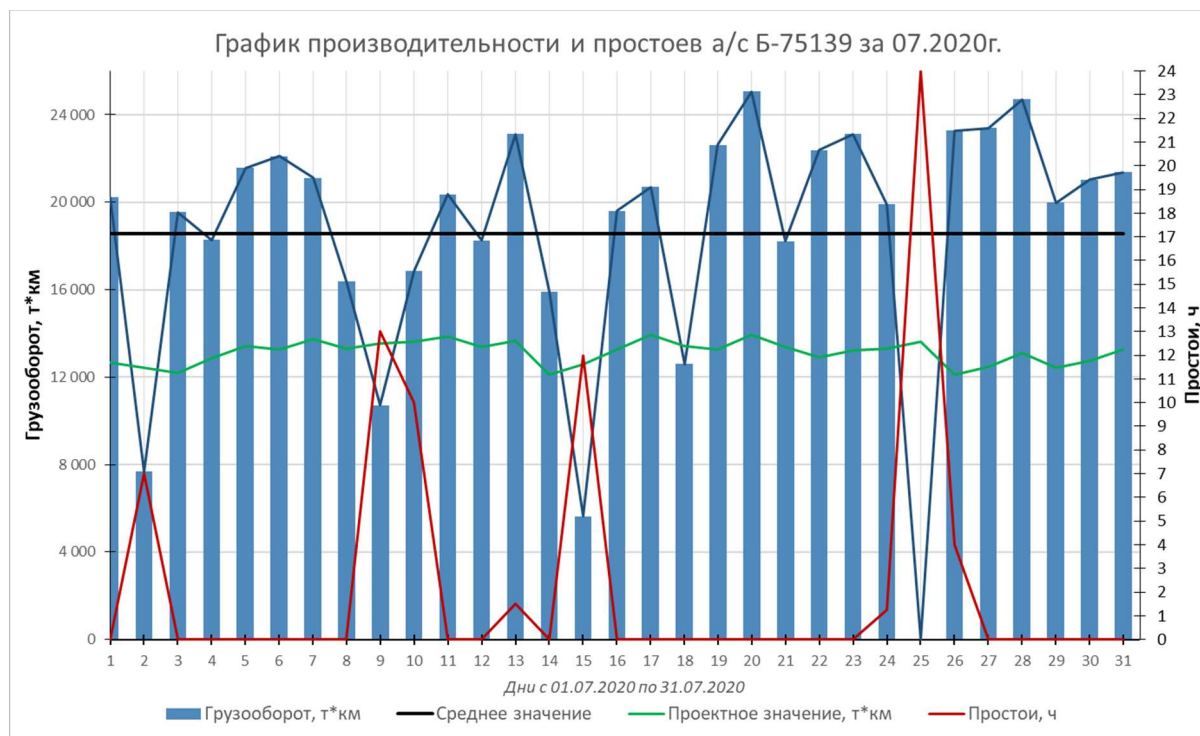


Рисунок 53 – Месячный график Б-75139 за 07.2020

На рисунке представлены фактические значения грузооборота и простоев. Эксплуатация автосамосвала происходит аналогичным образом, как и в другие временные промежутки.

Таблица 28 – Фактический грузооборот и простои Б-75139 за 09.2020

Б-75139				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	19305	0	13523	15445
2	15471	0	12930	15445
3	20570	0	13346	15445
4	20775	2	13168	15445
5	9987	12	11962	15445
6	8548	1	12044	15445
7	0	12	12589	15445
8	21100	0	13289	15445
9	21734	0	13123	15445
10	10975	2	13144	15445
11	17713	3	13019	15445
12	17585	0	12951	15445
13	21891	0	13271	15445
14	21826	0	13634	15445
15	11774	0	13635	15445
16	8804	12	13547	15445
17	21459	2	13596	15445
18	17714	0	11667	15445
19	16590	0	12292	15445
20	14976	0	13213	15445
21	20902	5	11595	15445
22	22889	0	13751	15445
23	19417	0	13290	15445
24	19515	0	13193	15445
25	3605	10	10916	15445
26	14017	6	12362	15445
27	3852	2	11170	15445
28	26193	0	13361	15445
29	5670	4	14119	15445
30	8507	15	13883	15445

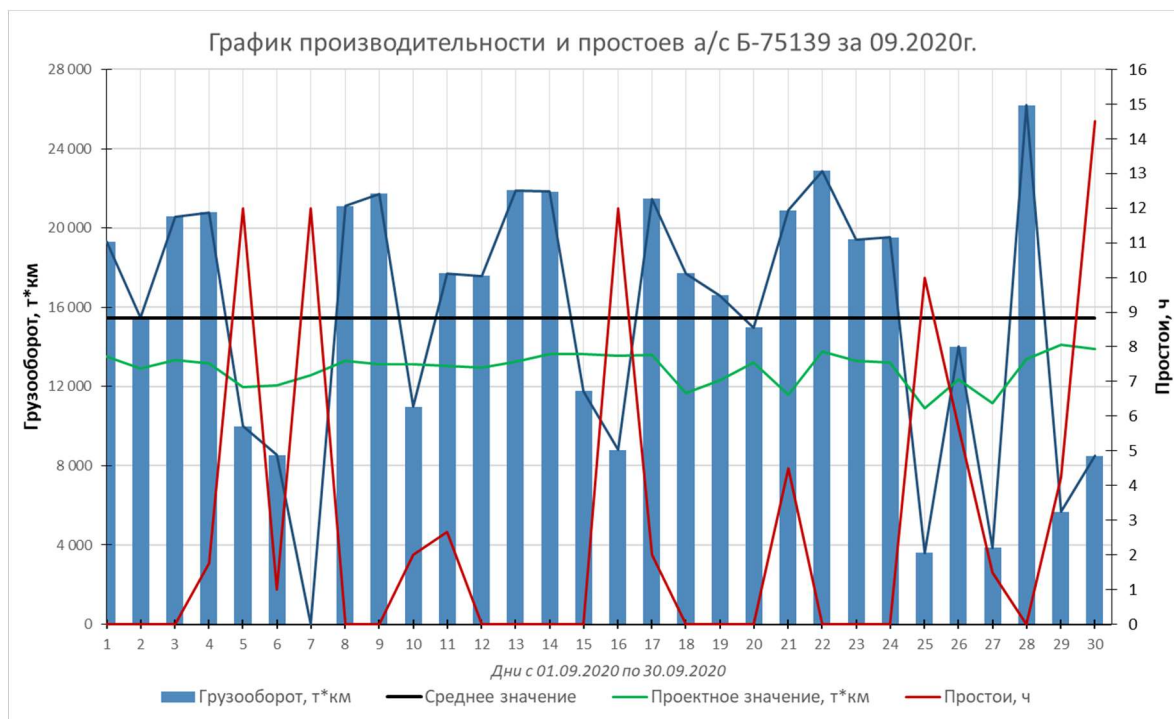


Рисунок 54 – Месячный график Б-75139 за 09.2020

На рисунке представлены фактические значения грузооборота и простоев. Эксплуатация автосамосвала происходит аналогичным образом, как и в другие временные промежутки. Но на данном графике стоит обратить внимание, что отказы происходят между ярко выраженными пиками загрузки автосамосвала.

Таблица 29 – Фактический грузооборот и простои САТ-785С за 01.2020

САТ-785С				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	18873	4	14864	19459
2	27178	0	15245	19459
3	23715	1	14726	19459
4	30085	0	15451	19459
5	22318	4	14996	19459
6	7269	12	14680	19459
7	24418	3	14732	19459
8	21513	0	14770	19459
9	22286	2	14455	19459
10	12319	6	13744	19459
11	19050	0	14850	19459
12	10244	9	14122	19459
13	2617	16	15098	19459
14	0	24	14785	19459
15	0	16	14394	19459

Продолжение таблицы 29

День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
16	19298	14	14181	19459
17	19613	1	12713	19459
18	13390	1	14548	19459
19	27206	0	13044	19459
20	18745	5	12981	19459
21	19400	0	12129	19459
22	24491	0	14309	19459
23	23234	0	14834	19459
24	26292	0	13958	19459
25	27153	3	14243	19459
26	18595	7	14802	19459
27	24387	0	14108	19459
28	22955	0	14004	19459
29	29269	0	14218	19459
30	22387	0	13896	19459
31	24917	1,5	14030	19459

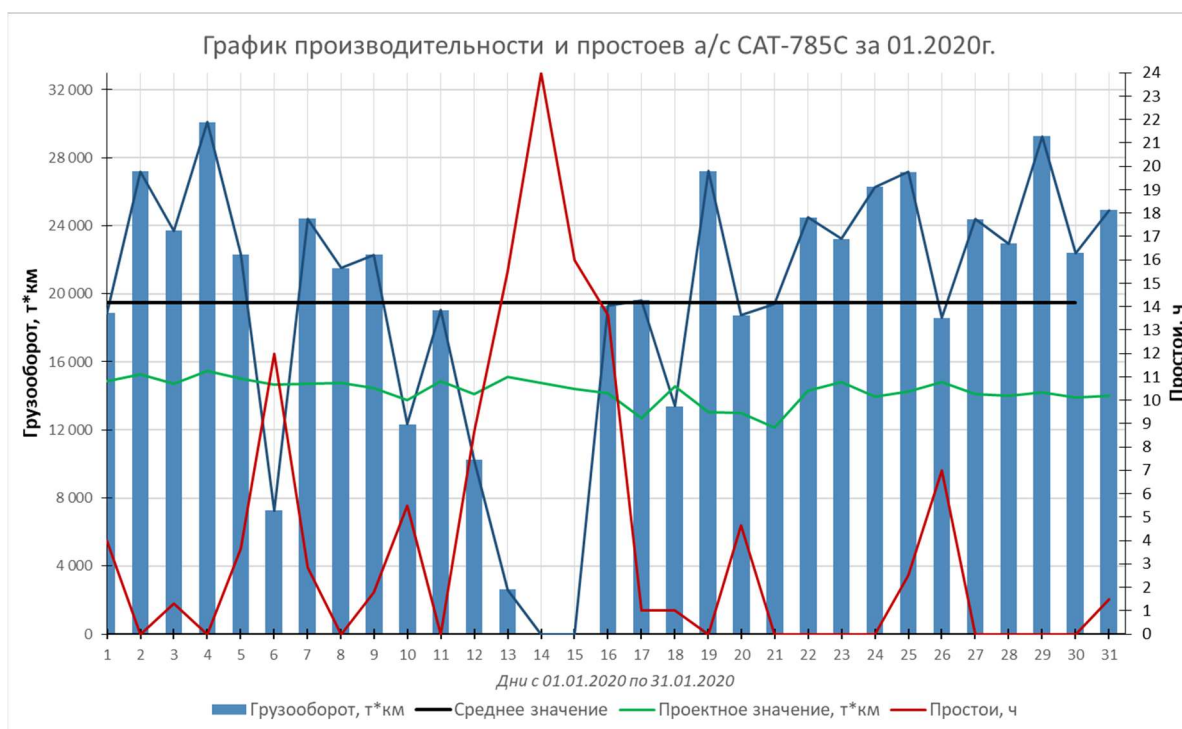


Рисунок 55 – Месячный график САТ-785С за 01.2020

При рассмотрении работы автосамосвалов другого типа также наблюдаются абсолютно аналогичные режимы эксплуатации карьерной машины.

Таблица 30 – Фактический грузооборот и простои САТ-785С за 02.2020

САТ-785С				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	12040	0	12632	17695
2	24047	0	14075	17695
3	24805	0	14549	17695
4	21254	0	14281	17695
5	11246	1	14514	17695
6	22261	0	13961	17695
7	25892	0	14551	17695
8	20040	0	14846	17695
9	21341	0	14699	17695
10	0	12	13456	17695
11	17595	18	11456	17695
12	10929	0	12071	17695
13	24320	8	14312	17695
14	23739	0	14475	17695
15	22317	0	14555	17695
16	20371	0	14931	17695
17	26008	0	13772	17695
18	22541	0	13840	17695
19	15040	2	15257	17695
20	19073	9	13778	17695
21	18799	0	13220	17695
22	22838	0	13236	17695
23	13636	6	13778	17695
24	21470	5	14495	17695
25	20201	0	13967	17695
26	22438	0	14260	17695
27	8908	3	14555	17695
28	0	16	14475	17695
29	0	24	14846	17695

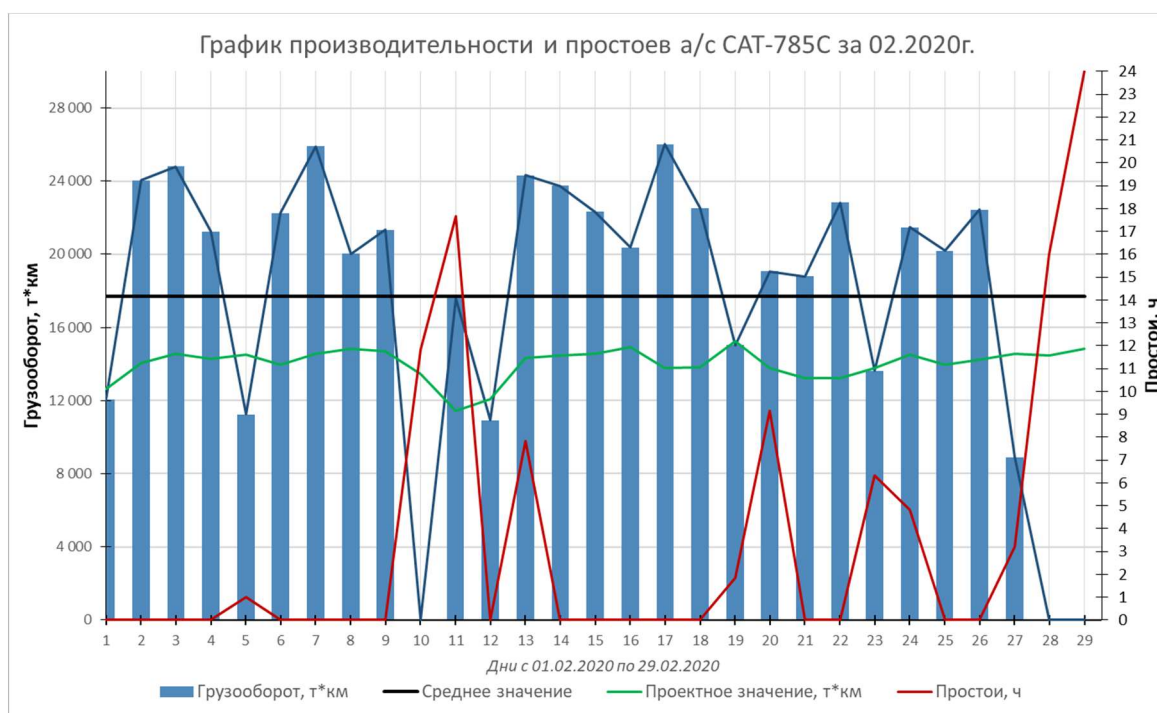


Рисунок 56 – Месячный график CAT-785C за 02.2020

Таблица 31 – Фактический грузооборот и простои CAT-785C за 03.2020

CAT-785C				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	14145	24	13100	18948
2	18885	2	14894	18948
3	28506	0	13572	18948
4	19760	0	14665	18948
5	26251	1	14463	18948
6	26551	2	13651	18948
7	20182	0	14503	18948
8	4756	4	13907	18948
9	20592	20	12713	18948
10	25204	0	15093	18948
11	19815	0	14220	18948
12	25158	1	14068	18948
13	19323	0	14243	18948
14	15352	0	14291	18948
15	23932	0	14857	18948
16	30466	1	14360	18948
17	22101	2	14057	18948
18	28321	0	13329	18948
19	23300	0	14599	18948
20	20550	3	14519	18948
21	13624	0	14955	18948
22	22229	2	13911	18948
23	11448	4	14952	18948

Продолжение таблицы 31

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
24	21352	0	14738	18948
25	0	4	14529	18948
26	0	24	14326	18948
27	19264	14	14128	18948
28	31153	0	14541	18948
29	0	12	14490	18948
30	10362	10	14375	18948
31	24801	1	14225	18948

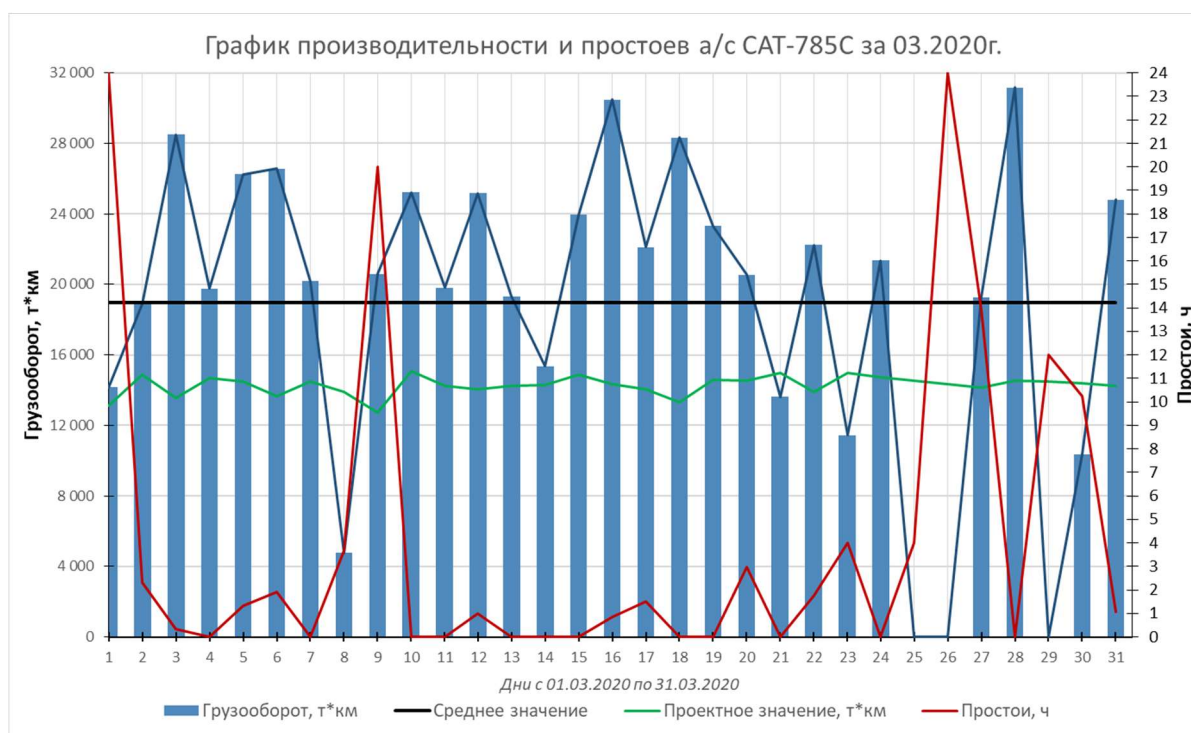


Рисунок 57 – Месячный график САТ-785С за 03.2020

Таблица 32 – Фактический грузооборот и простои САТ-785С за 04.2020

САТ-785С				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	22666	0	13063	18863
2	26592	0	13279	18863
3	10359	1	13155	18863
4	20469	0	15087	18863
5	27233	0	14949	18863
6	27320	0	15423	18863
7	21784	4,5	14966	18863
8	25313	0	14982	18863
9	27888	0	15752	18863
10	23557	0	14975	18863
11	9846	3,7	14779	18863

Продолжение таблицы 32

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
12	17712	16,6	14516	18863
13	23711	0,4	14288	18863
14	21137	5,8	14151	18863
15	25769	0	13724	18863
16	21744	0,6	13561	18863
17	8699	4,1	14347	18863
18	0	24	13754	18863
19	9936	12	13065	18863
20	19555	0	14152	18863
21	13444	2	14784	18863
22	7496	4,9	13249	18863
23	10180	19	14079	18863
24	24935	7,3	14213	18863
25	26126	0	12963	18863
26	3950	8,3	13305	18863
27	24476	12	14641	18863
28	20477	0	14441	18863
29	26160	15,9	13952	18863
30	17365	0	14899	18863

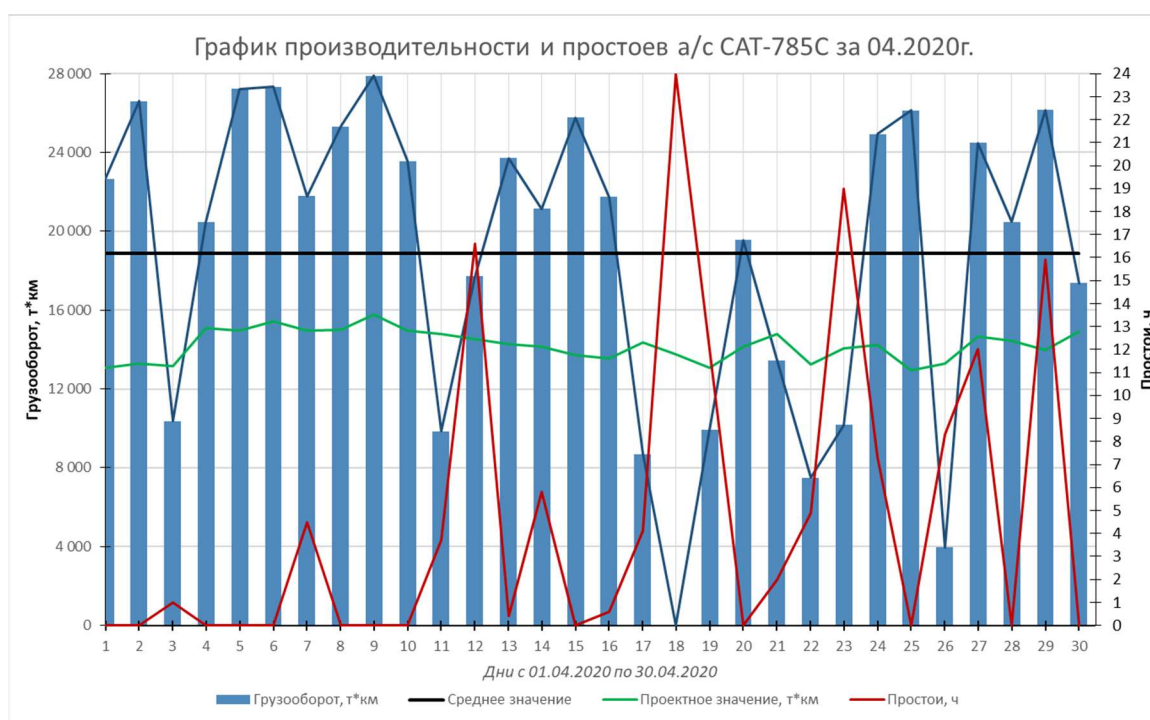


Рисунок 58 – Месячный график САТ-785С за 04.2020

Таблица 33 – Фактический грузооборот и простои САТ-785С за 05.2020

САТ-785С				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	0	3		20734
2	17759	13	14070	20734
3	21881	0	13730	20734
4	24794	0	13612	20734
5	23775	1	14778	20734
6	21898	0	13526	20734
7	20462	2	13648	20734
8	20731	0	13479	20734
9	27272	0	13570	20734
10	23373	0	14290	20734
11	24855	0	13784	20734
12	27799	0	14438	20734
13	22935	0	14305	20734
14	24350	0	13603	20734
15	24938	0	13585	20734
16	21644	0	12546	20734
17	24187	2	13076	20734
18	3739	12	13356	20734
19	25289	8	12673	20734
20	16250	0	12730	20734
21	17591	0	13008	20734
22	26696	0	14074	20734
23	21040	0	13372	20734
24	0	12	13159	20734
25	14754	13	13599	20734
26	22652	2	14050	20734
27	23080	0	14214	20734
28	23196	0	13936	20734
29	21387	0	14426	20734
30	26624	0	14528	20734
31	27802	0	14435	20734

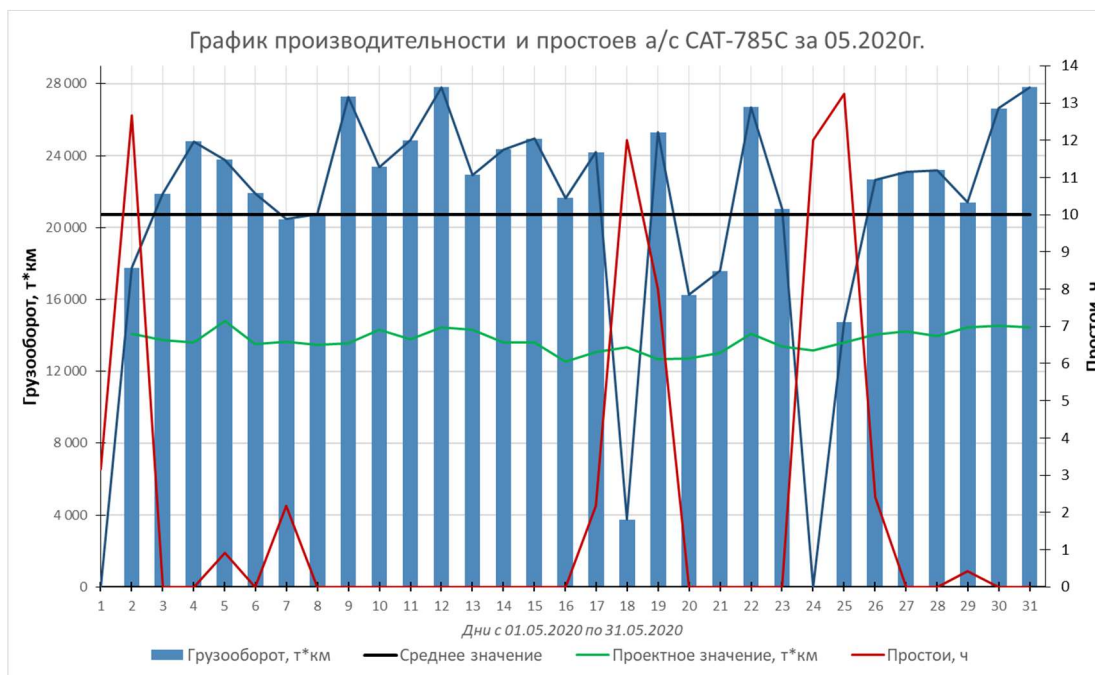


Рисунок 59 – Месячный график САТ-785С за 05.2020

Таблица 34 – Часть значений фактического грузооборота и простоев САТ-785С за 09.2020

САТ-785С				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	7112	0	10587	13516
2	14606	3	11329	13516
3	0	12	11263	13516
4	13737	12	11873	13516
5	7500	2	11899	13516
6	17531	0	11985	13516
7	26052	0	13681	13516
8	16630	0	14320	13516
9	14207	9	13913	13516
10	1475	10	15228	13516
11	0	24	13655	13516
12	8288	15	12785	13516
13	20612	0	12699	13516
14	14977	0	13361	13516
15	23999	3	14976	13516
16	28841	0	14546	13516
17	6495	7	14159	13516
18	0	24	13587	13516
19	0	24	13874	13516
20	3909	24	12996	13516
21	22403	0	12905	13516
22	25868	0	14856	13516
23	25630	0	14565	13516

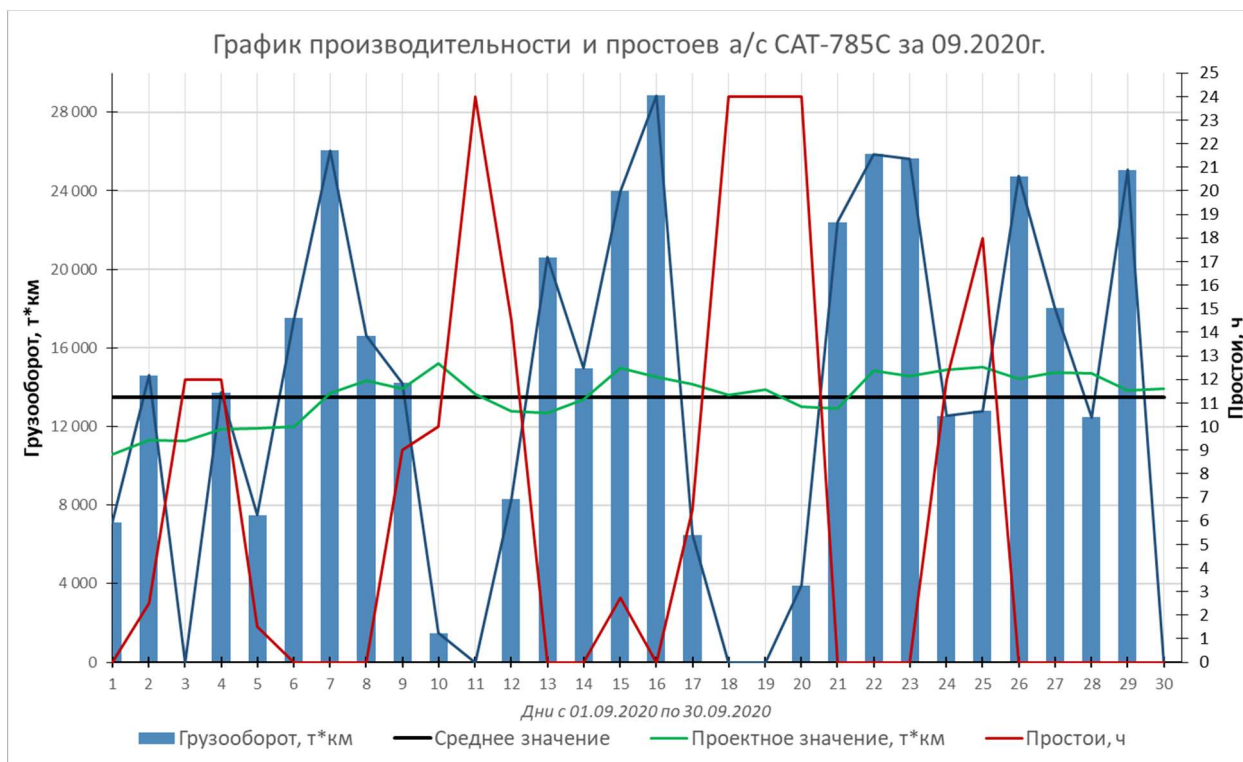


Рисунок 60 – Месячный график САТ-785С за 09.2020

Таблица 35 – Фактический грузооборот и простои САТ-789D за 02.2020

САТ-789D				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	8260	12	15163	26733
2	27977	3	17891	26733
3	30129	3	17248	26733
4	25411	0	16583	26733
5	13970	0	18589	26733
6	31235	0	17055	26733
7	29845	0	17272	26733
8	27123	0	16700	26733
9	25456	0	17238	26733
10	24620	2	16399	26733
11	33020	0	15482	26733
12	23844	0	15910	26733
13	16668	0	16539	26733
14	11971	12	16227	26733
15	29531	0	16977	26733
16	24613	0	16183	26733
17	33870	1	15795	26733
18	36696	0	18214	26733
19	35068	4	18229	26733
20	34250	0	17090	26733
21	31644	0	17963	26733
22	34976	0	17408	26733

Продолжение таблицы 35

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
23	30235	0	18297	26733
24	23570	2	18396	26733
25	24821	0	18635	26733
26	35162	0	16826	26733
27	30771	0	16981	26733
28	36219	0	17865	26733
29	4308	0	18564	26733

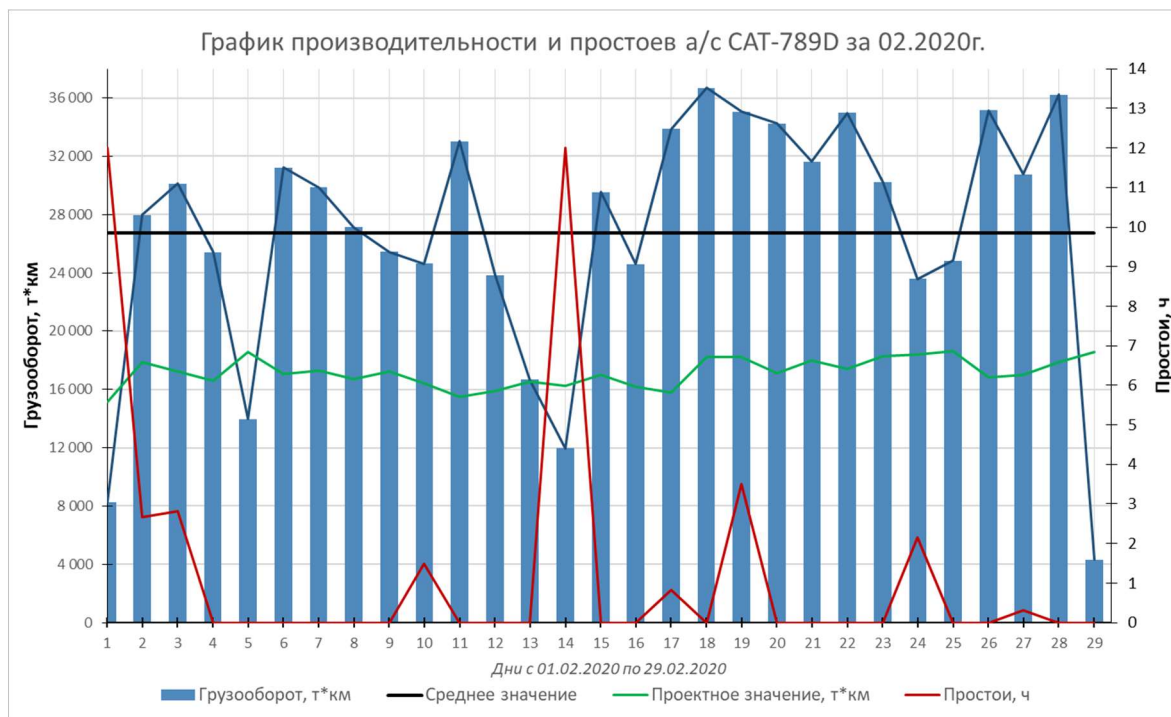


Рисунок 61 – Месячный график САТ-789D за 02.2020

Таблица 36 – Фактический грузооборот и простои САТ-789D за 03.2020

САТ-789D				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	15149	0	18528	27664
2	31235	0	17828	27664
3	35629	0	18647	27664
4	38222	0	18875	27664
5	12667	12	19150	27664
6	16482	6	18722	27664
7	22213	1	18357	27664
8	32268	0	16903	27664
9	20929	0	16874	27664
10	34359	0	17790	27664
11	30287	2	16705	27664
12	36770	0	18686	27664

Продолжение таблицы 36

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
13	35685	0	18719	27664
14	21371	0	16732	27664
15	29151	0	18412	27664
16	26066	0	17431	27664
17	13837	10	16690	27664
18	20955	0	17904	27664
19	32838	0	18959	27664
20	26657	0	15875	27664
21	24392	2	16675	27664
22	29954	2	15736	27664
23	24448	6	15697	27664
24	24619	0	17035	27664
25	28140	1	16898	27664
26	34732	0	16071	27664
27	28910	0	16031	27664
28	29586	0	16191	27664
29	36204	0	16241	27664
30	35613	0	17303	27664
31	28205	0	16600	27664

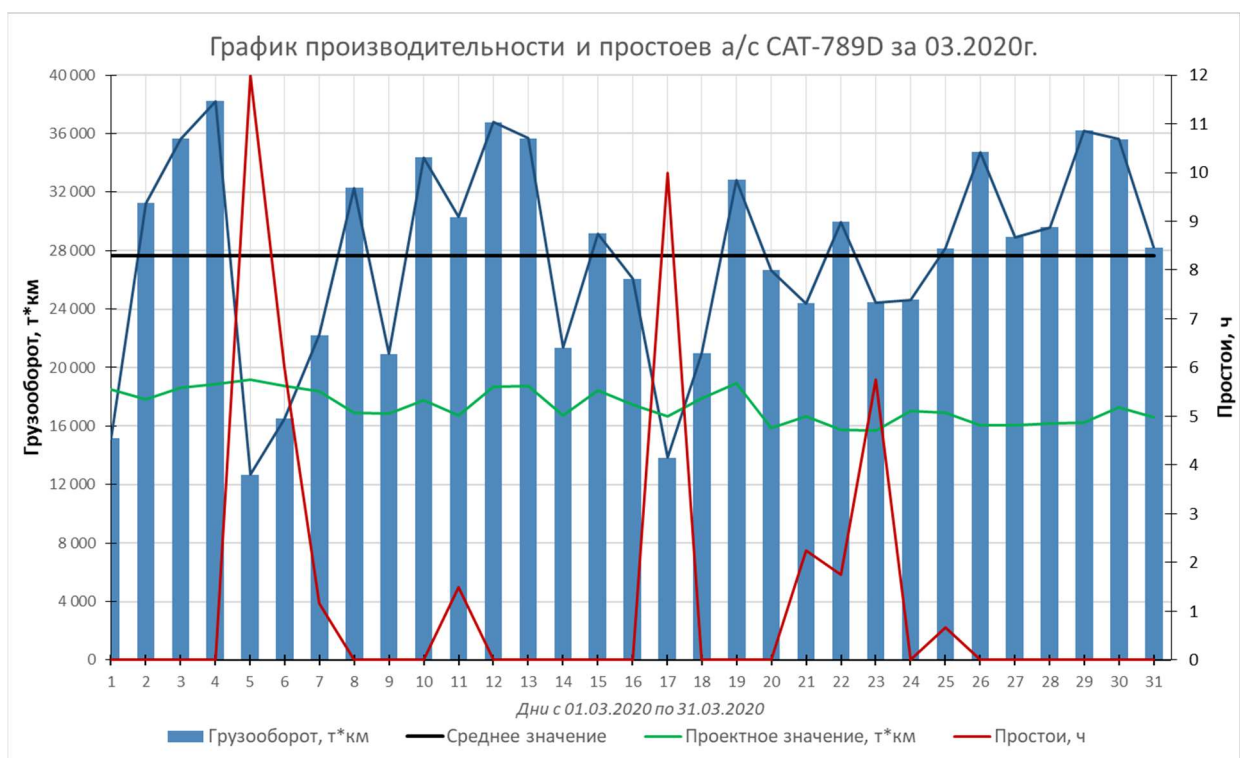


Рисунок 62 – Месячный график САТ-789D за 03.2020

Таблица 37 – Фактический грузооборот и простои САТ-789D за 04.2020

САТ-789D				
День	Грузооборот, т·км	Простои, ч	Проектное значение, т·км	Среднее значение
1	34565	2	16606	30915
2	25737	9,1	17110	30915
3	25046	7,1	16099	30915
4	25335	12	17680	30915
5	34010	0	16984	30915
6	32404	0	16416	30915
7	38774	0	17218	30915
8	18156	0	15518	30915
9	0	24	16014	30915
10	42493	2,2	18650	30915
11	22857	3,3	15968	30915
12	31243	12	17532	30915
13	17271	0	18693	30915
14	32379	0	17256	30915
15	39652	0	18800	30915
16	34276	0	18491	30915
17	27198	0	16777	30915
18	27712	10,5	17146	30915
19	36971	0	17204	30915
20	36166	0	17547	30915
21	36861	0	16768	30915
22	39990	0	18000	30915
23	32067	0	17009	30915
24	33765	2	17691	30915
25	36459	2	17475	30915
26	35717	13,2	17335	30915
27	29732	0	17043	30915
28	30592	0	16919	30915
29	36992	0	16633	30915
30	33023	0	17657	30915

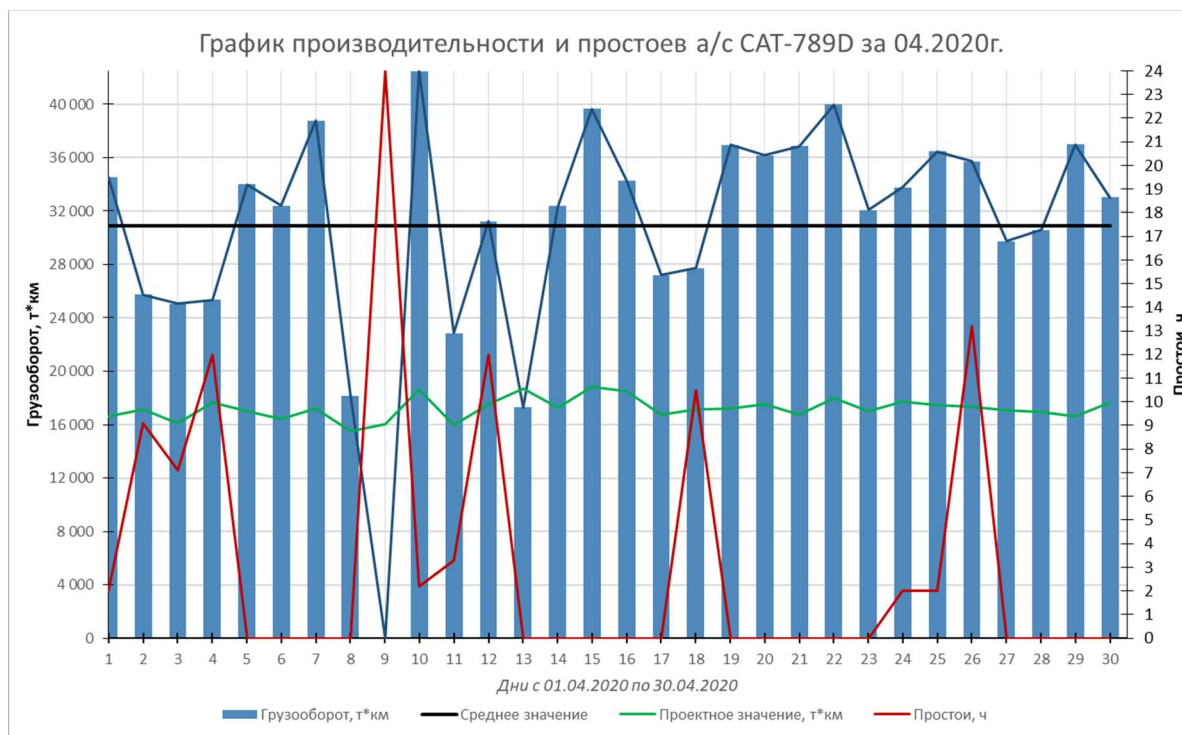


Рисунок 63 – Месячный график САТ-789D за 04.2020

Таблица 38 – Фактический грузооборот и простои САТ-789D за 09.2020

САТ-789D				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	19107	0	18219	26856
2	31182	0	16720	26856
3	10745	0	15540	26856
4	33288	8	17760	26856
5	32725	3	17519	26856
6	29062	0	17424	26856
7	26399	0	15958	26856
8	37366	3	18180	26856
9	33792	0	17508	26856
10	24779	4	16368	26856
11	37374	0	17112	26856
12	19775	0	18342	26856
13	28127	5	16568	26856
14	0	24	16059	26856
15	32810	0	17735	26856
16	30514	0	16146	26856
17	38772	0	17620	26856
18	35277	0	18592	26856
19	30843	0	18233	26856
20	31742	0	17815	26856
21	23160	0	17643	26856
22	29763	0	15697	26856

Продолжение таблицы 38

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
23	7877	18	16671	26856
24	41601	0	18074	26856
25	26516	0	16457	26856
26	12837	0	14623	26856
27	17572	0	17270	26856
28	26049	0	16534	26856
29	26728	0	16831	26856
30	29894	0	16356	26856

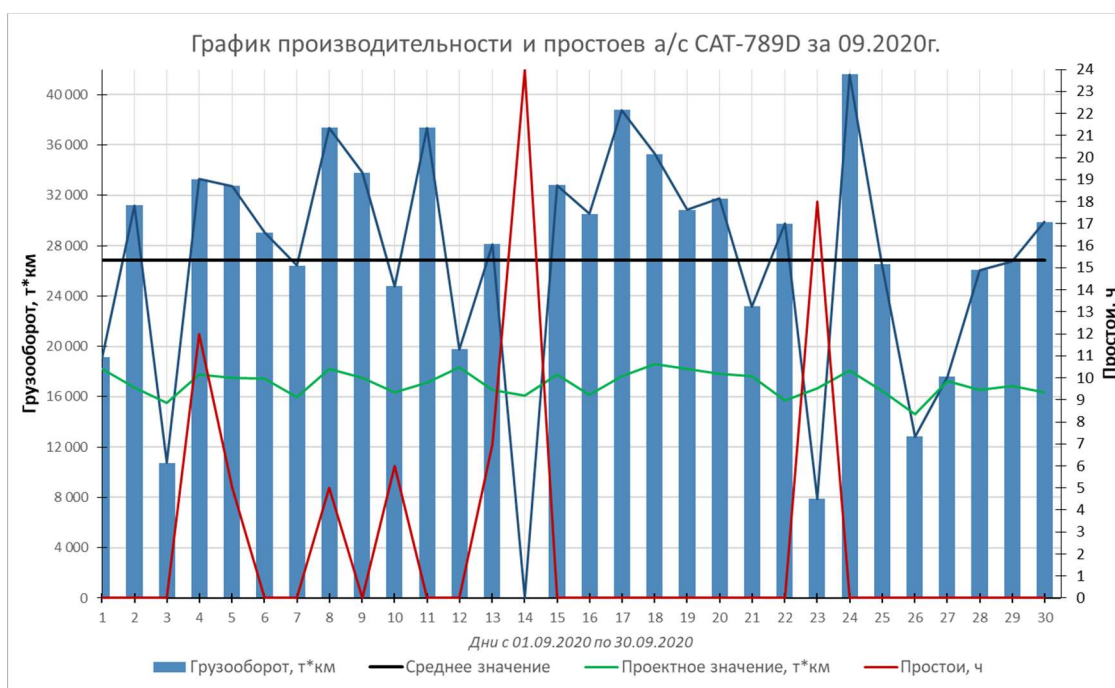


Рисунок 64 – Месячный график САТ-789D за 09.2020

Таблица 39 – Фактический грузооборот и простои Б-75307 за 04.2020

Б-75307				
День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
1	40 597	0	18139	25091
2	38 371	0	18196	25091
3	33 633	0	18685	25091
4	29 269	2,4	17871	25091
5	39 631	0	18895	25091
6	30 819	0	18553	25091
7	43 819	0	18649	25091
8	29 545	0	18857	25091
9	23 556	0	18533	25091
10	15 326	1	20427	25091
11	0	24	19153	25091
12	7854	20,6	20238	25091

Продолжение таблицы 39

День	Грузооборот, т*км	Простои, ч	Проектное значение, т*км	Среднее значение
13	26378	5,6	19677	25091
14	32808	8,5	17326	25091
15	41796	0	18021	25091
16	35127	0	19778	25091
17	40180	0	18851	25091
18	27862	0	17557	25091
19	20097	6,2	17367	25091
20	29978	0	18412	25091
21	36125	3,3	17508	25091
22	32704	3,4	18319	25091
23	32249	3,5	18610	25091
24	15007	3,2	19209	25091
25	31798	13,2	18488	25091
26	18205	2,7	18477	25091
27	0	12	17890	25091
28	0	24	18457	25091
29	0	24	19460	25091
30	0	24	18675	25091

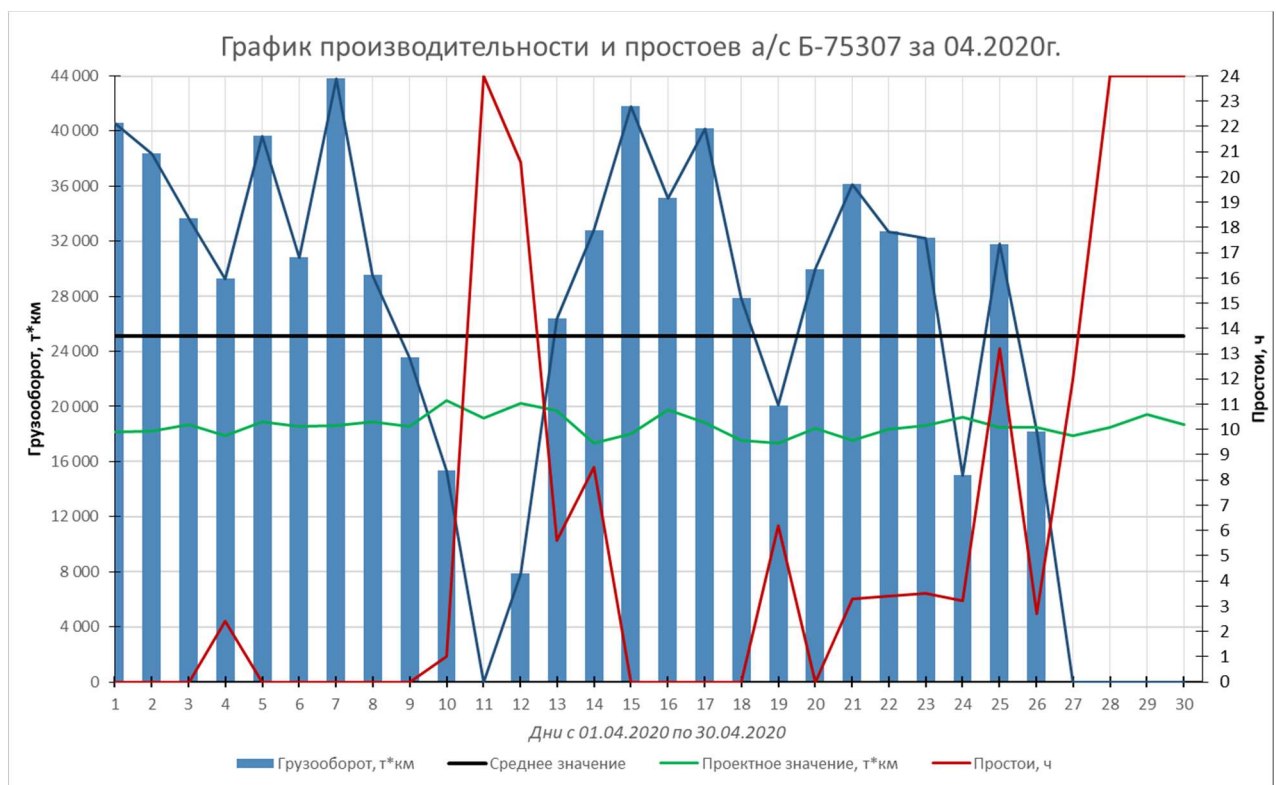


Рисунок 65 – Месячный график Ю-75307 за 04.2020

Исходя из представленных графиков были сделаны выводы, заключающиеся в том, что перед каждым отказом, независимо от его характера, имели место значительные перегрузки машины – «пиковые значения перегрузки», порой весьма

продолжительные. Важно отметить, что суточный грузооборот связан как с длительностью превышения нормативной загрузки, так и со степенью тяжести последовавшего отказа, при этом характер отказа может быть любым.

На основании того, что на графиках производительности и простоев карьерных автосамосвалах наблюдается определенная схожесть, в дальнейших исследованиях было принято выделить выборку из карьерных автосамосвалов Б-75307 в количестве 5 штук (именно эти автосамосвалы являются идентичными по условиям эксплуатации внутри парка модели. Другие автосамосвалы были закуплены в разное время, эксплуатируются на разных маршрутах).

3.3 Многофакторный корреляционный анализ

В результате проведенных действий с данными о работе карьерных автосамосвалов, а также на основе анализа графической составляющей выявлены следующие зависимости:

1. Суточный грузооборот, связанный с предшествующей перегрузкой, зависит от степени перегрузки и длительности превышения нормативной загрузки автосамосвала.
2. Суточный грузооборот, связанный с тяжестью последовавшего отказа, зависит от степени перегрузки и длительности простоя, последовавшего в результате отказа.

Для проверки выдвинутых зависимостей необходимо провести многофакторный корреляционный анализ.

Множественная корреляция представляет собой статистическую меру, которая позволяет оценить, насколько набор независимых переменных связан с зависимой переменной. Она показывает степень объяснения вариации зависимой переменной независимыми переменными.

Коэффициент множественной корреляции (R) используется для измерения множественной корреляции. Он принимает значения от -1 до 1 . Значение R ближе к 1 указывает на сильную положительную связь между переменными, в то время как значение R ближе к -1 указывает на сильную отрицательную связь. Значение R , равное 0 , означает отсутствие связи между переменными.

Множественная корреляция также может быть интерпретирована как доля объясненной вариации зависимой переменной, которую можно объяснить независимыми переменными. Чем ближе значение R к 1, тем больше вариации зависимой переменной объясняется независимыми переменными.

Помимо определения множественной корреляции, важно также оценить статистическую значимость этой связи. Это достигается с помощью использования p -значения, которое показывает вероятность получить такую же или более сильную связь случайно, при отсутствии связи на самом деле. Если p -значение меньше заданного уровня значимости (обычно 0,05), то связь считается статистически значимой.

Посредством проведения многофакторного корреляционного анализа данных, полученных из отчетов системы удаленного мониторинга, была получена следующая система уравнений (3.6):

$$\begin{cases} y_1 = 21662,1 * P_{\Pi} - 5,3 * x_1 - 997,3 \\ y_2 = 20516,4 * P_{\Pi} - 19 * x_2 + 348,8' \end{cases} \quad (3.6)$$

где y_1 – суточный грузооборот, связанный с предшествовавшей перегрузкой, 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.

Коэффициент детерминации показывает долю объясненной вариации (разброса) зависимой переменной, относительно его среднего. Полученные выражения позволяют выполнить расчет с коэффициентом детерминации (R -квадрат) 0,99 и 0,91 для первой и второй формул. Все коэффициенты регрессии являются значимыми на 5% уровне значимости, ввиду того, что p -значения всех коэффициентов меньше заданного уровня значимости ($p < 5\%$).

Для первой формулы: 0,003 для x_2 , 2,10E-13 для x_1 и 0,045 для зависимой переменной. Для второй формулы: 0,03 для x_2 , 1,1E-18 для x_1 и 0,039 для зависимой переменной.

Для проверки значимости коэффициентов регрессии с использованием t -статистик необходимо расчетные значения статистик сравнить с критическим значением статистики Стьюдента (t_{crit}) для заданного уровня значимости 5% и степенями свободы, равными $n - k$, где n – количество наблюдений, по которым оценены параметры регрессии, и k – количество коэффициентов, оцененных в уравнении регрессии. Таким образом, подтвердить значимость коэффициента регрессии можно, если он отличен от нуля. В данном случае расчетные t -статистики:

Для первой формулы: $t_{crit} = 1,98$, $|t_{x2}| = 2,2$; $t_{x1} = 24,6$; $t_y = 2,6$

Для второй формулы: $t_{crit} = 2$; $|t_{x2}| = 2,1$; $t_{x1} = 34,6$; $t_y = 2,3$.

Результаты приводят к тому, что нулевая гипотеза о незначимости коэффициентов отклоняется, следовательно, все коэффициенты статистически значимы. При этом показатели отклонения прогнозных данных от фактических составляют 3 и 5% для первой и второй формул соответственно.

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

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 оптимальные 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.

С целью установления численного критерия, отражающего степень перегрузки карьерного автосамосвала за промежуток времени при превышении номинальной загрузки, предлагается ввести понятие «интенсивности перегрузки» карьерного автосамосвала (3.7):

$$Y = \frac{P_{\text{п}}}{N_{\text{пр}}} \quad (3.7)$$

где Y – интенсивность перегрузки, моточас⁻¹;

$N_{\text{пр}}$ – количество моточасов сверхнормативной эксплуатации машины, моточас.

Интенсивность перегрузки отражает зависимость степени перегрузки карьерного автосамосвала от продолжительности его сверхнормативной эксплуатации. На рисунке 66 представлен годовой график перегрузок автосамосвала Б75307.



Рисунок 66 – Диаграмма условий эксплуатации автосамосвала

В то же время, необходимо детально посмотреть на работу автосамосвала с учетом нововведенного понятия интенсивности перегрузки (рисунок 67).



Рисунок 67 – Годовая интенсивность перегрузки

Диаграмма интенсивности перегрузки демонстрирует, что в течение года автосамосвал эксплуатировался с различными степенями перегрузки: от 1,1 до свыше 2. Наиболее часто (18% от времени эксплуатации) наблюдалась перегрузка в 80% от нормативного грузооборота в эталонных условиях эксплуатации. Таким образом, показатели степени и интенсивности перегрузки позволяют получить наглядную картину того, насколько остро стоит необходимость корректировки регламента технического обслуживания и ремонта.

3.4 Выводы по главе 3

1. Произведена классификация и ранжирование экспериментальных данных, обработка и разметка таблиц.
2. Проведены экспериментальные исследования в целях выявления взаимосвязей условий эксплуатации и грузооборота карьерного автосамосвала, в рамках которых изучены суточные, месячные графики на основе ретроспективных данных, наглядно демонстрирующие отклонение от эталонных условий эксплуатации.

3. Проведен многофакторный корреляционный анализ и, как результат, получена система уравнений (с коэффициентами детерминации 0,99 и 0,91), описывающая величину грузооборота, в зависимости от степени и продолжительности перегрузки, а также степени перегрузки и длительности последовавшего простоя.

4. Обоснована необходимость корректировки регламентов ТОиР карьерных автосамосвалов.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Методика расчета программы моделирования влияния интенсивности перегрузки на показатели надежности автосамосвала

Рационализация эксплуатации карьерных автосамосвалов с позиции контроля их грузооборота позволит повысить эффективность транспортной системы. Контроль этого параметра, как уже говорилось ранее, влияет на надежность всей машины в целом. Из этого следует необходимость корректировки нормативных документов, согласно которым предприятия выстраивают планы по грузообороту и ремонтным работам на выбранный период времени.

Имитационное моделирование позволяет рационализировать режимы работы карьерных автосамосвалов при их непосредственном транспортировании горной массы.

Грузооборот – комплексный параметр, отображающий все события, происшедшие с автосамосвалом в отслеживаемый период времени, являющийся произведением массы груза на перевезенное расстояние.

Для обоснования применимости полученных зависимостей был сформирован план корректировки регламентов по проведению внеплановых осмотровых и ремонтных работ, состоящий из:

- формирования программы по моделированию грузооборота;
- рекомендаций по корректировке нормативных документов;
- экономического обоснования полученных результатов.

В рамках исследования была создана программа расчета уточненного грузооборота (рисунок 68). Программа позволяет выбрать из списка предложенных модель автосамосвала, в зависимости от их технических характеристик в соответствии с требуемым запросом. Далее необходимо указать условия эксплуатации (загрузку, параметры трассы и КТГ техники). После проверки введенных значений выполняются расчеты основных показателей, среди которых основные: сопротивление воздушной среды, уклоны трассы, инерции вращающихся масс, криволинейные участки и прочие. В конечном итоге

происходит сравнение суммарного сопротивления и создаваемой силы тяги. Если сравнение положительное и силы тяги достаточно для преодоления всех сопротивлений, то происходит переход к следующему этапу, если нет, то программа сообщит, что необходимо изменить выбор автосамосвала. Следующим шагом выполняется расчет скорости движения, времени рейса и грузооборота. Если полученные значения устраивают, то результат остается неизменным, в противном случае необходимо ввести потребный грузооборот, после чего на основании вышеуказанной модели регрессии выполняется прогнозирование количества дней простоя, сверхнормативной и нормальной эксплуатации.

При неизменных режимах работы машины и маршрутах транспортирования горной массы в течение года, за исключением подвигания фронта выемочных работ экскаватором, единственным эксплуатационным параметром, позволяющим регулировать грузооборот, становится значение загрузки кузова карьерного автосамосвала. На основании полученной математической модели, состоящей из двух уравнений, и была составлена программа, позволяющая уточнить проектные значения эксплуатационных параметров техники.

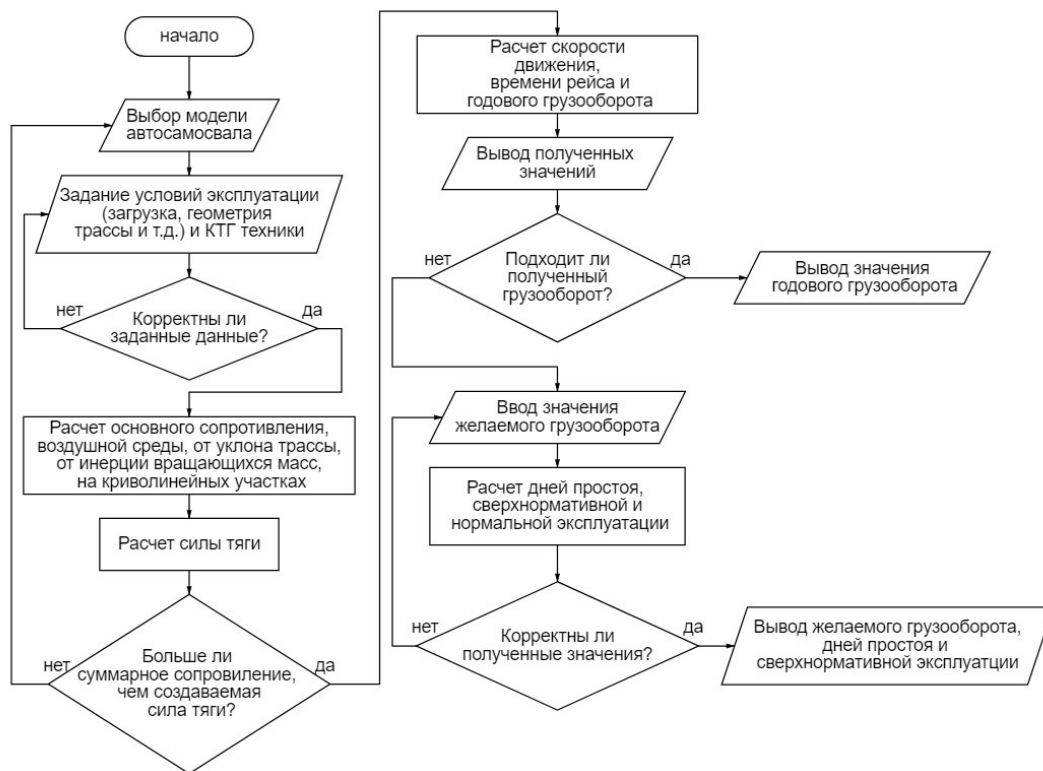


Рисунок 68 – Принципиальная блок-схема уточненного расчета годового грузооборота согласно разработанной методике

Согласно методике тягово-эксплуатационного расчета пневмоколесного транспорта [17, 20, 43], с учетом известных горнотехнических параметров ведения работ и установленного уровня надежности рассчитывались значения скорости на каждом из участков трассы, время выполнения рейса и годовой грузооборот при номинальной загрузке кузова. При необходимости установления факторов, влияющих на интенсивность перегрузки, указывалось значение грузооборота, отличного от нормативного в эталонных условиях эксплуатации. Посредством использования разработанной математической модели были получены значения прогнозируемых дней простоя и сверхнормативной эксплуатации. Укрупненная смысловая схема работы модели представлена на рисунке 69.



Рисунок 69 – Укрупненная схема работы модели

4.2 Корректировка нормативных документов

На многих предприятиях, где используются карьерные автосамосвалы, существуют нормативные документы, которые устанавливают стандарты для технического обслуживания и ремонта. Это позволяет производственно-техническим службам принимать осознанные решения о планировании и выполнении организационных и технологических мероприятий для поддержания исправного состояния автомобилей. Также рекомендуется использовать единые формы для учета и регистрации работ, связанных с техническим обслуживанием и

ремонт, на протяжении всего срока эксплуатации каждого автомобиля. Это необходимо для планирования, контроля и управления качеством обслуживания и ремонта.

Предлагается внести изменения в положение о ТОиР предприятия в разделе, посвященном корректированию нормативов технического обслуживания и ремонта.

Нормативы корректируются коэффициентами в зависимости от следующих факторов:

- природно-климатических условий K_1 ;
- количества автомобилей на предприятии K_2 ;
- наработки автомобиля с начала эксплуатации (тыс.моточасов) K_3 ;
- использования рационального сочетания автомобиля и экскаватора K_4 ;
- крепости горных пород K_5 ;
- дорожных условий эксплуатации, учитывающих уклоны K_6 , K_7
- типа покрытия K_8 .

Необходимо ввести дополнительный коэффициент (K_9) 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.

Для получения годовых значений интенсивности грузооборота была рассчитана степень перегрузки (отношение фактических значений грузооборота к проектным), а в качестве временного промежутка было выбрано количество дней в году, когда самосвал эксплуатировался, без учета простоев, возникших в результате организационных аспектов.

Всего сформировалось 4 показателя интенсивности для сравнения: 2020 год, как базовый вариант, фактические показатели 2021 года, а также два вида проектных показателей работы автосамосвала за 2021 год. В первом случае было

принято решение оставить неизменным годовой грузооборот, как и в фактических значениях 2021 года. Во втором случае стояла цель спрогнозировать, какой грузооборот может выдать автосамосвал при фактическом значении КТГ 2021 года, но при использовании полученных зависимостей.

- в 2020 году фактический показатель интенсивности равен 0,0045;
- в 2021 году фактический показатель интенсивности равен 0,0042;
- первый проектный показатель 2021 года равен 0,004;
- второй проектный показатель 2021 года равен 0,0048.

Чем больше будет значение коэффициента, тем хуже, потому что это будет означать, что в течение рассматриваемого периода времени происходило нарушение нормативных условий эксплуатации карьерного автосамосвала.

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, ради примера были взяты годовые показатели.

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 40):

Таблица 40 – 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

Результирующий коэффициент корректирования нормативов определяется умножением отдельных коэффициентов:

- для периодичности технического обслуживания и регламентных ремонтов – наработки до капитального ремонта автомобиля и его агрегатов (кроме кузова) – $K_1 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8$

- наработки до капитального ремонта кузова – $K_1 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8$
- трудоемкости технического обслуживания – $K_1 \cdot K_2$
- трудоемкости регламентных ремонтов – $K_1 \cdot K_2$
- трудоемкости непланового текущего ремонта (без учета шинных работ) – $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8$
- трудоемкости шинных работ – $K_1 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7$

Учитывая, что нерациональное использование автосамосвалов влияет на неплановые ремонтные работы, поскольку ТО выполняется согласно наработке техники, необходимо дополнить расчет трудоемкости неплановых текущих ремонтов коэффициентом интенсивности перегрузки (формула 4.1)

$$K_{\text{тр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9 \quad (4.1)$$

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

Значения коэффициентов принимаются согласно утвержденным нормативным документам предприятия. В данном случае без учета K_9

$$K_{\text{тр}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,3 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,1 = 2,21$$

С учетом K_9 для выбранных временных промежутков (таблица 41):

$$K_{\text{тр}} = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,3 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,95 \cdot 1,1 \cdot 1,36 = 3,01$$

Таблица 41 – значение $K_{\text{тр}}$ в зависимости от года

Год эксплуатации	Значение $K_{\text{тр}}$
2020	3,01
2021 фак	2,68
2021 П1	2,55
2021 П2	3,06

Далее необходимо определить трудоемкость непланового текущего ремонта. Для автосамосвала БЕЛАЗ 75307 по нормативной документации трудоемкость на 100 моточасов, чел-ч равна 23,8 чел-ч, тогда получаются следующие значения (4.2):

$$TR = TR_{\text{норм}} \cdot K_{\text{тр}}, \quad (4.2)$$

где TR – трудоемкость непланового текущего ремонта на предприятии, чел-ч;

$TR_{\text{норм}}$ – нормативная трудоемкость непланового текущего ремонта карьерных автосамосвалов, чел-ч;

В таблице 42 показаны результаты трудоемкости по годам для автосамосвала БЕЛАЗ 75307.

Таблица 42 – Значения трудоемкости работ

Год эксплуатации	Значение TR, чел-ч
2020	71,55
2021 факт	63,70
2021 П1	60,67
2021 П2	72,80

Из всего вышесказанного, а также на основании получившихся значений трудозатрат на неплановые 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. Результат внедрения методики корректировки регламента ТОиР выражается в сокращении трудоемкости непланового текущего ремонта на 5% в сравнении с фактическими данными 2021 года, а также на 15% в сравнении с фактическими данными 2020 года.

4.3 Экономический эффект принятой методики

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

Для определения потерь от одного моточаса простоя транспортной техники следует принять во внимание тот факт, что они будут складываться из разности упущенной выгоды (потенциальный упущенный доход Д) за 1 моточас простоя и

расходов на транспортирование (P), которые потенциально могли быть понесены за 1 моточас функционирования автосамосвала (4.3):

$$B_{1\text{мм}} = D - P, \quad (4.3)$$

Где $B_{1\text{мм}}$ – потери от одного часа простоя автосамосвала, руб.;

D – потери, связанные с недополученным доходом от одного часа простоя автосамосвала, руб.;

P – расходы на транспортирование в течение одного моточаса для одного автосамосвала, руб.;

Расходы на транспортирование будут включать в себя следующие составляющие (4.4):

$$P = \frac{C_{\text{тр-ния 1 т·км}} \cdot A_{\text{год}}}{N_{\text{раб в год}} - N_{\text{пр}}} \cdot K \quad (4.4)$$

где $N_{\text{пр}}$ – количество моточасов простоя самосвала за год, шт;

$C_{\text{тр-ния 1 т·км}}$ – стоимость перевозки 1 т·км руб./т · км;

$A_{\text{год}}$ – годовой объем грузоперевозок, осуществленных одним автосамосвалом, т·км;

$N_{\text{раб в год}}$ – число рабочих моточасов за год, шт;

K – коэффициент, отражающий удельный вес расходов, не связанных с непосредственным производством готовой продукции, в структуре себестоимости продажи полезного ископаемого.

При анализе бухгалтерской отчетности предприятия было установлено, что расходы, не связанные напрямую с объемом добычи полезного ископаемого (коммерческие и управленческие расходы), составляют примерно 52% от себестоимости продаж. Таким образом, получим $K = 0,48$.

Потенциальный упущенный доход будет включать в себя следующие составляющие (4.5):

$$D = C_{1 \text{ т руды}} \cdot Q_{\text{руд 1 мч}} \cdot \gamma \quad (4.5)$$

где $C_{1 \text{ т руды}}$ – стоимость продажи 1 тонны руды, руб.;

$Q_{\text{руд 1 мч}}$ – средний объем перевезённой руды за 1 моточас, м³;

γ – плотность руды, т/м³.

Ввиду того, что перевозится не только руда, но и вскрышные породы, целесообразно учесть коэффициент вскрыши (4.6):

$$D = N_{\text{пр}} \cdot C_{1 \text{ т руды}} \cdot Q_{1 \text{ мч}} \cdot \gamma = N_{\text{пр}} \cdot C_{1 \text{ т руды}} \cdot \frac{Q_{\text{г.м.за 1 мч}}}{K_{\text{вск}}} \cdot \gamma \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.6)$$

где $Q_{\text{г.м.за 1 мч}}$ – объем перевезённой горной массы за 1 моточас, м³;

$K_{\text{вск}}$ – коэффициент вскрыши.

В связи с тем, что автосамосвалы являются не единственным элементом технологической цепочки, формирующей выручку, примем их долю $K_{\text{дол}}$ от итоговой выручки, равной 10%.

Отрабатываемое месторождение содержит два вида полезных ископаемых. Необходимые для дальнейших расчетов показатели получены из открытых источников, а также на предприятии:

- число рабочих моточасов в месяц равно 724, в год – 8688;
- средняя плотность руды – 3,05 т/м³;
- коэффициент вскрыши – 1,75.

На основании данных из аналитических отчетов по итогу смены за каждый месяц работы (выгрузка из ПО «Карьер») за 2020-2021 года, а также финансовых отчетов предприятия, исходные показатели представлены в таблице 43, результаты сравнения фактических данных и прогнозов представлены в таблице 44.

Таблица 43 - Исходные данные

Наименование	2020	2021
Расходы на транспортирование, млн руб.	4207	5469
Стоимость железнорудного концентрата, тыс. руб.	4,76	9,93
Стоимость апатитового концентрата, тыс. руб.	19,05	20,41
Объем добытой руды, млн т	22,19	22,89
Объем произведенного железнорудного концентрата, млн т	5,5	5,8
Объем произведенного апатитового концентрата, млн т	2,2	2,3

Исходя из проектного значения 2021 П1 (таблица 44), понятно, что при одинаковом грузообороте и заданных рациональных режимах работы 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 режима работы автосамосвала.

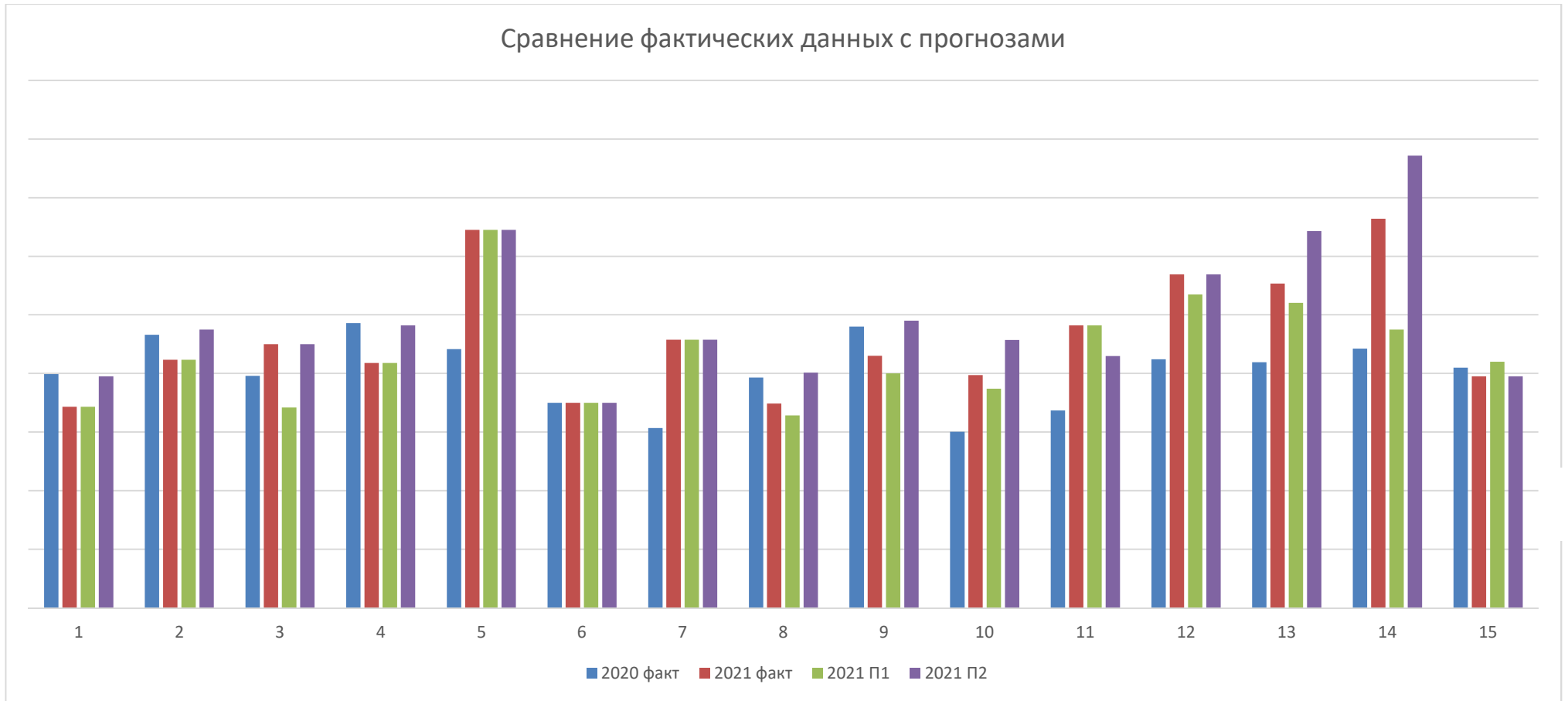
Таким образом, наиболее выгодный способ – 2021 П1, что подтверждается методикой определения интенсивности перегрузки, а также экономическим обоснованием.

В то же время в столбце 4, где наблюдается самая высокая интенсивность перегрузки, виден наилучший результат по показателям: средний вес, перевозимый за 1 моточас, выручка за 1 моточас. Указанный вариант характеризуется максимальным размером годовых убытков среди всех рассматриваемых вариантов. Визуальное представление таблицы 44 представлено на рисунке 70.

Таблица 44 – Сравнение фактических данных с прогнозами

№ п/п	Показатель	2020 факт	2021 факт	2021 П1	2021 П2
		1	2	3	4
1	Годовой объем, перевезенный самосвалом, тыс. м ³	797,92	686,55		790
2	Годовой грузооборот, млн т	9,32	8,47		9,5
3	Количество м/ч простоя, шт.	1584	1800	1368	1800
4	Перевезенный вес, млн т	2,43	2,09		2,41
5	Средняя стоимость 1 т концентрата, тыс. руб.	8,83	12,9		
6	Коэффициент извлечения	0,35	0,35		
7	Выручка за 1 т руды, руб.	307,01	457,36		
8	Средний вес, перевозимый за 1 моточас, т	112,32	99,67	93,79	114,69
9	Среднегодовая интенсивность перегрузки, $\times 10^{-3}$	4,8	4,3	4	4,9
10	Выручка за 1 моточас работы, руб.	60,1	79,45	74,76	91,42
11	Стоимость транспортирования 1 т·км, тыс. руб.	6,74	9,64		8,59
12	Расходы при 1 моточасе работы самосвала, тыс. руб.	4,24	5,69	5,35	5,69
13	Суммарные потери за 1 моточас, тыс. руб.	55,86	73,76	69,41	85,73
14	Годовые убытки, млн руб.	88,48	132,77	94,95	154,32
15	КТГ автосамосвала	0,82	0,79	0,84	0,79

Сравнение фактических данных с прогнозами



1 - Годовой объем перевезенный самосвалом, тыс. м³

2 - Годовой грузооборот, млн. т

3 - Количество моточасов простоя, шт.

4 - Перевезенный вес, млн. т

5 - Средняя стоимость 1 т концентрата, тыс. руб

6 - Коэф извлечения

7 - Выручка за 1 т руды, руб

8 - Средний вес, перевозимый за 1 моточас, т

9 - Среднегодовая интенсивность перегрузки, $\cdot 10^{-3}$

10 - Выручка за 1 моточас работы, руб

11 - Стоимость транспортирования 1 т·км, тыс. руб

12 - Расходы при 1 моточасе работы самосвала, тыс. руб

13 - Суммарные потери за 1 моточас, тыс. руб

14 - Годовые убытки, млн. руб

15 - КТГ автосамосвала

Рисунок 70 - График сравнения фактических показателей с проектными

По строке 14 таблицы 44 можно наблюдать, что экономический эффект от принятой методики выражается в сокращении убытков на 28% при сохранении грузооборота. 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. Следовательно, в случае выявления фактов перегрузки необходимо регулярно производить обработку данных по грузообороту автосамосвалов. 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.

4.4 Выводы по главе 4

В результате работы над четвертой главой диссертации были сделаны следующие выводы:

1. Обоснована методика, устанавливающая критерий рационализации работы парка карьерных автосамосвалов – среднегодовую интенсивность перегрузки через сочетания величины годового грузооборота, коэффициента технической готовности и дней превышения нормативной загрузки.
2. Уточнена методика расчета экономических потерь вследствие одного моточаса простоя единицы транспортной техники циклического действия.
3. Разработана прикладная программа расчета нормативного значения совершаемого автосамосвалом грузооборота с учетом горно-геологических условий функционирования посредством учета ожидаемой продолжительности периода неработоспособности техники и превышения параметров загрузки установленных режимов работы в рамках сверхнормативной эксплуатации.

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 показателя 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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аброськин, А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах / А.С. Аброськин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2015. Т. 326. № 12. С. 122-130
2. Авершина, Д.В. Оценка экономической эффективности внедрения автоматизированной системы «Интеллектуальный карьер» / Д.В. Авершина // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. №2. С.111–117
3. Акишев, А.Н. Технологические решения по вскрытию и отработке глубоких горизонтов Нюрбинского карьера АК «АЛРОСА» / А.Н. Акишев, Ю.И. Лель, Д.Х. Ильбульдин, О.В. Мусихина, И.А. Глебов // Известия Высших Учебных Заведений. Горный Журнал. 2017. №7. С.4-12
4. Анистратов, К.Ю. Мировые тенденции развития структуры парка карьерной техники / К.Ю. Анистратов // Горная промышленность. – 2011. – №6. – С. 22-26.
5. Анистратов, К.Ю. Разработка метода формирования структуры комплексной механизации горных работ на карьерах / К.Ю. Анистратов: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.05.06. - Апатиты., 2013. - 375 с.
6. Анистратов, К.Ю. Разработка стратегии технического перевооружения карьеров / К.Ю. Анистратов // Горная промышленность. 2012. № 4. С.90–104.
7. Бахтурин, Ю.А. Современные тенденции развития карьерного транспорта / Ю.А. Бахтурин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. №7. С. 403-414
8. Белых, К.В. Решение проблемы эффективного применения и развития АСУ ГТК на основе многолетнего опыта разработки и эксплуатации систем на горных предприятиях / К.В. Белых, Д.А. Клебанов // Горная промышленность, 2016. №2 (126). С. 44-49
9. Большунова, О.М. Пути повышения эффективности использования карьерного автотранспорта / О.М. Большунова // Записки Горного института, 2004. Т. 157. С. 104–108

10. Ботян, Е.Ю. Анализ методики выбора модели автосамосвала на предприятиях горной отрасли / Е.Ю. Ботян, А.Е. Пушкарев // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. 2021. С.213-216

11. Бочкарев, Ю.С. Повышение эффективности эксплуатации карьерных автосамосвалов при разработке россыпных месторождений Севера / Ю.С. Бочкарев, И.В. Зырянов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022, № 5-2. С. 80-90.

12. Бурмистров, К.В. Влияние ширины транспортной бермы на техникоэкономические показатели карьера / К.В. Бурмистров, А.Н. Шакшакпаев, Н.А. Осинцев, И.С. Бурмистрова // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2014. №5. С.42-45

13. Бурмистров, К.В. Выбор оптимального направления развития горных работ в период интенсивной разработки месторождения «Малый Куйбас» / К.В. Бурмистров, А.А. Колонюк, В.А. Кидяев // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. №7. С. 302-306

14. Бурмистров, К.В. Обоснование параметров карьерных транспортных коммуникаций на различных этапах разработки месторождения / К.В. Бурмистров, А.Д. Кольга, А.Н. Шакшакпаев, Н.А. Осинцев, И.С. Бурмистрова // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2015. № 15. С. 140–146.

15. Бурмистров, К.В. Применение ресурсосберегающих технологических схем транспортирования горной массы на заключительных этапах открытых горных работ / К.В. Бурмистров, В.А. Кидяев, Н.Г. Томилина, С.Е. Гавришев // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. Т.3. №1. С.168-179

16. Васильев, М.В. Транспортные процессы и оборудование на карьерах / М.В. Васильев — М.: Недра, 1986. — 240 с.

17. Васильев, М.В. Автомобильный транспорт карьеров / М.В. Васильев, З.Л. Сироткин, В.П. Смирнов – М.: Недра, 1973. – 280 с.

18. Васильев, М.В. Оптимизация технологических режимов движения карьерных автосамосвалов большой грузоподъемности / М.В. Васильев, В.П. Смирнов, А.А. Котяшев // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1974. – № 1. – С. 63-69.

19. Васильев, М.В. Основные вопросы развития открытых горных разработок с автомобильным транспортом / М.В. Васильев: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. – М., 1961.

20. Васильев, М.В. Транспорт глубоких карьеров / М.В. Васильев – М.: Недра, 1983. – 295 с.

21. Васильев, М.В. Эксплуатация карьерного автотранспорта / М.В. Васильев, В.П. Смирнов, А.А. Кулешов – М.: Недра, 1979. – 280 с.

22. Великанов, В.С. Цифровая трансформация горнодобывающих предприятий и теротехнология наземных транспортных средств / В.С. Великанов, А.В. Дремин, О.А. Лукашук, С.А. Чернухин, М.Д. Лукашук // Горное оборудование и электромеханика. – 2024. – № 1(171). – С. 50-56. – DOI 10.26730/1816-4528-2024-1-50-56.

23. Великанов, В. С. Минимизация отказов горнотранспортного оборудования посредством предиктивной аналитики / В.С. Великанов, Н.В. Дерина // Инновационное развитие техники и технологий наземного транспорта : сборник статей, Екатеринбург, 03 декабря 2021 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2022. – С. 119-121

24. Великанов, В. С. Временные ряды в анализе надежности и прогнозировании отказов технологического оборудования на подземных горных работах / В.С. Великанов, О.В. Назаров // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования : Тезисы 80-й международной научно-технической конференции, Магнитогорск, 18–22 апреля 2022 года. Том 1. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2022. – С. 328. – EDN ESLEMI.

25. Великанов, В.С. О возможных причинах отказов транспортно-технологических машин на горных работах / В.С. Великанов, О.В. Назаров // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2022. – Т. 13, № 1. – С. 36-38

26. **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.

27. **Вишняков, Г.Ю.** Уточнение методики нормирования расхода топлива карьерных автосамосвалов в сложных горнотехнических 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.

28. Владимиров, Д.Я. Цифровая трансформация открытых горных работ и новое поколение карьерной техники / Д.Я. Владимиров, А.Ф. Клебанов, И.В. Кузнецов // «Горная промышленность». №6. 2020. С. 10-12

29. Глебов, А.В. Выбор сборочного автомобильного транспорта систем циклично-поточной технологии / А.В. Глебов // Mining of Mineral Deposits. №11(4). С.11-18

30. Глебов, А.В. Определение предельных сроков эксплуатации карьерных самосвалов / А.В. Глебов, Г.Д. Кармаев // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2015. № 1. С. 50–61.

31. Глебов, А.В. Технологические особенности освоения месторождений твердых полезных ископаемых с использованием шарнирно-сочлененных самосвалов / А.В. Глебов // Science and Technique. 2018. №3(17). С.238-245 DOI: 10.21440/0536-1028-2017-7-4-12

32. Глебов, И.А. Обоснование необходимой скорости проходки тоннеля при вскрытии глубоких горизонтов Нюрбинского карьера АК «АЛРОСА» / И.А. Глебов, Ю.И. Лель // Проблемы Недропользования. 2018. №2. С.40-48 DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.040

33. Гончаров, О.Ю. Коэффициент технической эффективности АТС: моделирование и расчёт / О.Ю. Гончаров // Мир транспорта. 2017; 15(4). С.92-101
34. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2015. – 30 с.
35. ГОСТ 27.003-2016. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности. – Москва. – 2016. – 19 с.
36. Добромиров, В.Н. Сравнительная оценка автосамосвалов с жесткой и шарнирно-сочлененной рамой в условиях дорожно-строительного производства / В.Н. Добромиров, К.И. Фомин, У.Н. Мейке // Вестник гражданских инженеров. 2020. №4(81). С.174-181
37. Довженок, А.С. Развитие теории и методов управления автотранспортной системой горнодобывающего предприятия / А.С. Довженок: Дис. ... докт. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2002. – 233 с.
38. Довженок, А.С. Влияние режимов эксплуатации на техническое состояние автосамосвалов / А.С. Довженок // Совершенствование технологических процессов добычи угля открытым способом: Сб. науч. тр. – Киев, 1989. – С. 4-6.
39. Довженок, А.С. К вопросу управления ремонтными потоками на карьерном автотранспорте // Молодые ученые — КАТЭЖу: Тез. докл. конф. — Красноярск, 1988. – С. 59.
40. Довженок, А.С. Оценка эффективности работы карьерного автотранспорта // Качество, надежность, эффективная эксплуатация горно-транспортного оборудования: современное состояние и перспектива: Тр. науч.-практ. конф. / ОАО «Уралмаш»; НТЦ-НИИОГР. – Екатеринбург, 2000. – С. 50-51.
41. Довженок, А.С. Подходы к оценке использования карьерного автотранспорта / А.С. Довженок // В поисках новых возможностей развития предприятия / Под ред. В. И. Усенко, А. М. Макарова. – Челябинск; Лисаковск, 2002. – С. 122-125.
42. Евсеев, В.Н. Автосамосвалы на карьерах / В.Н. Евсеев, А.А. Вареничев // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2017. № 8. С. 30–36

43. Жуковский, Ю. Л. Оценка технического состояния и остаточного ресурса электромеханического агрегата с асинхронным двигателем / Ю.Л. Жуковский, И.С. Бабанова, Н.А. Королев // Горное оборудование и электромеханика. 2017. №6. С. 20-25.

44. Журавлев, А.Г. Тенденции развития транспортных систем карьеров с использованием роботизированных машин / А.Г. Журавлев // Проблемы недропользования. 2014. №3(3). С. 164-175

45. Захаров, А.Ю. Алгоритм оперативной диспетчеризации карьерного автотранспорта / А.Ю. Захаров, А.Ю. Воронов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2012. №5(93). С.107-111

46. Зырянов, И.В. Опыт эксплуатации карьерных автосамосвалов в АК «АЛРОСА» / И.В. Зырянов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2003.

47. Зырянов, И.В. Повышение эффективности систем карьерного автотранспорта в экстремальных условиях эксплуатации / И.В. Зырянов: Дис. ... докт. техн. наук. – СПб, 2006 – 378 с.

48. Казарез, А.Н. Эксплуатация карьерных автосамосвалов с электромеханической трансмиссией / А.Н. Казарез, А.А. Кулешов – М.: Недра, 1988. 264 с.

49. Клебанов, А.Ф. Информационные системы горного производства и основные направления развития автоматизации открытых горных работ / А.Ф. Клебанов // Горная промышленность. 2015. №2 (120). С. 93-97

50. Клебанов, А.Ф. Стратегия эффективного управления горно-транспортным оборудованием при открытой добыче полезных ископаемых с помощью информационных динамических систем / А.Ф. Клебанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. С. 55-59.

51. Клебанов, А.Ф. Цифровая трансформация горнодобывающих предприятий: модная фразеология или объективная необходимость? / А.Ф.

Клебанов // Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр. 2018. С. 61-64

52. Клебанов, Д.А. Разработка технико-технологических решений по созданию и применению роботизированных систем грузоперевозок на открытых горных работах : специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Д.А. Клебанов, 2015. – 145 с.

53. Клепцова, Л.Н. Тенденции развития автоматизированных систем управления горнотранспортными комплексами / Л.Н. Клепцова, Р.Б. Бисембаев // Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы : Материалы международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 07–08 декабря 2017 года / Ответственный редактор Э.И. Забнева. Редколлегия: Л.С. Кочкина [и др.]. – Новокузнецк: ИП Кеньшенская Виктория Валерьевна (издательство "Зебра"), 2017. – С. 61-63.

54. Козырев, А.А. Опыт применения экспертных систем оценки напряженно-деформированного состояния массива горных пород для выбора безопасных способов отработки рудных месторождений / А.А. Козырев, В.И. Панин, И.Э. Семенова // Записки Горного института. 2012. Т. 198. С.16-23

55. Коптев, В.Ю. Методология выбора транспортных машин для формирования транспортных систем горных предприятий / В.Ю. Коптев // Современная техника и технологии. 2015. № 4.

56. Коптев, В.Ю. Обоснование выбора эффективной модели карьерного автосамосвала / В.Ю. Коптев // Современная техника и технологии, 2014. № 5 (33). С. 23.

57. Коптев, В.Ю. Структурная оптимизация транспортных систем горнодобывающих предприятий / В.Ю. Коптев // Проблемы современной науки и образования. 2016. С.321-324

58. Косолапов, А.И. Оценка эффективности применения систем автоматического управления горно-транспортным оборудованием в глубоких

карьерях / А.И. Косолапов А.В. Токаренко // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. №4. С. 307-310

59. Кузнецов, А.В. Краткий обзор многоагентных моделей / А.В. Кузнецов // УБС. 2018. №71. С.6–44

60. Кузнецов, С.Р. Параметры, определяющие энергоэффективность карьерных автосамосвалов / С.Р. Кузнецов, М.А. Васильева // Записки Горного института. 2014. Т. 209. С. 185-188

61. Кулешов, А. А. Теоретические основы высокоэффективной эксплуатации мощных систем карьерного автотранспорта / А.А. Кулешов: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 1982. – 298 с.

62. Кулешов, А.А. Выбор рациональной модели карьерного самосвала для проектируемых карьеров ОАО «Апатит» / А.А. Кулешов, П.Ю. Ланков, О.Д. Серебренников // Горный информационно-аналитический журнал, 2005. №11. С. 267–274.

63. Кулешов, А.А. Мониторинг экологических и энергетических характеристик карьерных автосамосвалов / А.А. Кулешов, В.Ю. Коптев // Горное оборудование и электромеханика. 2006. № 9. С. 11-17.

64. Кулешов, А.А. Основные направления повышения эффективности карьерного автотранспорта на современном этапе развития горных работ / А.А. Кулешов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2000. № 1. С. 197–200.

65. Кулешов, А.А. Перспективы развития минерально-сырьевой базы России и оценка рынка систем диспетчеризации горно-транспортных комплексов на открытых и подземных работах /А.А. Кулешов // Горное оборудование и электромеханика, 2007. № 3. С. 23-28.

66. Лель, Ю.И. Исследование режимов движения карьерных автосамосвалов / Ю.И. Лель // Добыча угля открытым способом: Реф. сб. / ЦНИЭИуголь. – М., 1981. – № 8. – С. 5-7.

67. Лель, Ю.И. К вопросу оценки качества карьерных автодорог / Ю.И. Лель, С.А. Арефьев, А.В. Глебов, Д.Х. Ильбульдин // Известия уральского

государственного горного университета. 2016. №3(43). С.70-73 DOI: 10.21440/2307-2091-2016-3-70-73

68. Лель, Ю.И. К обоснованию параметров крутонаклонных автосъездов при вскрытии глубоких горизонтов кимберлитовых карьеров / Ю.И. Лель, И.А. Глебов, А.Б. Буднев, С.В. Исаков, Р.С. Ганиев // «Известия вузов. Горный журнал». 2020. № 7. С. 21-32

69. Лель, Ю.И. Методика нормирования расхода топлива автосамосвалами в глубоких карьерах / Ю.И. Лель, И.В. Зырянов, Д.Х. Ильбульдин, О.В. Мусихина, И.А. Глебов // Известия Уральского государственного горного университета. 2017. №4(48). С. 66-71

70. Лель, Ю.И. Методы расчета параметров устойчивой работы автотранспорта глубоких карьеров / Ю.И. Лель: Дис. ... докт. техн. наук. – Екатеринбург, 1999. – 292 с.

71. Лель, Ю.И. Обоснование оптимальных уклонов автодорог при разработке нагорно-глубинных карьеров / Ю.И. Лель, Э.В. Горшков, А.И. Еромалаев, Г.А. Ворошилов, Д.Г. Неволин // «Известия вузов. Горный журнал». 2012. №2. С.45-64

72. Лель, Ю.И. Повышение эколого-энергетической эффективности автомобильного транспорта глубоких карьеров / Ю.И. Лель // Экологические проблемы горного производств, переработки и размещения отходов: Тез. докл. 2-й науч.-техн. конф., Москва, 30 янв.-3 февр. 1995 г. – Т. 1. – М., 1995. – С. 86-88.

73. Лель, Ю.И. Проблемы снижения энергозатрат при открытой разработке месторождений / Ю.И. Лель // Известия УГГГА. Сер. Горное дело. Вып. 7. – Екатеринбург, 1998. – С. 67-72.

74. Лель, Ю.И. Систематизация условий эксплуатации карьерного автотранспорта по энергетическому критерию / Ю.И. Лель, И.А. Глебов, Р.С. Ганиев, О.А. Иванова // Проблемы недропользования. 2017, №2 (13). С. 16-25.

75. Лель, Ю.И. Совершенствование нормирования расхода топлива карьерными автосамосвалами на основе горизонтальных эквивалентов вертикального перемещения горной массы / Ю.И. Лель, Р.Г. Салахиев, С.А.

Арефьев, И.Н. Сандригайло // Известия вузов. Горный журнал, 2014. №2. С. 107-116.

76. Лель, Ю.И. Энергоемкость автомобильного транспорта на глубоких карьерах / Ю.И. Лель, В.С. Пекарский, А.И. Стариков // Известия вузов. Горный журнал. – 1992. – № 5. – С. 72-76.

77. Лукичев, С.В. Системный подход к решению задач горной технологии на основе моделирования ее объектов и процессов / С.В. Лукичев, О.В. Наговицын // Проблемы недропользования. 2014. №6. С. 141-151

78. Мазманян, А.О. Система контроля качества технологических дорог / А.О. Мазманян, В. Скот, И.И. Глушанков // Горная промышленность, 2008. №3 (79). С. 28-31.

79. Мариев, П.Л. Карьерный автотранспорт: состояния и перспективы / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов – СПб.: Наука, 2004. – 429 с.

80. Мачулов, В.Н. Системы управления горнотранспортных комплексов / В.Н. Мачулов // Горная промышленность. 2013. №6 (112). С. 88-92

81. Мельников, Н.Н. Большие глубины – новые технологии / Н.Н. Мельников, А.А. Козырев, С.В. Лукичев // Вестник Кольского научного центра РАН, 2013. № 4. С. 58–67.

82. Молотилов, С.Г. Интенсификация погрузочно-транспортных работ на карьерах / С.Г. Молотилов, Е.И. Васильев, О.Б. Кортелев, В.К. Норри, С.Я. Левенсон, Л.И. Гендлина, А.Я. Тишков – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 208 с.

83. Поляков, А.Г. Автоматизированная система управления горно-транспортным комплексом / А.Г. Поляков // Записки Горного института. 2008. Т. 177. С. 50-55

84. Потапов, М. Г. Исследование технологических схем и параметров оборудования транспорта на открытых горных разработках / М.Г. Потапов: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 1971. – 339 с.

85. Потапов, М. Г. Карьерный транспорт — настоящее и будущее / М.Г. Потапов // Горная промышленность России на рубеже 20-21 вв.: Тез докл. Междунар. конф., г. Москва, 15-17 нояб. 1994г. – М., 1994. – С. 3.

86. Потапов, М. Г. Карьерный транспорт: Учебник для техникумов /М.Г. Потапов – 5-е изд. перераб. и доп. – М., Недра, 1985. – 239 с.

87. Рассказов, В.А. Прогнозирование показателей надежности большегрузных автосамосвалов в условиях глубоких карьеров / В.А. Рассказов: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2010 – 134 с.

88. Ржевский, В.В. Исследование режима горных работ карьера / В.В. Ржевский: диссертация ... доктора технических наук - Москва, 1955. - 478 с. разд. паг. : ил.

89. Ржевский, В.В. Открытые горные работы: Производственные процессы: Учебник. Изв. стереотип / В.В. Ржевский. – М.: Книжный дом «ЛИБКОМ», 2013. – 512 с

90. Самойлов, Ю.А. Анализ тенденций развития циклично-поточной технологии на карьерах / Ю.А. Самойлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2005. С. 184-187

91. Сандригайло, И.Н. Анализ эффективности применения шарнирно-сочлененных автосамосвалов при разработке месторождений с малыми запасами / И.Н. Сандригайло, С.А. Арефьев, Х.С. Мойсиев, И.А. Глебов, Д.А. Шлохин // Известия Уральского государственного горного университета. 2015. №2(38). С.23-27

92. 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 : заявл. 01.06.2023 : опубл. 08.06.2023 / **Г. Ю. Вишняков**, А. Е. Пушкарев ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

93. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022617869 Российская Федерация. Программа имитационного моделирования различных факторов влияния на скорость движения карьерного автосамосвала : № 2022616110 : заявл. 08.04.2022 : опубл. 26.04.2022 / **Г. Ю. Вишняков**, А. Е. Пушкарев ; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

94. Синьчковский, В.Н. Технология открытых горных работ: Учебное пособие / В.Н. Синьчковский, В.Н. Вокин, Е.В. Синьчковская // Под редакцией В.Н. Синьчковского – 2-ое изд. Перераб. и доб. – Красноярск: СФУ, 2007. 528 с.

95. Совмен, В.К. Опыт внедрения АСУ WENCO на горнотранспортном комплексе Олимпиадинского ГОКа / В.К. Совмен, А.В. Поляков, Д.Ю. Шакин, Г. Коннал, И.Б. Табакман, Д.П. Антоненко // Горный журнал. 2009. №11. С. 105-109

96. Трубецкой, К.Н. Автоматизированные системы управления горно-транспортным комплексом / В.В. Рашевский, Д.Я. Владимиров, А.Ф. Клебанов // Горная промышленность. 2007. №6 (76). С. 12-14

97. Трубецкой, К.Н. Перспективы применения роботизированной техники на карьерах будущего / К.Н. Трубецкой // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. С. 354-363.

98. Трубецкой, К.Н. Современные системы управления горно-транспортными комплексами / К.Н. Трубецкой, А.А. Кулешов, А.Ф. Клебанов, Д.Я. Владимиров: под ред. К.Н. Трубецкого. СПб: Наука, 2007. – 306 с.

99. Трубецкой, К.Н. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке / К.Н. Трубецкой, М.В. Рыльникова // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2015. С. 21-32

100. Ульянов, В.Г. Автоматизация управления горно-транспортным комплексом на карьере «Нюрбинский» АК «АЛРОСА» / В.Г. Ульянов, Б.И. Димант, И.В. Зырянов, В.А. Пархоменко, И.Б. Табакман, Д.П. Антоненко // Горное оборудование и электромеханика. 2011. №7. С. 39-44

101. Ушаков, Ю.Ю. Обоснование параметров системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов / Ю.Ю. Ушаков:

специальность 05.05.06 «Горные машины» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2017. – 139 с.

102. Чаадаев, А.С. Перспективные направления развития технологий добычи и переработки алмазосодержащих руд в АК «АЛРОСА» (ПАО) / А.С. Чаадаев, А.Н. Черепнов, И.В. Зырянов, И.Ф. Бондаренко // Горный журнал. 2016. №2. С.56-61

103. Яковлев, В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / В.Л. Яковлев – Новосибирск: Наука, 1989. – 240 с.

104. Яковлев, В.Л. Исследование влияния переходных процессов на эксплуатационные показатели транспортных систем глубоких карьеров / В.Л. Яковлев, Г.Д. Кармаев, В.А. Берсенев, И.Г. Сумина, В.А. Яковлев // Проблемы недропользования. 2016. №4. С.51-60

105. Яковлев, В.Л. Новые специализированные виды транспорта для горных работ / В.Л. Яковлев, П.И. Тарасов, А.Г. Журавлев – Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – 375 с.

106. Яковлев, В.Л. Углубочный комплекс для доработки кимберлитовых карьеров / В.Л. Яковлев, П.И. Тарасов, В.О. Фурин, И.В. Зырянов – Екатеринбург: УрО РАН, 2015. – 268 с.

107. Яковлев, В.Л. Геотехнологические проблемы и особенности ведения горных работ на глубоких карьерах / В.Л. Яковлев, С.В. Корнилков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № S56. – С. 54-66.

108. Ясюченя, С.В. О повышении операционной эффективности открытых горных работ в компании ОАО «СУЭК / С.В. Ясюченя // Горная промышленность. 2013. №6 (112). С. 62-64

109. Afrapoli, A.M. Mining fleet management systems: a review of models and algorithms / A.M. Afrapoli, A.-N. Hooman // International Journal of Mining, Reclamation and Environment. 2019. №1 (33). С.42-60 DOI: 10.1080/17480930.2017.1336607

110. Abbaspour, H. Evaluation of safety and social indexes in the selection of transportation system alternatives (Truck-Shovel and IPCCs) in open pit mines/ H. Abbaspour, C. Drebenstedt, S.R. Dindarloo // *Safety Science*. 2018. №108. C.1-12 DOI: 10.1016/j.ssci.2018.04.020
111. Bajany, D.M. An optimization approach for shovel allocation to minimize fuel consumption in open pit mines: case of heterogeneous fleet of shovels. / D.M. Bajany, L. Zhang, X. Xia // *International Federation of Automatic Control*. 2019. C.207-212
112. Buddhima, I. Large-scale testing facility for heavy haul track / I. Buddhima, N. Trung, F.B. Ferreira, C. Rujikiatkamjorn, A. Tucho // *Transportation Geotechnics*. 2021. 28. C.785-799
113. Burmistrov, K.V. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction / K.V. Burmistrov, N.A. Osintseva, A.N. Shakshakpaev // *Procedia Engineering*. 2017. №206. C. 1696-1702
114. Chung, H.Ta. A linear model for surface mining haul truck allocation incorporating shovel idle probabilities / H.Ta. Chung, A. Ingolfsson, J. Doucette // *European Journal of Operational Research*. 2013. № 231. C.770–778 DOI: 10.1016/j.ejor.2013.06.016
115. Cox, W. A Genetic Algorithm for Truck Dispatching in Mining / W. Cox, T. French, M. Reynolds, L. While // *EPIc Series in Computing*. 2017. №50. C. 93–107 DOI: 10.3923/itj.2010.710.714
116. Dindarloo, S.R. Determinants of fuel consumption in mining truck / S.R. Dindarloo, E. Siami-Irdemoosa // 2016. №112. C.232-240
117. Esfahanian, E. Hybrid Electric Haulage Trucks for Open Pit Mining / E. Esfahanian, J.A. Meech // *IFAC Proceedings Volumes*. №46. 2013. C. 104-109 DOI:10.3182/20130825-4-US-2038.00042
118. Golzarpoor, H. A non-queue-based paradigm in Discrete-Event-Simulation modelling for construction operations / H. Golzarpoor, A. Vicente González, M. O’Sullivan, M. Shahbazpour, C.G. Walker, M. Poshdar // *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2017. №77. C.49-67 DOI: 10.1016/j.simpat.2017.05.004

119. Guilherme, S. Decision making applied to shift change in stochastic open-pit mining truck dispatching / S. Guilherme // 16th IFAC Symposium on Automation in Mining, Mineral and Metal Processing. 2013. C.34-39 DOI: 10.3182/20130825-4-US-2038.00090

120. Jaoua, A. A simulation framework for real-time fleet management in internal transport systems/ A. Jaoua, M. Gamache, D. Riopel // Simulation Modelling Practice and Theory. 2012. № 21. C.78-90 DOI:10.1016/j.simpat.2011.10.003

121. Jaoua, A. Specification of an intelligent simulation-based real time control architecture: Application to truck control system / A. Jaoua, M. Gamache, D. Riopel // Computers in Industry. 2012. № 63. C.882–894 DOI:10.1016/j.compind.2012.07.002

122. Lanyan, Zeng A comprehensive interdisciplinary review of mine supply chain management / Z. Lanyan, Q. L. Shi, K. Erhan, P. Corry, M. Masoud // Resources Policy. 2021. № 74. C. 782-801 DOI:10.1016/j.resourpol.2021.102274

123. 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

124. Nuric, A. Numerical modeling of transport roads in open pit mines / A. Nuric, S. Nuric // Journal of Sustainable Mining. 2019. №18. C. 25-30. DOI:10.1016/j.jsm.2019.02.005

125. Ozdemir, B. Appraising production targets through agent-based Petri net simulation of material handling systems in open pit mines / B. Ozdemir, M. Kumral // Simulation Modelling Practice and Theory. 2018. №87. C.138-154 DOI: 10.1016/j.simpat.2018.06.008

126. Patterson, S.R. Energy efficient scheduling of open-pit coal mine trucks / S.R. Patterson, E. Kozana, P. Hyland // European Journal of Operational Research. 2017. №262. C.759-770

127. Qing-hua Monitoring dispatch information system of trucks and shovels in an open pit based on GIS/GPS/GPRS / Qing-hua, Cai-wu, Fa-ben, Chang-yong // Journal of China university of mining & technology. 2008. №18. C. 288-292

128. Rodovalho, E.d.C. New approach for reduction of diesel consumption by comparing different mining haulage configurations / E.d.C. Rodovalho, H.M. Lima, G.d. Tomi // *Journal of Environmental Management*. 2016. №72. 177-185
129. Sahoo, L.K. Benchmarking energy consumption for dump trucks in mines / S. Bandyopadhyay, R. Banerjee // 2014. №113. C.1382-1396
130. Siami-Irdemoosa, E. Prediction of fuel consumption of mining dump trucks: A neural networks approach / E. Siami-Irdemoosa, R. Saeid Dindarloo // *Applied Energy*. 2015. №151. C. 77-84 DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.04.064
131. Singh, P.K. Blast vibrations effects in an underground mine caused by open-pit mining / P.K. Singh, M.P. Roy, K.P. Ranjit, R.K. Dubey, C. Drebenstedt // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. №80. C.79-88 DOI: 10.1016/j.ijrmms.2015.09.009 (
132. Solovyev, G.V. Improving of performance characteristics during mechanical stabilization of quarry haul roads with stiff polymeric Tensor Triax hexagonal geogrid / G.V. Solovyev, K.I. Vatchnadze // *Procedia Engineering*. №189. 2017. C.666-72 DOI:10.1016/j.proeng.2017.05.106
133. Souza, M. A hybrid heuristic algorithm for the open-pit-mining operational planning problem / M. Souza, I. Coelho, S. Ribas, H. Santos, L. Merschmann // *European Journal of Operational Research*. 2010. №207. C.1041–1051 DOI:10.1016/j.ejor.2010.05.031
134. **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, MIAB. *Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(11-1):24-37. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_24.
135. Wang, Q. Open-pit mine truck fuel consumption pattern and application based on multi-dimensional features and XGBoost / Q. Wang, R. Zhang, S. Lv, Y. Wang // *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2021. №43. C.89-99

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт внедрения

Утверждаю

Директор филиала «Санкт-Петербург»
ООО «ПроТех Инжиниринг»

 Кабышев В.А.

Дата: «03» июня 2024 г.

Печать организации



АКТ

о внедрении (использовании) результатов
кандидатской диссертации
Вишнякова Георгия Юрьевича
по научной специальности 2.8.8. Геотехнология, горные машины

Комиссия (НТС, рабочая, специальная) в составе:

Председатель Кулагин Е.В.

Члены комиссии Слабода М.В., Королев Р.И.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертации на тему «Обоснование регламента технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов с учетом уровня загрузки в конкретных условиях эксплуатации», представленной на соискание ученой степени кандидата наук, используются сотрудниками ООО «ПроТех Инжиниринг» при разработке комплекса мер по поддержанию заданного уровня надежности карьерных автосамосвалов в виде:

- Уточненная методика расчета нормативных показателей работы техники;
 - Принципы обработки и использования ретроспективных данных;
 - Математическая модель, позволяющая определить рациональное значение интенсивности перегрузки карьерных автосамосвалов;
- Использование указанных результатов позволяет:
- Снизить количество дней простоев при проектировании годового плана работ;
 - Определить допустимые значения интенсивности перегрузки карьерных автосамосвалов;

– Снизить вероятность возникновения внезапных отказов карьерного автотранспорта.

Председатель комиссии

Начальник горно-механического сектора

ООО «ПроТех Инжиниринг»



Кулагин Е.В.

Члены комиссии:

Начальник отдела открытых горных

работ ООО «ПроТех Инжиниринг»



Слабода М.В.

Руководитель группы горно-механического сектора

кандидат технических наук по специальности

05.05.06 – Горные машины

ООО «ПроТех Инжиниринг»



Королев Р.И.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство №1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2022617869

Программа имитационного моделирования различных факторов влияния на скорость движения карьерного автосамосвала

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Вишняков Георгий Юрьевич (RU), Пушкарев Александр Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2022616110

Дата поступления 08 апреля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 26 апреля 2022 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Свидетельство №2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023662580

**Прикладная программа имитационного моделирования
влияния интенсивности превышения нормативной
перегрузки на показатели надежности карьерных
автосамосвалов**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Вишняков Георгий Юрьевич (RU), Пушкарев
Александр Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2023661135

Дата поступления 01 июня 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 08 июня 2023 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов