

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Ахметовой М.И.

«Комплексная оценка и способы повышения показателей качества эксплуатации карьерных автосамосвалов» представленной на соискание степени доктора философии по специальности 6D070700 – «Горное дело»

Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технической проблемы

Горнодобывающая промышленность является основой промышленного потенциала многих стран и в значительной степени определяет экономические показатели других отраслей.

Транспортировка горнорудной массы в карьерах является важнейшим звеном единого технологического процесса добычи полезных ископаемых. Основным видом технологического транспорта при добыче полезных ископаемых открытым способом является автомобильный транспорт.

В современных условиях одной из главных задач любого предприятия является повышение эффективности транспортного процесса при минимальных расходах.

Повышение эффективности автомобильного транспорта путем оптимизации количества автосамосвалов с учетом влияния множества эксплуатационных факторов и конструктивных усовершенствований возможно осуществить за счет интенсификации в различных условиях и рационального распределения автосамосвалов по маршрутам.

Решение этих задач позволит добиться улучшения технико-эксплуатационных показателей работы карьерного автотранспорта, уменьшить транспортные издержки, улучшить экологическую обстановку в карьере.

Основание и исходные данные для разработки темы

Основанием для разработки темы является потребность и необходимость повышения производительности карьерных автосамосвалов в сложных условиях Качарского карьера. В современных условиях производства одной из главных задач любого предприятия является повышение эффективности транспортного процесса при минимальных расходах.

В диссертации на основании анализа научно-технической литературы и полученных статистических данных на карьерах приняты исходные данные для разработки темы диссертации.

Обоснование необходимости проведения данной научно-исследовательской работы.

Тенденция постоянного увеличения грузоподъемности автотранспорта приводят к расширению области его эффективного применения. Вместе с тем, рост глубины карьеров усложняет условия эксплуатации автотранспорта и предъявляет повышенные требования к его надежности, определяемой, в частности, долговечностью металлоконструкций автосамосвалов.

Необходимость выполнения настоящей научно-исследовательской работы продиктована наличием возможностей и необходимостью повышения

эффективности работы карьерных автосамосвалов, путем установления аналитических зависимостей влияния эксплуатационных факторов на производительность автосамосвалов и разработки комплекса погрузки автосамосвалов, позволяющего значительно повысить долговечность металлоконструкций несущих узлов автосамосвалов.

В связи с изложенным, исследования, направленные на повышение эффективности карьерного автотранспорта являются необходимыми для проведения научно-исследовательской работы.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки, о патентных исследованиях и выводы из них

Проведен анализ научно-технической литературы по вопросам эффективной эксплуатации большегрузного карьерного автотранспорта, проводимых исследований в условиях АО «ССГПО» Качарского карьера и ТОО KazMinerals карьера Актогай по применению автомобильного транспорта.

При выполнении работы использовался комплексный метод исследований, включающий анализ и научное обобщение научно-технической информации, статистическую обработку эксплуатационных данных автосамосвалов, конечно-элементное моделирование, твердотельное моделирование, использование оцифрованных данных системы мониторинга состояния автосамосвала.

На основании анализа исследований рассмотрена эффективность использования новых технических решений направленных на повышение производительности карьерного автомобильного транспорта. В диссертации приведены результаты научного анализа современного состояния научно-технической проблемы и содержание полученных результатов по повышению производительности экскаваторно-автомобильных комплексов. По теме диссертации подана заявка на изобретение которая находится на стадии рецензирования.

В диссертационной работе планируется оптимизация качества эксплуатации автосамосвалов за счет уменьшения времени загрузки, ожидания под погрузку и сокращения времени простоя на ремонте металлоконструкции автосамосвалов.

Сведения о метрологическом обеспечении диссертации.

Исследования по теме диссертации выполнены с применением отчетных данных бортовых компьютеров карьерных автосамосвалов АТЦ Качарского карьера АО «ССГПО» и карьера Актогай ТОО KazMinerals. Оборудование оснащалось измерительным и фиксирующим комплексом, основанном на GPS-навигации (Racelogic V-box VB2SX5 S/n 009697). Нормальная частота измерения 5Гц (5 раз в секунду). Такой комплекс с большой точностью дает возможность определять: скорость движения автосамосвалов, время, пройденное расстояние, высоту положения относительно уровня моря, траекторию движения, все виды ускорений и т.д. В карьере Актогай ТОО Kaz Minerals использовали программу Jigsaw которая отслеживает, ведет учет и составляет отчеты по информации

высокочастотных компонентов через GPS-навигации. Напряжения в подвесках фиксировались через датчики, записи извлекались с помощью программного обеспечения VIMS.

Актуальность темы

Достижение максимальной эффективности экскаваторно-автомобильного комплекса (ЭАК) рассматривать как единой системы, связанной с горнотехническими, климатическими и организационными условиями конкретного горного предприятия.

В процессе эксплуатации автосамосвалов наиболее опасными, с точки зрения трещинообразования, являются динамические нагрузки, возникающие в процессе движения автомобиля по карьерным дорогам и при его экскаваторной загрузке.

Рассмотрение этих вопросов в комплексе позволит повысить производительность карьерного автотранспорта, уменьшить транспортные затраты, и как следствие, снизить себестоимость перевозки горнорудной массы и получить экономический эффект при минимальных капитальных вложениях. Несмотря на значительное число работ, посвященных рассматриваемым вопросам, некоторые задачи до настоящего времени оставались нерешенными. Это связано в основном с тем, что применяемые в настоящее время методы моделирования и управления автомобильными карьерными перевозками создавались на основе описания их как локального объекта, причем предпочтение отдавалось линейным моделям. Комплексный подход к данной проблеме расширяет возможности поиска альтернативных решения и путей повышения эффективности грузовых перевозок в карьерах, что предопределяет актуальность темы исследований.

Новизна темы заключается в установлении новых закономерностей влияния технико-эксплуатационных факторов на производительность карьерного автотранспорта и разработка прогнозных оценок напряженно-деформированного состояния долговечности и живучести металлоконструкций карьерных самосвалов.

Научная новизна исследований:

1. Установлен вектор оптимальных параметров рационального закрепления имеющегося количества автосамосвалов различных типов за экскаваторами, обеспечивающих минимальные потери времени.

2. Установлены комплексные зависимости производительности автосамосвалов от расстояния транспортирования, скорости движения и времени, затрачиваемого на выполнение операций загрузки-разгрузки самосвала, подъезда под погрузку, разгрузку, ожидания погрузки.

3. Разработан новый комплекс для осуществления погрузки, содержащий шарнирно закрепленные на кузове автосамосвала телескопические гидродомкраты соответствующей грузоподъемности, которые позволяют повысить эффективность работы экскаваторно-автомобильного комплекса с имеющимся транспортным автомобильным парком.

4. На основании исследований предложена рациональная структура парка автосамосвалов, позволяющая оптимизировать в комплексе всю систему перевозки горной массы автомобильным транспортом, а также оптимизировать параметры экскаваторной загрузки автосамосвалов, что позволяет повысить ресурс шин в 1,5-2 раза, а опорных металлоконструкций автосамосвала в 1,5-2,5 раза.

Связь работы с другими научно-исследовательскими работами

Работа выполнена в рамках лота №2 проекта «Обоснование целесообразности перехода на комбинированный автомобильно-конвейерно-железнодорожный вид транспорта и апробация безопасного интенсивного развития рабочих зон вдоль крутых бортов с использованием экскаваторно-автомобильных комплексов на Качарском карьере АО «ССГПО» согласно договору №2432/17/20 от 19 октября 2017 года, заключенного с Акционерным обществом «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» в пределах сумм финансирования на 2017-2019 годы.

Цель исследований - повышение эффективности использования карьерного автомобильного транспорта путем совершенствования показателей качества эксплуатации карьерных автосамосвалов

Объектом исследования является внутрикарьерный автомобильный транспорт.

Предметом исследования является процесс и условия эксплуатации парка технологического автотранспорта карьера.

Задачи исследования, их место в выполнении научно-исследовательской работы в целом:

-теоретическое исследование и обоснование влияния эксплуатационно-организационных условий работы карьера на производительность карьерных автосамосвалов;

-экспериментальное установление основных характеристик грузовых потоков карьеров, оценка теоретического и фактического времени рейса, выявление простоев автосамосвалов на разрезах Качарского карьера;

-развитие технологий определения параметров статического и динамического нагружения металлоконструкций карьерных автосамосвалов в процессе погрузки отгружаемой взорванной горной массы с помощью моделирования;

-разработка комплекса погрузки горной массы экскаваторами с учетом технологических параметров карьера, долговечности и живучести металлоконструкций автосамосвалов.

Поставленные задачи последовательны и логичны, определяют внутреннее единство научно-исследовательской работы в целом.

Методологическая база научных исследований

К числу основных методов исследования и анализа, применяемых при выполнении диссертационной работы, относятся:

- метод регрессионного и корреляционного анализа;
- статистический анализ эксплуатационных данных;

- построение графических зависимостей в программе Microsoft Excel;
- моделирование напряженного деформированного состояния рамы карьерного автосамосвала с использованием программы Autodesk Inventor Professional 2018;

- исследования динамики процесса погрузки автосамосвала в программе Universal Mechanism.

Положения, выносимые на защиту:

- повышение эффективности экскаваторно-автомобильного комплекса карьера возможно путем комплексного учета влияния различных технико-эксплуатационных факторов и долговечности несущих конструкций автосамосвалов;

- установлено впервые, что производительность экскаваторно-автомобильного комплекса возможно повысить на 15-20% при кусковатости грузов от 0,6 до 0,8 м оптимизации процессов загрузки автосамосвалов малой грузоподъемности с выдвижными опорами при их работе совместно с экскаваторами большой вместимостью ковша;

- закономерности изменения динамических и статических нагрузок отрицательно влияющих на долговечность металлоконструкций автосамосвалов, целесообразно устанавливать на основе результатов моделирования процессов погрузки горной массы в автосамосвалы экскаваторами с различной вместимостью ковша с использованием программного продукта Universal Mechanism;

- в реальных условиях действующих карьеров напряжения металлоконструкций в процессе погрузки автосамосвалов превышает допустимые на 30-40%, а их размах выше предела выносливости в 2-2,5 раза.

Практическая значимость работы

Использование разработанных методик и установленных закономерностей по повышению эффективности парка карьерных автосамосвалов с учетом структуры грузопотоков, позволяют повысить производительность карьерных автосамосвалов, транспортирующих взорванную горную массу, за счет сокращения времени простоев, и обосновании инженерно-технических решений по предотвращению разрушений рам автосамосвалов.

Публикации и апробация работы

По результатам диссертационной работы опубликованы 11 печатных работ, в том числе:

- 2 статьи в журналах, входящих в базу данных Scopus (Transport Problems Польша, Gliwice 2016, ISSN 1896-0596 IF 0,265; «International Journal of Engineering and Technology» United Arab Emirates, 2017, ISSN 2227-524X IF 0,08);

- 4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерство образования Республики Казахстан;

Основные положения и результаты исследований по диссертации докладывались и получили одобрение на международных научно-практических конференциях:

-Международная научно-практическая конференция «Геологоразведочное нефтегазовое дело в XXI – веке: технологии, наука, образование», КазНИТУ имени К.И. Сатпаева г. Алматы 2016 г.;

-Международная научно-практическая конференция «Горная и нефтяная электромеханика» -2016», Россия, Пермь, 2016 г.;

- Международная научно-практическая конференция «Теория и практика добычи, обработки и применения природного камня» -2017г, Россия, Магнитогорск;

-«VII International symposium of younger searchers» Transport problems Katowice, Poland 2017г.;

- «IX International conference» Transport problems Katowice, Poland 2017г.

По результатам исследований подана заявка на изобретение РК на тему «Способ загрузки горной массы в автосамосвалы и комплекс устройств для осуществления погрузки» №2018/0090.1 от 08.02.2018 г, подтвержденная положительным результатом формальной экспертизы.

Акт внедрения результатов диссертационной в учебный процесс в МГТУ им. Г.И. Носова.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 131 страниц машинописного текста, 10 таблиц, 60 рисунков, списка литературы включающих 104 наименований и 5 приложений.

Основное содержание работы

Для исследования способов повышения эффективности ЭАК приняты условия Качарского карьера. Исследование влияния эксплуатационных факторов на производительность парка автомобильного транспорта карьеров KazMinerals Актогай и Качарский, путем обработки статистических данных позволили выделить основные факторы, влияющие на работу автотранспорта:

- расстояние транспортирования горной массы;
- грузоподъемность самосвала;
- скорость движения;
- время выполнения погрузочно-разгрузочных операций.

Для исследования зависимости производительности от вышеперечисленных факторов использовались методы корреляционного и регрессионного анализов.

В результате исследований установлены зависимости производительности автосамосвалов от расстояния транспортирования, скорости движения и времени, затрачиваемого на выполнение операций загрузки-разгрузки самосвала, подъезда под погрузку, разгрузку, ожидания погрузки (время на операции).

В результате обработки статистических данных, полученных непосредственно с мест эксплуатации автомобильного карьерного транспорта, были построены графические зависимости изменения сменной производительности от времени погрузочно-разгрузочных операций для различных типов самосвалов. Графические изображения зависимостей были построены с помощью программы Microsoft Excel и представлены на рисунке 1

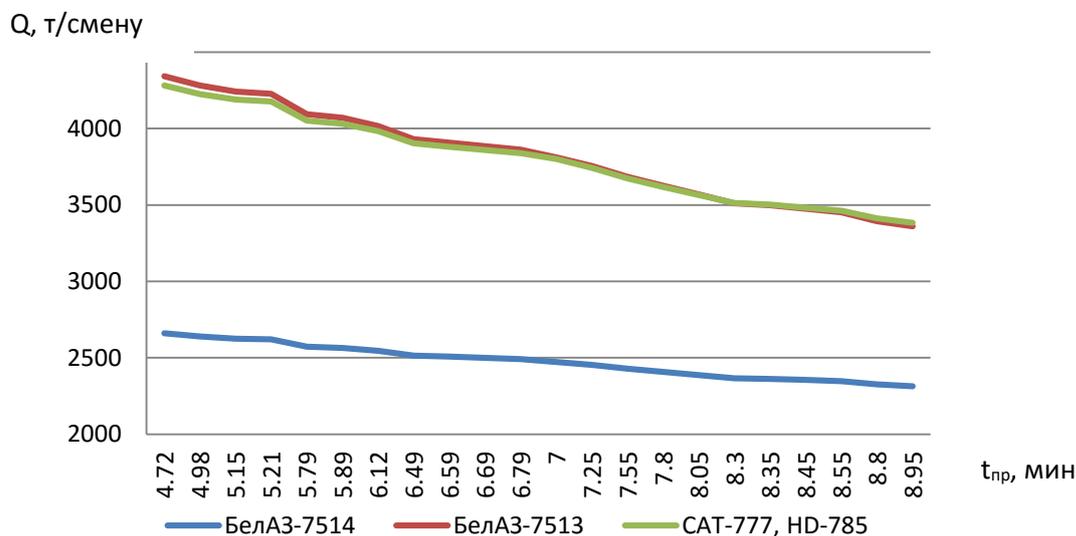


Рисунок 1. График зависимости производительности автосамосвалов от времени погрузочно-разгрузочных операций

Анализ графических зависимостей показал линейность корреляционной зависимости производительности самосвала от времени погрузочно-разгрузочных операций.

Регрессионные модели зависимости производительности самосвалов от времени погрузочно-разгрузочных операций представлены формулами 1– 4:

$$Q_{\text{БелАз-7514}} = -81,97t_{\text{опер}} + 3047,471, \quad (1)$$

$$Q_{\text{БелАз-7513}} = -232t_{\text{опер}} + 5435,9, \quad (2)$$

$$Q_{\text{САТ-777}} = -213,64t_{\text{опер}} + 5288,91, \quad (3)$$

$$Q_{\text{НД-785}} = -213,64t_{\text{опер}} + 5288,91, \quad (4)$$

где Q – производительность самосвала, т/смену;

$t_{\text{опер}}$ – время, затрачиваемого на выполнение операций загрузки-разгрузки самосвала, подъезда под погрузку, разгрузку, ожидания погрузки, мин.

Анализ полученных регрессионных моделей показал, что при увеличении – времени, затрачиваемого на выполнение операций загрузки-разгрузки самосвала, подъезда под погрузку, разгрузку, ожидания погрузки, производительность автосамосвалов падает. Изменение времени на погрузочно-разгрузочные операции позволяет определить производительность самосвала при определенном значении данного фактора.

Графический вид зависимостей совместного влияния расстояния транспортирования горнорудной массы и времени на погрузочно-разгрузочные операции на производительность автосамосвала представлен на рисунках 2, 3, 4.

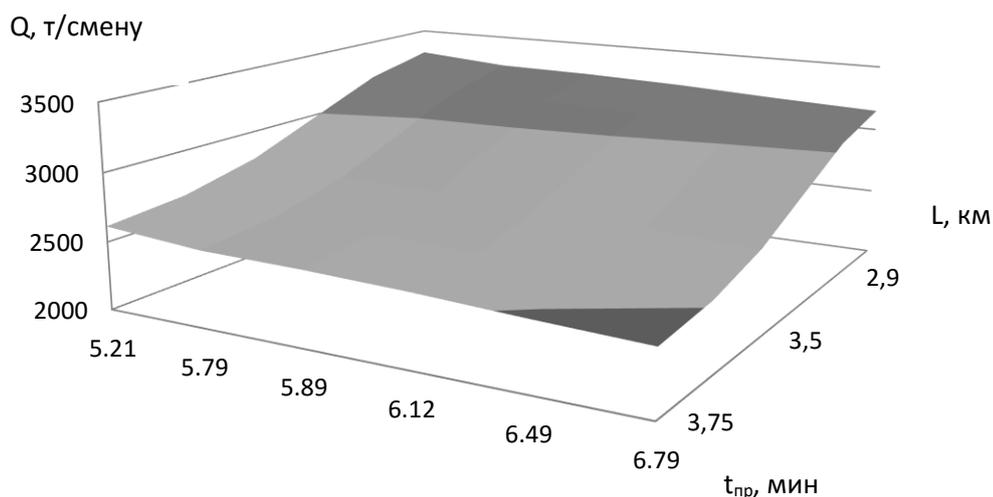


Рисунок 2 - Графический вид зависимости производительности самосвала БелАЗ–75145 от расстояния транспортирования и времени погрузочно-разгрузочных операций

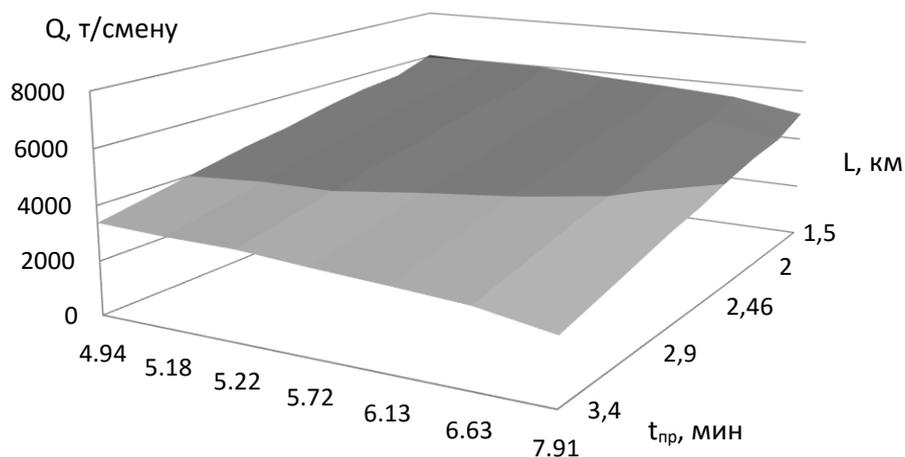


Рисунок 3 - Графический вид зависимости производительности самосвала БелАЗ–75131 от расстояния транспортирования и времени погрузочно-разгрузочных операций

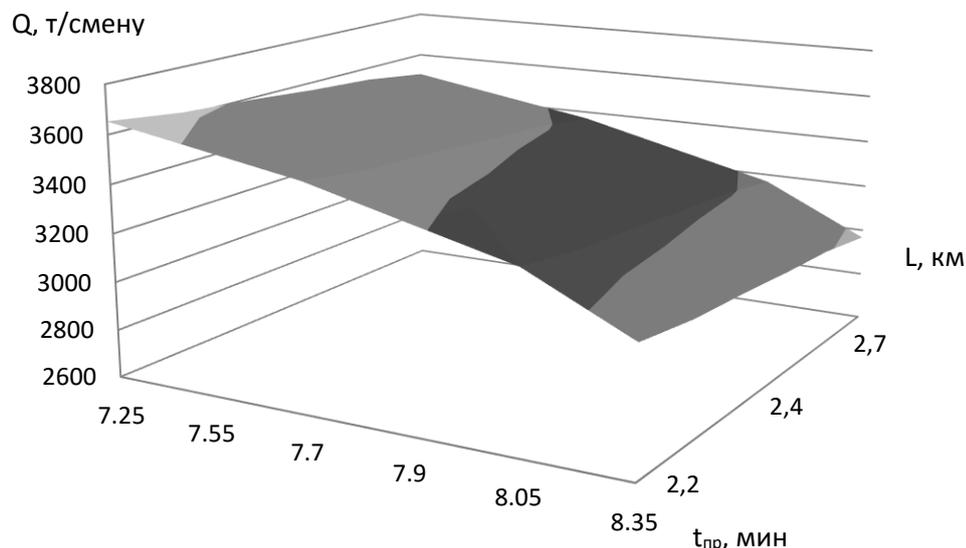


Рисунок 4 - Графический вид зависимости производительности самосвалов САТ–777, НД–785 от расстояния транспортирования и времени погрузочно-разгрузочных операций

После определения и подстановки параметров регрессионного уравнения математические модели совместного влияния расстояния транспортирования и времени на другие операции на производительность самосвала приняли вид (5, 6, 7, 8):

$$Q_{\text{БелАЗ-7514}} = 5676,712 - 682L - 97t_{\text{оп}}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{БелАЗ-7513}} = 9888 - 1415L - 344t_{\text{оп}}, \quad (6)$$

$$Q_{\text{САТ-777}} = 6115,74 - 671L - 136t_{\text{оп}}, \quad (7)$$

$$Q^{\text{HD-785}} = 6115,74 - 671L - 136t_{\text{оп}}. \quad (8)$$

Исследование полученных моделей показало обратную зависимость производительности самосвала от расстояния транспортирования и времени, затрачиваемого на погрузочно-разгрузочные операции: при повышении рассматриваемых факторов наблюдается снижение производительности самосвалов.

Одним из показателей интенсивности эксплуатации транспортных машин выступают внутрисменные простои и простои в течение рейса, вызванные совокупностью причин, главными из которых считаются организационно-технические. Для снижения простоев и связанных с ними потерь в объемах перевозок, то есть более полного использования календарного фонда времени погрузочных и транспортных машин в современных условиях, применяются системы мониторинга эксплуатации карьерной техники.

Полный цикл движения составил – 4960 м; Время цикла – 17мин 30 с.; Средняя скорость движения с грузом – 15,6 км/ч; максимальная скорость с грузом – 29,8 км/ч; средняя скорость без груза – 19,95 км/ч; максимальная скорость без груза – 32,6 км/ч; средний уклон трассы – 8,45%.

Проехав по трассе, контролеры, установленные на автосамосвале, фиксировали потерю времени при ожидании погрузки, которую можно заметить на рисунке 5 (на рисунке зеленая линия – график времени).

Зоны простоя показаны на рисунке участками 1, 2 и 3. При этом простой самосвала в первой зоне составил 258 с, во второй зоне – 88 с и в третьей зоне – 60 с. Наличие большого простоя в первой зоне объясняется создавшейся очередью на пункте загрузки (Рисунок 5). Потери времени на пункте разгрузки незначительны, так как там сформирована разгрузочная площадка оптимальной ширины. Простои на пункте загрузки можно объяснить следующими причинами. При определении парка самосвалов достаточно часто количество машин составляет не целое число, а дробное. При этом, приходится округлять количество машин в большую сторону, что приводит к образованию очереди и простоя самосвалов, или в меньшую, при этом простаивает экскаватор.

Результаты анализа статистических данных и проведенных исследований показывают, что потери времени одного автосамосвала $t_{\text{ож}}^a$ в ожидании погрузки экскаватором за одну езду могут варьироваться в широком диапазоне и достигает 10 минут на одну погрузку, а за год в среднем составляют 498 часов. В результате простоев машин снижаются общие объемы вывезенной горнорудной массы, что, как следствие, приводит к значительным экономическим потерям горнодобывающего предприятия в целом простоя самосвалов, или в меньшую, при этом простаивает экскаватор.

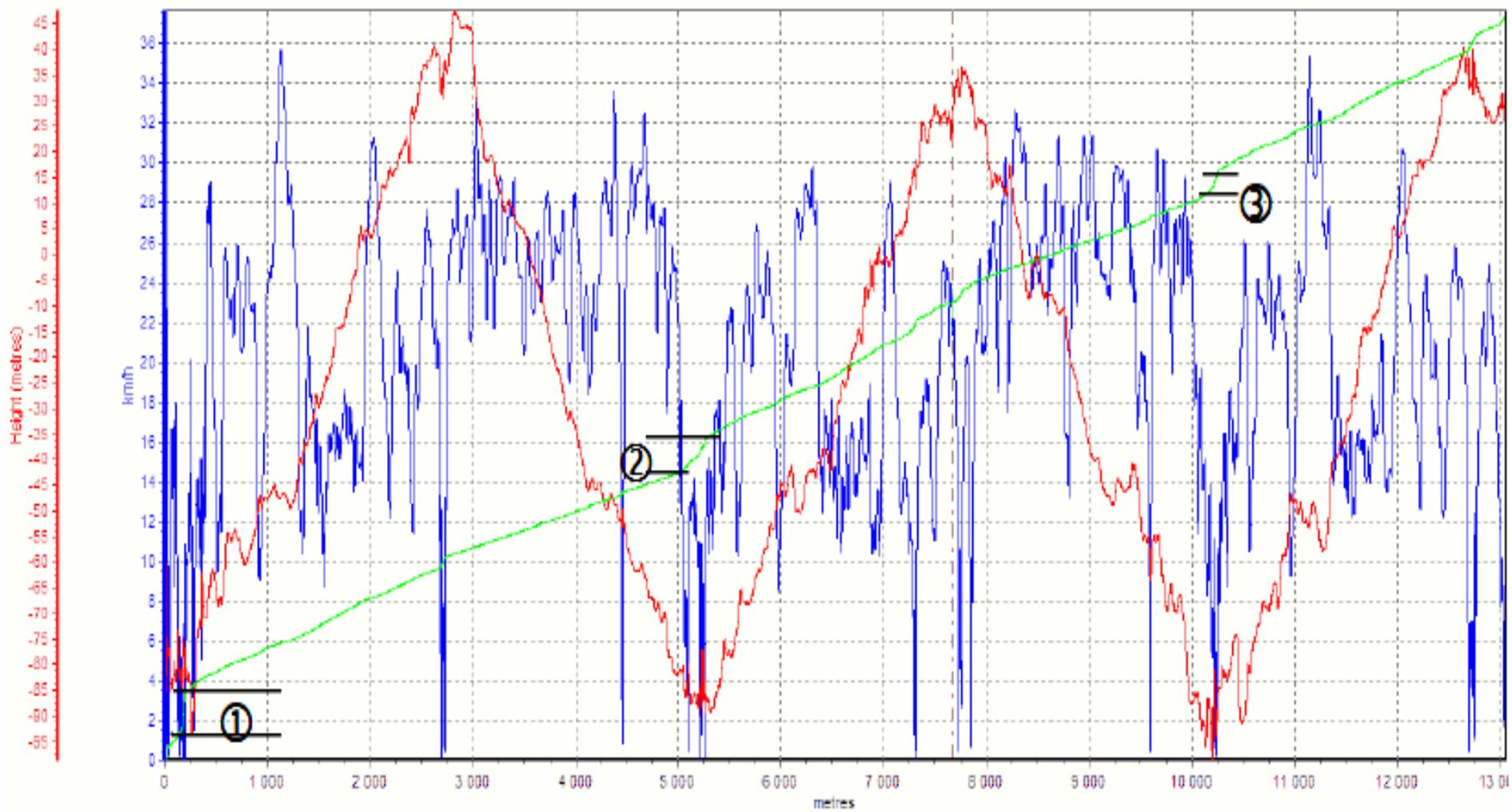


Рисунок 5 Зависимость скорости, высотных отметок и времени при движении на Качарском карьере

На основе результатов имитационного моделирования построен график простоя самосвалов для различных типов машин, направляемых к одному экскаватору, а так же график суммарного простоя для разнотипной структуры парка самосвалов $t_{ож}^a$ для различных значений доли большегрузных самосвалов η_m (рисунок 6).

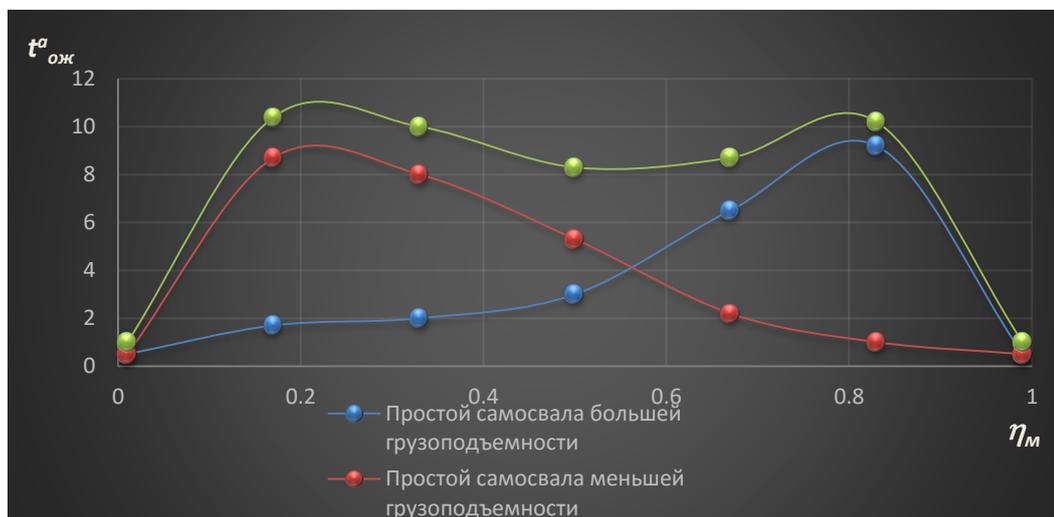


Рисунок 6 - Зависимость суммарного простоя самосвалов $t_{ож}^a$ от коэффициента соотношения структуры парка η_m

Анализируя данные графиков на рисунке 5 можно сделать следующие выводы: во-первых, потери самосвалов на ожидание погрузки $t_{ож}^a$ стремятся к нулю при $\eta_m = 0$ и $\eta_m = 1$, то есть однотипной структуре парка; во-вторых, в области действительных значений показателя η_m от 0 до 1 существует такое рациональное соотношение количества автосамосвалов различных типов, при котором их работа с конкретным типом экскаватора характеризуется минимальными совокупными потерями всех автосамосвалов $t_{ож}^a$ в ожидание погрузки.

В общем виде модель формирования оптимального закрепления автосамосвалов различной грузоподъемности за экскаватором можно представить в следующем виде:

$$s(t_{ож}^a) = \{A_m, \eta_m\} \longrightarrow Opt, \quad (9)$$

где $s(t_{ож}^a)$ – вектор оптимальных параметров закрепления автосамосвалов за экскаватором, обеспечивающих минимальные потери времени $t_{ож}^a$;

A_m – количество автосамосвалов на маршруте.

Однако оптимальное решение по уравнению (9) не всегда достижимо на практике, так как необходимого количества самосвалов каждого типа может не

быть в наличии у предприятия. Поэтому эта задача может иметь ограничения на структуру парка и сводится к поиску рационального закрепления самосвалов к экскаваторам с целью минимизации $T_{ож}^a$.

Задача рационального закрепления имеющегося количества A_{mij} автосамосвалов различных i -х типов за j -и экскаваторами формулируется следующим образом: необходимо найти такой вектор s^* из множества соотношений структуры парка самосвалов S , чтобы величина совокупных потерь времени на ожидания погрузки всех автосамосвалов к экскаватору $T_{ож}^{*a} = F(s^*, t_{ож}^a(s^*))$ была меньше, чем $T_{ож}^a = F(s, t_{ож}^a(s))$ для любого другого $s \in S$:

$$T_{ож}^{*a} = F(s^*, t_{ож}^a(s^*)) \longrightarrow \min, \quad \text{при } \sum_{j=1}^m A_{mij} \leq A_{mi}. \quad (10)$$

Было произведено перераспределение автосамосвалов для Качарского карьера АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение»: в карьере с автотранспортом работают 8 экскаваторов различных типов (ЭКГ-8, САТ-993К, Hitachi 3600, Hitachi 5500); парк самосвалов состоит из 35 машин различных типов (БелАЗ-7513, БелАЗ-7514, САТ-777 и Hitachi ЕН 3500), которые перевозят руду на два перегрузочных склада с разной дальностью перевозки. Плановый интервал движения I_{nl} установлен по величине t_n для САТ-777. Были рассчитаны все необходимые показатели и найдено решение рационального закрепления самосвалов за экскаваторами. Полученное решение является рациональным из допустимых, но его реализация связана с возможными совокупными простоями самосвалов в количестве 11,1 мин за один цикл оборота всех машин. Также установлено, что полученное решение при существующей структуре парка самосвалов допускает периодическое возникновение простоев экскаваторов по причине нехватки машин. Для исключения простоев экскаваторов рекомендовано увеличить количество самосвалов в карьере САТ-777 на 15 единиц. Согласно выполненным оценкам общий экономический эффект за счет сокращения времени простоев в ожидании погрузочных работ и снижения экономических потерь от неотгруженной горнорудной массы на предприятиях АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» составляет 203334 тыс. тг в год.

Анализ структуры простоев парка карьерных автосамосвалов, эксплуатирующихся на карьере, показал, что значительная часть времени ремонтов приходится на ремонт металлоконструкций рам и подвесок автосамосвалов.

На рисунке 7 представлена структура простоев парка автосамосвалов включающая в себя 15 машин марки БелАЗ-75131 и 20 машин различных марок БелАЗ-7555, БелАЗ-7514, САТ-777 и Hitachi ЕН 3500 эксплуатирувавшихся в карьере за 2017 год. Структура простоев парка получена по результатам обработки данных специализированной программой

учета работы горно-транспортного оборудования, разработанной на разрезе.

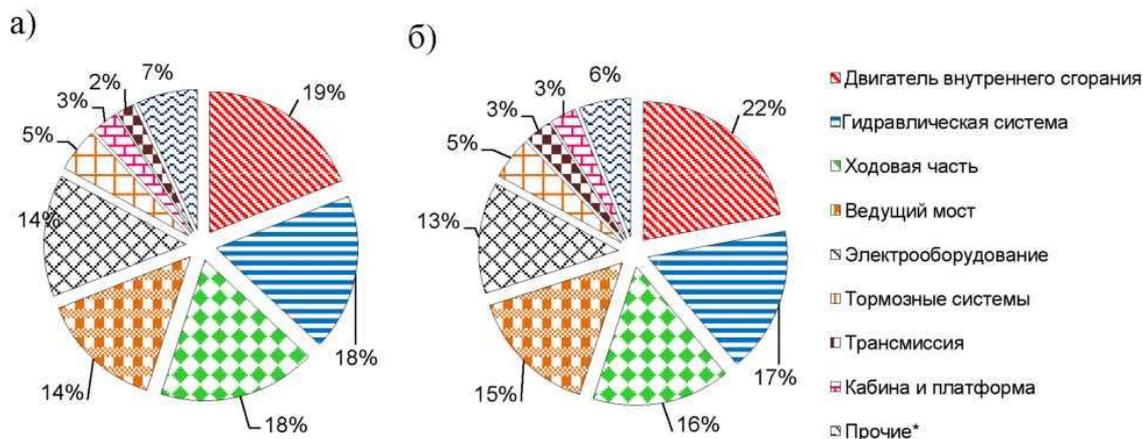


Рисунок 7 - Структура простоев парка автосамосвалов на Качарском карьере за 2017 год а) распределение отказов б) время простоя на ремонте

Как видно из рисунка, 18 % времени ремонтов приходится на ходовую часть, кроме того, в структуре прочих ремонтов до четверти времени приходится на осуществление сварочных работ. В целом на ремонт металлоконструкций приходится до 25 % времени от всех ремонтных работ.

Основной причиной отказов металлоконструкций карьерных автосамосвалов являются трещины, образующиеся в наиболее нагруженных местах несущих конструкций.

Для решения задачи определения параметров статического и динамического нагружения металлоконструкций карьерных автосамосвалов в процессе погрузки отгружаемой взорванной горной массы применительно к конструкциям автосамосвалов БелАЗ разработаны математические модели, описывающие колебания элементов самосвала при его загрузке. Для расчета будем использовать упрощенную модель динамики автомобиля с 4 степенями свободы в соответствии со статьей. Данная схема показана на рисунке 8. Для данной схемы выбирается следующее расположение осей: ось X пусть будет направлена вперед по ходу движения автомобиля, ось Y в поперечном направлении и ось Z в вертикальном направлении. Согласно этой схеме основная масса автомобиля сосредоточена в кузове m , который может догружаться перевозимым грузом (например, вскрышной породой) и которая может падать частями с различной высоты, при этом может моделироваться погрузка самосвала. Указанная масса m может иметь вертикальные перемещения, а также возможность вращения вокруг оси Y .

Исходя из расчетной схемы (рисунок 8) для исследования при решении задач динамики использовали программный комплекс «Универсальный механизм». Программа предназначена для автоматизации процесса исследования механических объектов, которые могут быть представлены системой абсолютно твердых или упругих тел, связанных посредством кинематических и силовых элементов.

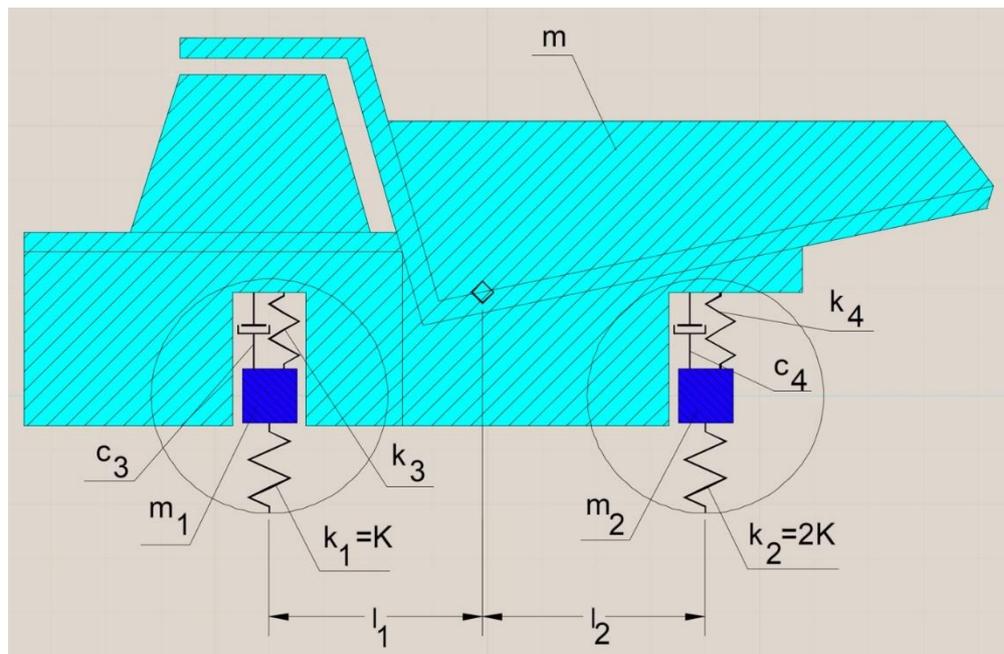


Рисунок 8 Расчетная схема самосвала БелАЗ 7555В

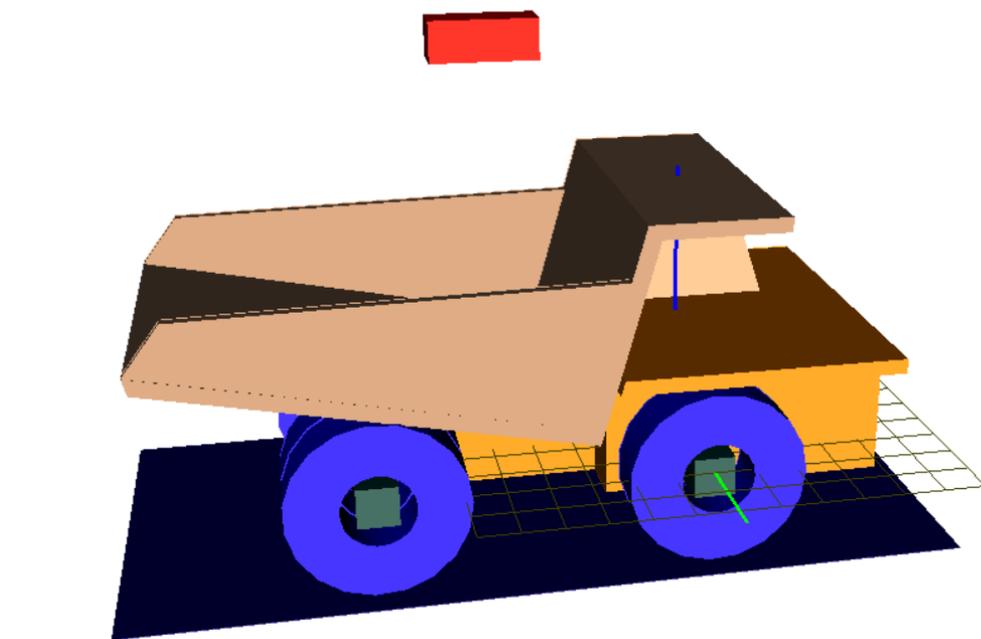
Процесс создания модели автосамосвала строился следующим образом:

- описание модели автосамосвала: создавались графические образы модели, тела, задавались данные как шарниры, биполярные силы, контактные силы;

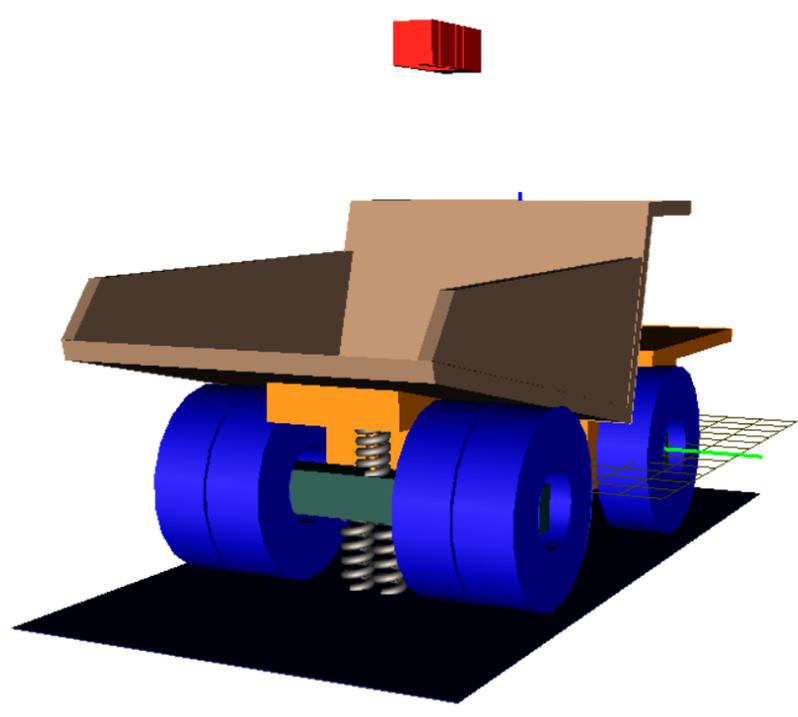
- синтез уравнений движения модели: после создание полностью модели в программе UM Simulation рассчитываются начальные условия координат относительно положения равновесия автосамосвала.

На рисунке 9 представлена расчётная модель с имитацией отгружаемой горной массы, масса и плотность которого задается в соответствии с массой в ковше экскаватора. Конструкция и количественные параметры подвески являются одним из важнейших определяющих факторов в формировании нагрузок на несущие рамы. Подвеска преобразует случайный процесс нагружения, непосредственно воспринимаемый рамой в узлах крепления подвески. Результаты динамического анализа представляют собой функцию из набора точек в собственной двухмерной системе координат. Динамические процессы сводятся к описанию низкочастотных колебаний главных узлов автосамосвала (рисунок 10).

Применение модуля динамического анализа UM при расчетах динамических нагрузок состояния элементов несущих металлоконструкций карьерных автосамосвалов позволило теоретически определить величину динамической нагрузки в процессе экскаваторной погрузки. Состояния элементов несущих металлоконструкций карьерных автосамосвалов позволило теоретически определить величину динамической нагрузки в процессе экскаваторной погрузки.



а



б

Рисунок 9 Модель самосвала БелАЗ 7555В для исследования динамики в процессе загрузки

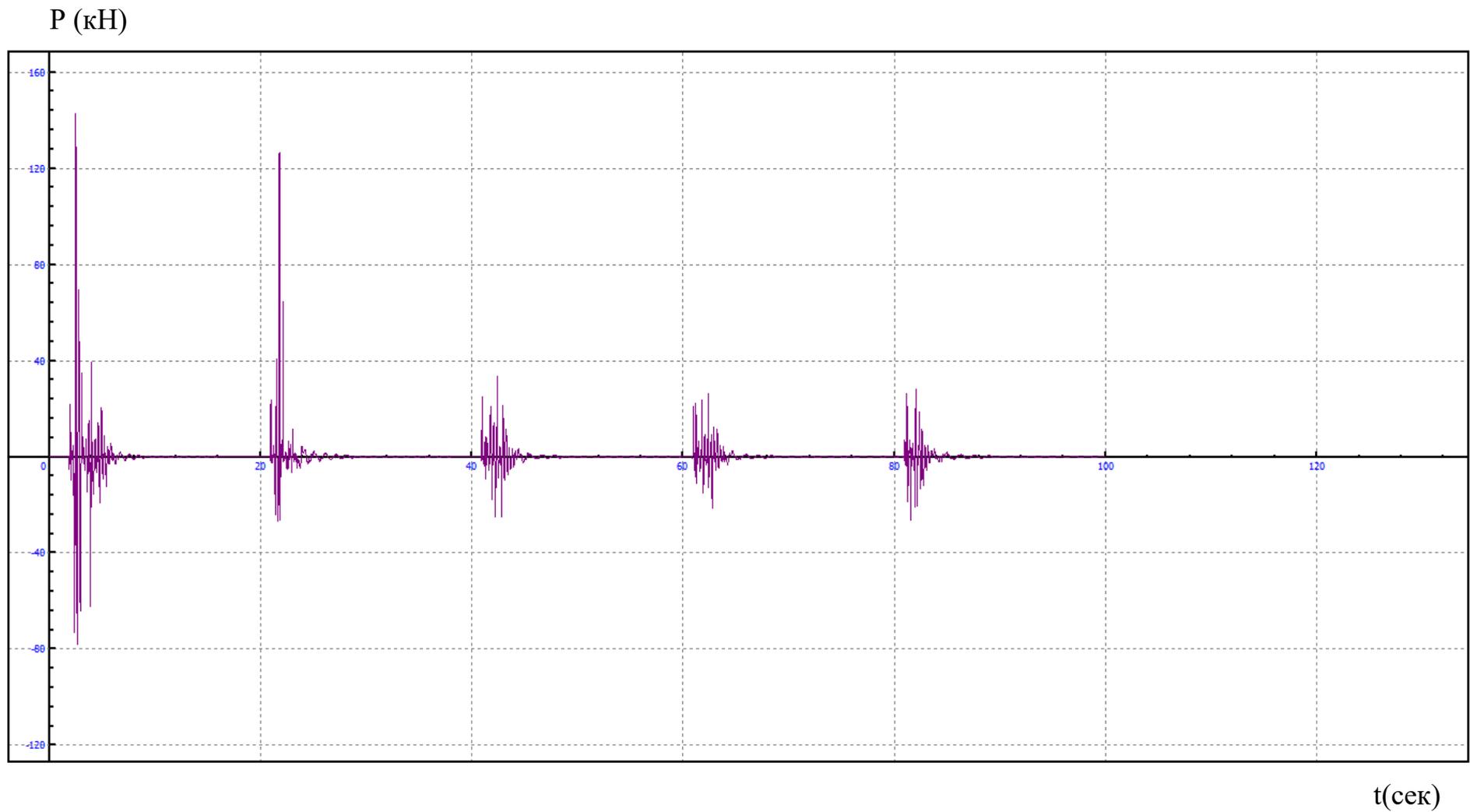


Рисунок 10 Нагрузки на передние подвески в процессе загрузки

Результаты расчета усилия в подвесках автосамосвала в процессе загрузки с экскаваторами ЭКГ-10 И ЭКГ 12,5. показывает (таблица 1) что при погрузке 5 ковшей динамическое усилие достигает до 138 кН, а при погрузке 3 ковша увеличивается до 150 кН.

Таблица 1 Динамические нагрузки в процессе загрузки автосамосвала

№	Тип экскаватора	№ Ковша	Динамическое усилие, кН	
			Передние подвески	Задние подвески
1	ЭКГ 10	1	135	138
		2	134	125
		3	20	38
		4	28	28
		5	40	26
2	ЭКГ 12,5	1	150	145
		2	144	139
		3	60	38

Для исключения возникновения дефектов рамы возникающих в наиболее нагруженных участках несущих металлоконструкций при погрузке горной породы и уменьшения динамических нагрузок при использовании экскаваторов большой мощности в комплексе с автосамосвалами малой грузоподъемности предлагается установить выносные опоры на кузове автосамосвала которые позволят снизить эти динамические нагрузки тем самым повысить производительность экскаваторно-автомобильного комплекса.

Способ включает устройство поддерживающих опорных гидравлических телескопических домкратов на кузове автосамосвала, которые в процессе загрузки опираются непосредственно на почву земляной поверхности погрузочной площадки и воспринимают нагрузку от падающей из ковша экскаватора горной массы. После загрузки кузова автосамосвала, домкраты выключаются, перенося всю нагрузку на опорные конструкции автосамосвала. (Рисунок 12-13)

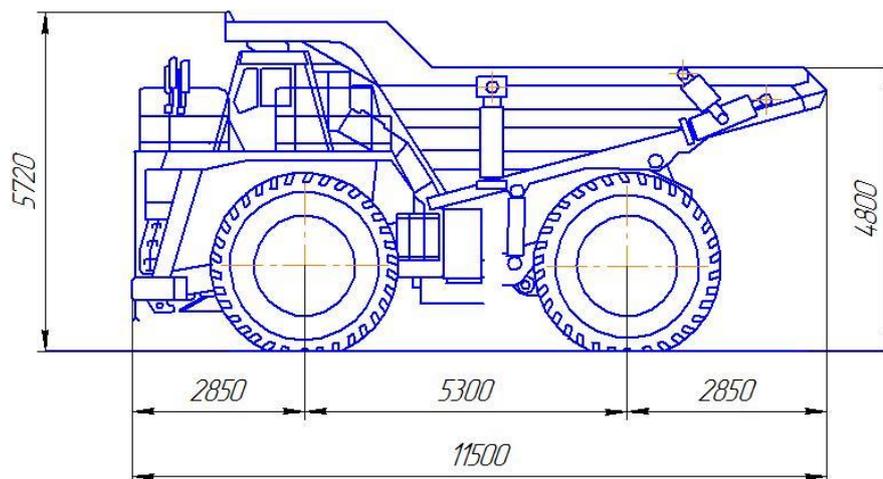


Рисунок 12 - Общий вид комплекса для осуществления погрузки, где гидродомкраты изображены в начальном (нерабочем, транспортном) положении

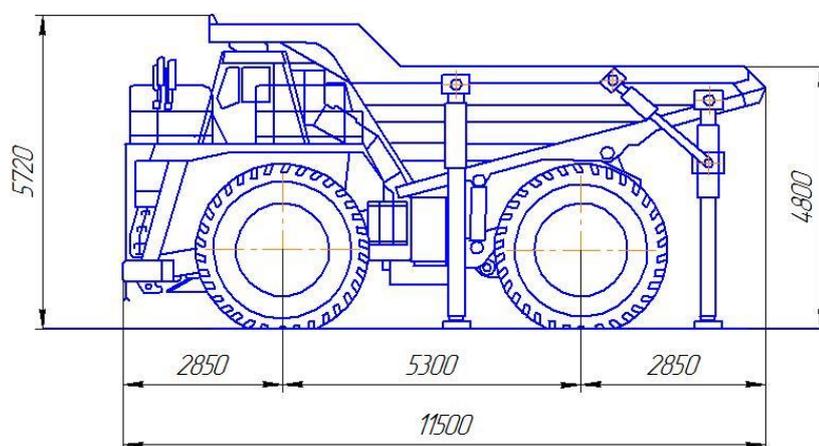


Рисунок 13 - Общий вид устройства загрузки автосамосвалов в рабочем положении.

Для определения напряженно-деформированного состояния под действием приложенных к системе постоянных сил и оценку конструкции по допускаемым напряжениям с опорами и без опор был сделан статистический расчет НДС рамы автосамосвала БелАЗ-7555 с использованием программы Autodesk Inventor Professional 2018.

Из данных НДС рамы без опор определены наиболее напряженные узлы, установлено что наиболее нагруженными участками несущих металлоконструкций, в случаях их статического нагружения, для рамы являются продольные лонжероны на участке между 2-й и 3-й поперечиной; подрамник, 3-я поперечина.

На рисунке 11 показаны наиболее напряженные участки, действующие на раму при погрузке горной массы в кузов самосвала.

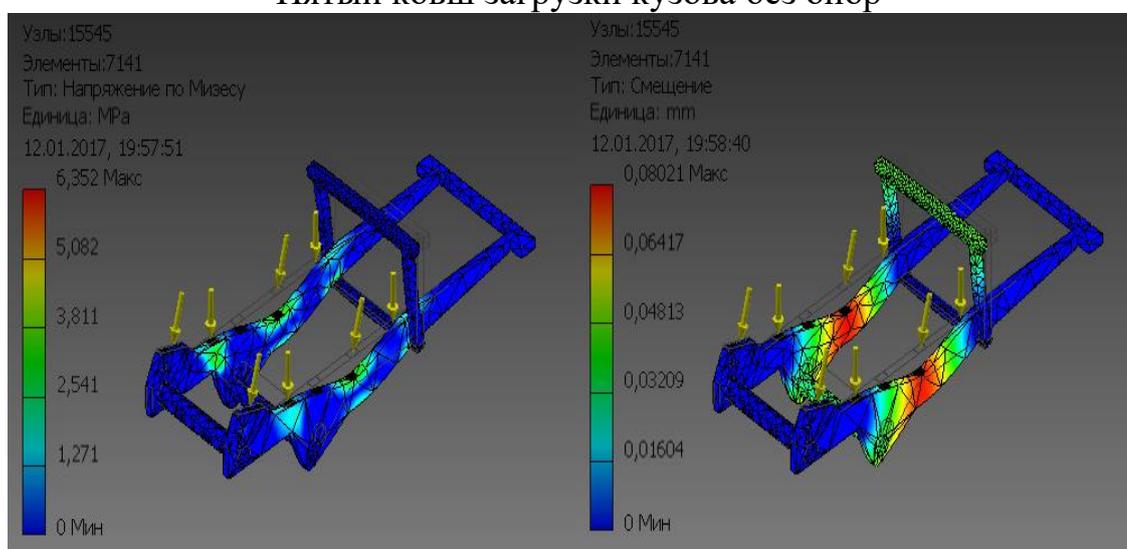
Результаты моделирования НДС рамы с опорами и без опор приведены в таблице 2. По полученным расчетным данным можно сказать, что

применение опор уменьшит напряжения в раме.

Таблица 2 Напряжения в раме автосамосвала от очередности загрузки

Тип экскаватора	№ ковша	Напряжения, МПа		Смещение рамы (мм)	
		Без опор	С опорами	Без опор	С опорами
ЭКГ-12,5	1	1,3	0,8	0,01	0,01
	2	1,5	0,5	0,03	0,008
	3	2,9	0,5	0,07	0,01
	4	3,5	0,6	0,08	0,02
	5	7,4	0,8	0,14	0,02

Пятый ковш загрузки кузова без опор



Пятый ковш загрузки кузова с опорами

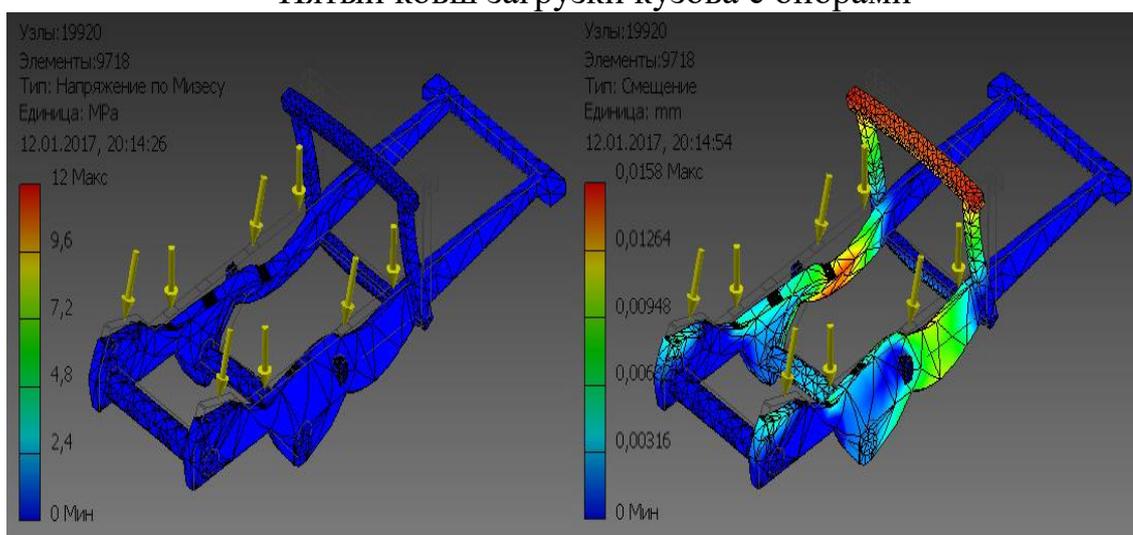


Рисунок – 11 НДС рамы при погрузке горной массы в кузов самосвала без опор и с опорами

Кроме того, для снижения динамических нагрузок на опорные конструкции самосвала весь объем загружаемого груза в кузов самосвала разделяется на несколько равных частей определяемых паспортом загрузки.

Причем, в соответствии с паспортом загрузки каждый ковш должен разгружаться в определенной точке кузова. Естественно, что при загрузке автосамосвала в соответствии с паспортом увеличивается время загрузки и снижается производительность работы транспорта.

Применение рекомендуемого комплекса для загрузки автосамосвалов большой грузоподъемности позволит снизить нагрузки, а в результате снижения нагрузок становится возможным уменьшить сечения опорных балок, уменьшить металлоемкость, коэффициент тары и стоимость автомобиля.

Кроме того, использование поддерживающих домкратов позволит автосамосвалам малой грузоподъемности работать в комплексе с экскаваторами большой мощности что позволит снизить объемы горно-подготовительных работ и капитальные затраты на создание всей транспортной инфраструктуры карьера

Заключение

Выполненные исследования позволили сформулировать следующие основные результаты работы.

1. Предложены однофакторные и многофакторные модели влияния эксплуатационных факторов на производительность для каждого типа карьерных самосвалов, позволяющих оперативно управлять автотранспортом на горном предприятии.

2. Установлены зависимости влияния эксплуатационных факторов на производительность автосамосвалов позволяющие при разнотипной структуре парка автосамосвалов подбирать к каждому экскаватору такое сочетание самосвалов с разными техническими характеристиками при которых простой автосамосвалов будет минимальным.

3. Рекомендованы компьютерные расчетные модели для процесса загрузки автосамосвала взорванной горной массой, которые дают возможность выполнить расчет элементов несущих металлоконструкций автосамосвала БелАЗ-7555В при погрузке экскаваторами ЭКГ-12,5, ЭКГ-10. Установлено, что основным препятствием для использования высокоэффективных карьерных автосамосвалов малой грузоподъемности в комплексе с мощными экскаваторами являются динамические усилия возникающие при погрузке горной массы, которые превышают допустимые на 30-40%, а размах возникающих при этом напряжений превосходит предел выносливости в 2-2,5 раза.

4. Для определения напряженно-деформированного состояния рамы автосамосвала и оценки конструкции по допускаемым напряжениям без опор

был сделан статический расчет НДС рамы автосамосвала БелАЗ-7555 и установлено, что при применении дополнительных опор напряжения снижаются и уменьшается смещение кузова.

5. Разработанный комплекс для осуществления погрузки, содержащий шарнирно закрепленные на кузове автосамосвала телескопические гидродомкраты соответствующей грузоподъемности, позволяет повысить эффективность работы ЭАК, тем самым увеличить производительность карьера по сравнению с имеющимся транспортным автомобильным составом на 15-20% и получить расчетный годовой экономический эффект, только для Качарского карьера более 230 млн. тенге за счет снижения эксплуатационных расходов.