

**Чирков Михаил Андреевич, магистрант, Кузбасский государственный
технический университет имени Т. Ф. Горбачёва, г. Кемерово**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Аннотация. Из-за особенностей карьерных и добывающих работ самосвалы могут простаивать на холостом ходу 50-70% своего срока службы. Один час простоя равен 53 километрам износа двигателя и эквивалентен расходу до 9 литров топлива в час. Обозначенные обстоятельства актуализируют вопросы, связанные с определением факторов, влияющих на затраты энергии при движении карьерных автосамосвалов. В статье представлены результаты анализа простоев карьерных самосвалов, используемых угледобывающим предприятием ООО СП «Барзасское товарищество». Отдельно выделены простои на 1 самосвал в год. Проведен анализ структуры организационных простоев, который приказал, что основная часть вызвана ожиданием погрузки. Также представлена статистика использования рабочего времени карьерных самосвалов.

Annotation. Due to the specific nature of quarrying and mining operations, dump trucks may idle for 50–70% of their service life. One hour of idling is equivalent to 53 kilometers of engine wear and consumes up to 9 liters of fuel per hour. These circumstances highlight the relevance of identifying the factors that influence energy consumption during the operation of quarry dump trucks. The article presents the results of an analysis of dump truck downtime at the coal mining enterprise LLC SP "Barzasskoye Tovarishchestvo." Annual downtime per dump truck is examined separately. An analysis of the structure of organizational downtime revealed that the majority is caused by waiting for loading. Additionally, statistics on the utilization of dump truck operating time are provided.

Ключевые слова: простой, самосвал, карьер, время, расход топлива.

Keywords: downtime, dump truck, quarry, time, fuel consumption.

В горнодобывающей промышленности, на карьерах и строительных площадках, при открытой добыче полезных ископаемых используются транспортные средства с большой грузоподъемностью и высокой мобильностью [1]. В данной сфере применения самосвалы считаются одним из универсальных видов тяжелой техники. Расход топлива относится к числу основных статей эксплуатационных затрат, сопровождающих применение грузовиков. Согласно статистике, потребление дизельного горючего на самосвалах составляет около 56% от общего расхода энергетических ресурсов на открытых разработках [2]. В связи с этим, кардинальные изменения в области экономии топлива, эффективности и снижения его негативного воздействия на окружающую среду, связанных с выбросами CO₂, имеют решающее значение.

На расход топлива влияет целый ряд факторов. К ним относятся загрузка грузовика, скорость, мощность, масса (порожняя и полная), ускорение, время простоя, качество топлива, аэродинамика, качество дорожного покрытия и шин, регулировка колес и давление в шинах, уклон дороги, стиль вождения, внешняя температура, погода и адекватность программы технического обслуживания автомобиля [3]. Большинство этих факторов могут в определенной степени контролироваться операторами карьеров и шахт. В свою очередь адекватное управление этими детерминантами способно значительно снизить расход топлива при обеспечении требуемой производительности грузовика без существенных инвестиций или изменений в его работе. Это выражается в снижении нагрузки на двигатель, что позволяет достичь той же производительности при меньшем расходе топлива.

С учетом отмеченного, энергоэффективность самосвалов, работающих на карьерах, имеет высокое практическое и теоретическое значение, что и предопределило выбор темы данной статьи.

Анализ продолжительности работы самосвалов и времени их простоя для разработки имитационной модели, основанной на данных, в режиме реального времени, проводят Шакенов А., Егембердиев Р., Кольга А., Столповских И., Лель Ю.И., Глебов И.А., Буднев А.Б., Исаков С.В., Ганиев Р.С.

Факторы, влияющие на расход топлива при открытых горных работах, такие как возраст и состояние техники, нагрузка, скорость, время цикла, схема работы на карьере, график работы, время простоя изучают Богомолов А.Р., Азиханов С.С., Дубов Г.М., Григорьева Е.А., Нохрин С.А., Нургалиев Л.М., Калимуллин Р.Ф.

Анализ актуальных научных публикаций и работ позволяет отметить, что учеными и экспертами рассматриваются различные аспекты повышения энергоэффективности работы карьерных самосвалов. Однако некоторые проблемные моменты требуют отдельной проработки и более углубленного изучения. Так, например, в уточнении нуждается взаимосвязь между объемом перевозимого груза и расходом дизельного топлива. Кроме того, особого внимания заслуживают перспективы использования методов машинного обучения для прогнозирования расхода дизельного топлива на открытых разработках.

Таким образом, цель статьи заключается в изучении факторов, влияющих на затраты энергии при движении карьерных автосамосвалов.

Условия движения карьерного самосвала в горнодобывающей промышленности относительно фиксированы. После загрузки в зоне добычи он движется вверх по склону с меньшей скоростью, затем в зоне разгрузки с большей скоростью по ровной дороге и, наконец, возвращается пустым, чтобы завершить цикл. В целом, условия движения карьерного самосвала в основном состоят из четырех процессов: полная загрузка на подъеме, полная загрузка на ровной дороге, пустая загрузка на спуске и пустая загрузка на ровной дороге [4].

На рис. 1 показано движение карьерного самосвала в течение рабочего цикла.

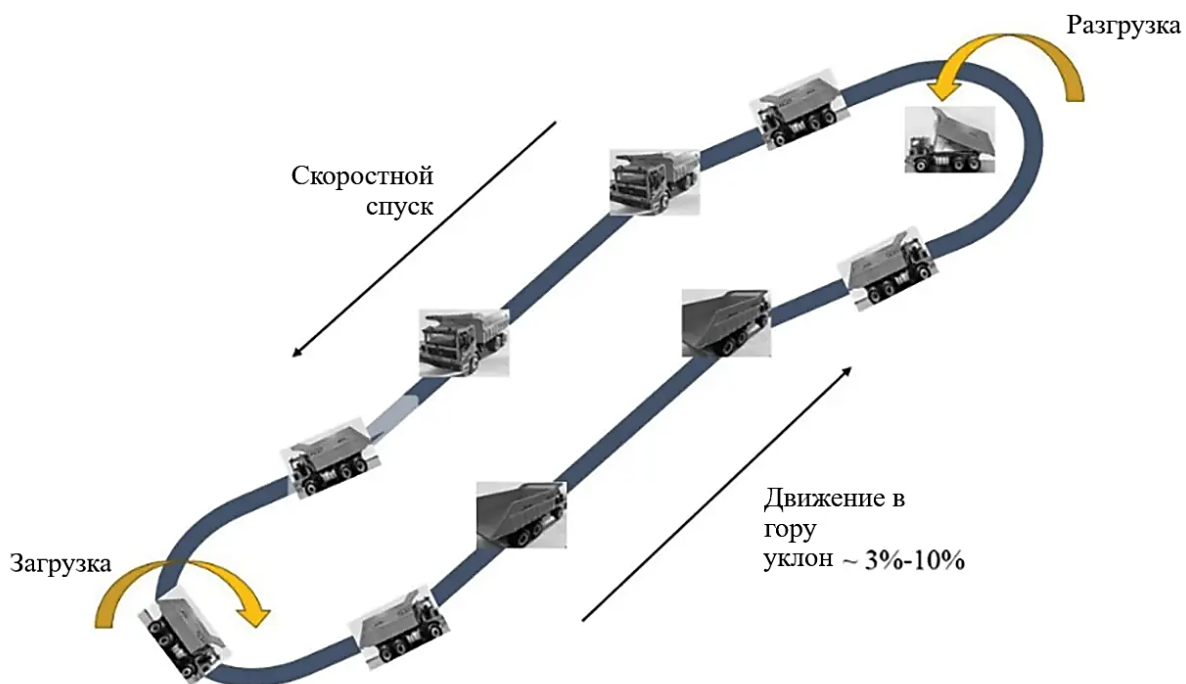


Рис. 1 Схема условий работы горного цикла [2]

Простои составляют одну из ключевых причин, оказывающих существенное влияние на размер потерь в рамках бережливого производства. Это имеет особое значение для эффективности угледобывающей промышленности. Все время простоя обходится угледобывающему предприятию дорого. Расход топлива и масла повышает эксплуатационные расходы. Чрезмерное время работы увеличивает частоту технического обслуживания транспортных средств. Простой также имеет социальные и экологические издержки, загрязняя атмосферу выбросами углерода и создавая чрезмерный шум [5].

Количество топлива, потребляемого автомобилем на холостом ходу, зависит от его веса, размера двигателя. Однако грузовые автомобили на холостом ходу потребляют больше топлива, чем легковые автомобили. Даже без груза карьерные самосвалы на холостом ходу расходуют около 2,5 литра дизельного топлива в час. При добавлении груза количество потребляемого топлива увеличивается.

На примере предприятия ООО СП «Барзасское товарищество» проведен анализ времени и причин простоя карьерных самосвалов. В таблице 1 представлены данные, характеризующие структуру простоев по всему

предприятию.

Таблица 1 Структура простоев карьерных самосвалов на предприятии ООО СП «Барзасское товарищество»

| Марка КС | Плановые простои | Аварийные простои | Организационные простои | Прочие простои |
|---------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------|
| БелАЗ - 75131 | 24% | 49% | 20% | 7% |
| БелАЗ – 7555В | 23% | 43% | 9% | 25% |
| БелАЗ – 7530G | 30% | 19% | 12% | 39% |
| БелАЗ – 7555D | 29% | 23% | 14% | 34% |
| Тонар 4525 | 11% | 14% | 53% | 22% |
| Тонар 7501 | 3% | 30% | 9% | 58% |
| Komatsu HD785 | 34% | 22% | 34% | 10% |

Таблица 1 позволяет сделать вывод о том, что большая часть времени простоя парка самосвалов связана с аварийными простоями. При этом аварийные простои происходят чаще, чем плановые, что делает процесс обслуживания парка непредсказуемым и сложным для управления. Устранение аварийных отказов требует больших ресурсов, так как такие отказы редко бывают самостоятельными. Это также вызывает нарушение грузооборота и ритма перевозок на линии.

В таблице 2 представлены данные, отражающие среднее количество простоев на 1 самосвал.

Таблица 2 Общая структура простоев (среднее значение на 1 самосвал, в год)

| Марка КС | Максимально возможное время работы | Плановые простои | Аварийные простои | Организационные простои | Прочие простои |
|---------------|------------------------------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------|
| БелАЗ - 75131 | 8760,00 | 236,51 | 480,89 | 198,025 | 67,66 |
| БелАЗ - 7530G | 8760,00 | 279,35 | 134,54 | 218,04 | 87,94 |
| БелАЗ - 7555D | 8760,00 | 269,55 | 183,67 | 234,72 | 113,17 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | | |
|---------------|---------|--------|--------|--------|---------|
| БелАЗ - 7555В | 8760,00 | 218,49 | 379,58 | 197,70 | 77,03 |
| Тонар - 7501 | 8760,00 | 424,43 | 263,02 | 196,66 | 1038,89 |
| Тонар - | 8760,00 | 140,03 | 740,42 | 71,75 | 236,84 |

| | | | | | |
|-------------------|---------|--------|--------|--------|-------|
| 4525 | | | | | |
| Комatsu HD-785 | 8760,00 | 278,99 | 178,95 | 281,23 | 75,70 |

Анализ структуры организационных простоев показывает, что основная часть вызвана ожиданием погрузки. На Komatsu HD-785, 91% простоев связаны с ожиданием погрузки. Остальная же часть в малых долях приходится на отсутствие фронта горных работ и отсутствие автодорог. Аварийные простои в большинстве случаев вызваны наладкой оборудования, например на БелАЗ-75131, приходится 53% от общего количества. В структуре плановых простоев, основное время связано с приемом и сдачей смены. Например, для автосамосвала БелАЗ-7555D, приходится 50%.

В таблице 3 представлены данные, характеризующие использование рабочего времени карьерных самосвалов предприятия ООО СП «Барзасское товарищество».

Таблица 3 Статистика использования рабочего времени карьерных самосвалов

| Марка КС | Максимально-возможное время работы | Плановое время работы | Время работы (без учета аварийных простоев) | Время работы (без учета организационных простоев) | Чистое машинное время работы |
|---------------|------------------------------------|-----------------------|---|---|------------------------------|
| БелАЗ - 75131 | 8760,00 | 8523,49 | 8279,11 | 8561,97 | 7776,91 |
| БелАЗ - 7530G | 8760,00 | 8480,65 | 8625,46 | 8541,96 | 8040,13 |
| БелАЗ - 7555D | 8760,00 | 8490,45 | 8576,33 | 8525,28 | 7958,89 |
| БелАЗ - 7555B | 8760,00 | 8541,51 | 8380,42 | 8562,30 | 7887,20 |
| Тонар 7501 | 8760,00 | 8335,57 | 8496,98 | 8563,34 | 6837,00 |
| Тонар 4525 | 8760,00 | 8619,97 | 8019,58 | 8688,25 | 7570,96 |

Продолжение таблицы 3

| | | | | | |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Комatsu HD785 | 8760,00 | 8481,01 | 8581,05 | 8478,77 | 7945,13 |
| Среднее значение | 8760,00 | 8496,09 | 8422,70 | 8560,26 | 7716,60 |

Анализ данных показал, что среднее количество чистого машинного

времени, затраченного на одну единицу техники за год, составляет 7716,6 часов. Минимальное время работы было установлено для Тонар 7501 — 6837 часов. Наибольшее время использования было у БелАЗ - 7530G, показатель достигал отметки 8480,65 часов.

Резюмируя полученные результаты, отметим, что активный контроль за расходами энергии при движении карьерных автосамосвалов не только может оказать значительное положительное влияние на эксплуатационные расходы, но и способствует перспективе создания более чистой и устойчивой окружающей среды. Сокращение времени простоя оборудования может стать многообещающим решением проблем управления затратами и энергопотреблением для угледобывающих предприятий. Помимо экологических преимуществ, к числу других потенциальных выгод от сокращения времени простоя относится экономия средств, связанная с уменьшением потребления топлива, а также меньший износ и техническое обслуживание двигателя.

Список литературы

1. Аксенов В.В., Пашков Д.А., Дубинкин С.Д. Методики расчета расхода топлива карьерных самосвалов // Уголь. 2024. № S11 (1187). С. 102-107.
2. Умирзоков А.М., Мамбеталин К.Т., Сайдуллозода С.С., Самиев Ш.К. Моделирование расхода топлива большегрузными автомобилями в горных условиях эксплуатации // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 2 (129). С. 140-149.
3. Натейкин В.Ю., Солоненко Е.И., Довженок А.С. Укрупненный расчет возможностей снижения расхода топлива на примере карьерной автодороги лучегорского угольного разреза // Уголь. 2025. № 3 (1191). С. 136-139.
4. Дамрин М.Е. Оценка производительности и повышение эффективности работы автотранспортной техники на открытых горных работах // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. 2024. № 27. С. 99-106.
5. Бирюков В.В. Исследование энергоэффективности применения

пневмокошечного транспорта с электроприводом при добыче ископаемых открытым способом // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2024. № 12-1. С. 301-315.

References

1. Aksenov V.V., Pashkov D.A., Dubinkin S.D. Methods for Calculating Fuel Consumption of Quarry Dump Trucks // Ugol (Coal). 2024. No. S11 (1187). Pp. 102–107.
2. Umirzokov A.M., Mambetalin K.T., Saidullozoda S.S., Samiev Sh.K. Modeling of Fuel Consumption by Heavy-Duty Vehicles under Mining Operating Conditions // Proceedings of the R.E. Alekseev NSTU. 2020. No. 2 (129). Pp. 140–149.
3. Nateykin V.Yu., Solonenko E.I., Dovzhenok A.S. Generalized Calculation of Fuel Saving Potential on the Example of a Quarry Road at the Luchegorsk Coal Mine // Ugol (Coal). 2025. No. 3 (1191). Pp. 136–139.
4. Damrin M.E. Performance Evaluation and Efficiency Improvement of Transport Equipment in Open-Pit Mining // Transport, Mining and Construction Engineering: Science and Production. 2024. No. 27. Pp. 99–106.
5. Biryukov V.V. Study of Energy Efficiency of Pneumatic-Wheeled Electric Transport in Open-Pit Mining Operations // Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 2024. No. 12-1. Pp. 301–315.