

УДК 656.13

АНАЛИЗ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КАРЬЕРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ РОГУНСКОЙ ГЭС

Р.А. Давлатшоев, Ф.И. Джобиров, Ф.А. Турсунов

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

В статье представлены результаты хронометражных наблюдений за работой карьерных автомобилей различных марок, задействованных в строительстве Рогунской гидроэлектростанции. Проведён сравнительный анализ эксплуатационных показателей, в частности расхода топлива, средней скорости движения и эффективности перевозок. Представлены расчёты удельного расхода топлива, приведены графики зависимости расхода от массы перевозимого груза и расстояния транспортировки. Сформулированы рекомендации по оптимизации использования автотранспорта в горных условиях.

Ключевые слова: карьерные автомобили, расход топлива, Рогунская ГЭС, хронометраж, эксплуатационная эффективность, БелАЗ, HOWO, SHACMAN.

ТАҲЛИЛИ САМАРАНОКИИ АВТОМОБИЛҲОИ КАРЬЕРӢ ДАР СОХТМОНИ НЕРӢГОҲИ БАҶӢИ РОӢУН

Р.А. Давлатшоев, Ф.И. Ҷобиров, Ф.А. Турсунов

Дар мақола натиҷаҳои мушоҳидаҳои хронометражии кори автомобилҳои карьерии намудҳои гуногун, ки дар сохтмони Нерӯгоҳи барқи оби Роғун истифода мешаванд, пешниҳод гардидаанд. Таҳлили муқоисавии нишондиҳандаҳои истифодабарӣ, аз ҷумла сарфи сӯзишворӣ, суръати миёнаи ҳаракат ва самаранокии нақлиёт анҷом дода шудааст. Ҳисобҳои сарфи яклухти сӯзишворӣ пешниҳод гардида, графикҳои вобастагии байни сарфи сӯзишворӣ - массаи бор ва масофаи интиқол оварда шудаанд. Таъсияҳо барои муносибгардонии истифодаи нақлиёт дар шароити кӯҳсор таҳия шудаанд.

Калимаҳои калидӣ: автомобилҳои карьерӣ, сарфи сӯзишворӣ, НБО-и Роғун, хронометраж, самаранокии истифодабарӣ, БелАЗ, HOWO, SHACMAN.

ANALYSIS OF FUEL EFFICIENCY OF MINING TRUCKS OPERATED IN THE CONSTRUCTION OF THE ROGUN HYDROPOWER PLANT

R.A. Davlatshoev, F.I. Jobirov, F.A. Tursunov

The article presents the results of time-motion studies of various mining trucks used in the construction of the Rogun Hydropower Plant. A comparative analysis of operational parameters is conducted, focusing on fuel consumption, average travel speed, and transportation efficiency. Calculations of specific fuel consumption are provided, along with graphs showing the dependence of fuel consumption on the transported load mass and transport distance. Recommendations for optimizing vehicle use in mountainous conditions are formulated.

Keywords: mining trucks, fuel consumption, Rogun Hydropower Plant, time-motion study, operational efficiency, BelAZ, HOWO, SHACMAN.

Введение

Развитие гидроэнергетики требует применения тяжёлой карьерной техники для перемещения значительных объёмов породы. Одним из масштабных строительных проектов в Республике Таджикистан является Рогунская ГЭС, где эксплуатируются автомобили типа БелАЗ, HOWO и SHACMAN. В условиях горного рельефа важнейшим показателем эффективности такой техники является рациональный расход топлива, от которого напрямую зависят как экономические затраты, так и экологическая устойчивость проекта. В настоящей работе предпринята попытка анализа эксплуатационной эффективности указанных автомобилей на основе данных хронометражных наблюдений.

Хронометражные наблюдения с целью определения тарифов на грузовые перевозки были проведены преподавателями кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта» в соответствии с официальным письмом Министерства транспорта Республики Таджикистан (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Момент взвешивания автомобиля БелАЗ–7540В и измерения расхода топлива на строительном объекте.

Обобщённые результаты хронометражных наблюдений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Хронометраж автотранспортных средств общества с ограниченной ответственностью «Сохтмони асосӣ»

№	Марка автомобиля	Регистрационный номер	Дата	Год выпуска	Вес автомобиля с нагрузкой, т	Собственный вес, т	Вес груза, т	Фактический расход топлива, л	Норма расхода топлива, л/100 км	Пройденное расстояние, км	Время движения с нагрузкой, мин	Время загрузки, мин	Высота над уровнем моря, м
1	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	51,7	22,9	28,8	20	9	135	9	51	9
2	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	50,9	22,9	28,0	20	9	135	9	50	13
3	HOWO 336	3426 PP 01	21.06.2018	2011	34,6	15,2	19,4	13	9	32	9	26	6
4	SHACMAN 360	514	21.06.2018	2014	39,9	15,8	24,1	18	9	38	9	45	12
5	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	54,9	22,9	32,0	31	14,4	135	14,4	62	4
6	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	53,1	22,9	30,2	30	14,4	135	14,4	61	4
7	БелАЗ – 7540В	234	22.06.2018	2013	53,7	22,9	30,8	29	14,4	13	14,4	55	3,5
8	SHACMAN 360	514	22.06.2018	2014	50,8	15,8	35,0	40	14,4	38	14,4	75	4
9	HOWO 336	3426 PP 01	22.06.2018	2011	36,4	15,1	21,3	25	9	32	9	26	6

Исследовательская часть

Для анализа были рассчитаны следующие показатели на основе хронометражных данных, полученных по результатам 9 рейсов различных автомобилей. В каждом случае фиксировались следующие параметры: полная масса автомобиля с грузом, масса груза, фактический расход топлива, расстояние перевозки, нормативный расход топлива, а также время движения и время загрузки.

Для оценки эффективности работы автомобилей в процессе перевозок применяются следующие показатели:

1. Фактический удельный расход топлива

Характеризует количество топлива, затраченное на 100 км пути, независимо от массы груза.

Рассчитывается по формуле:

$$q_{\phi} = \frac{Q}{L} \cdot 100, \quad (1)$$

где:

Q — фактический расход топлива, л

L — расстояние перевозки, км

2. Фактический расход топлива на 10 т·км

Отражает топливную эффективность с учётом выполненной транспортной работы (груз × расстояние).

$$q_{\tau} = \frac{Q}{W} \cdot \frac{10}{L}, \quad (2)$$

где:

W — масса перевозимого груза, т

2. Средняя скорость движения автомобиля

Позволяет оценить динамическую производительность и оперативность доставки:

$$v_{cp} = \frac{L}{t} \cdot 60 \quad (3)$$

где:

t — время движения, мин

Проведём расчёты на примере автомобиля БелАЗ–7540В (рейс №1)

(таблица 1):

Расход топлива: Q=29л,

Расстояние перевозки: L=14.4км,

Масса груза: $W=30,8$ т,
Время движения: $t=55$ мин

$$q_{\phi} = \frac{Q}{L} \cdot 100 = \frac{29}{14,4} \cdot 100 = 201,39 \frac{\text{л}}{100\text{км}}$$

$$q_{\tau} = \frac{Q}{W} \cdot \frac{10}{L} = \frac{29}{30,8} \cdot \frac{10}{14,4} = 0,65 \text{л на } 10\text{т} \cdot \text{км}$$

$$\vartheta_{\text{ср}} = \frac{L}{t} \cdot 60 = \frac{14,4}{55} \cdot 60 = 15,71 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Аналогичные расчёты выполнены для всех исследуемых автомобилей. Итоги расчётов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ расхода топлива и производительности автотранспорта общества с ограниченной ответственностью «Сохтмони асосй»

№	Марка автомобиля	Регистрационный номер	Дата	Год выпуска	Вес автомобиля с нагрузкой, т	Собственный вес, т	Вес груза, т	Фактический расход топлива, л	Норма расхода топлива, л/100 км	Пройденное расстояние, км	Время движения с нагрузкой, мин	Время загрузки, мин	Высота над уровнем моря, м
1	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	51,7	22,9	28,8	20	9	135	9	51	9
2	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	50,9	22,9	28,0	20	9	135	9	50	13
3	HOWO 336	3426 PP 01	21.06.2018	2011	34,6	15,2	19,4	13	9	32	9	26	6
4	SHACMAN 360	514	21.06.2018	2014	39,9	15,8	24,1	18	9	38	9	45	12
5	БелАЗ – 7540В	234	21.06.2018	2013	54,9	22,9	32,0	31	14,4	135	14,4	62	4
6	БелАЗ – 7540В	231	21.06.2018	2013	53,1	22,9	30,2	30	14,4	135	14,4	61	4
7	БелАЗ – 7540В	234	22.06.2018	2013	53,7	22,9	30,8	29	14,4	13	14,4	55	3,5
8	SHACMAN 360	514	22.06.2018	2014	50,8	15,8	35,0	40	14,4	38	14,4	75	4
9	HOWO 336	3426 PP 01	22.06.2018	2011	36,4	15,1	21,3	25	9	32	9	26	6

На основании экспериментальных данных построен график (рисунок 2) зависимости удельного расхода топлива от массы перевозимого груза для различных марок карьерных автомобилей, эксплуатируемых на строительстве Рогунской ГЭС.

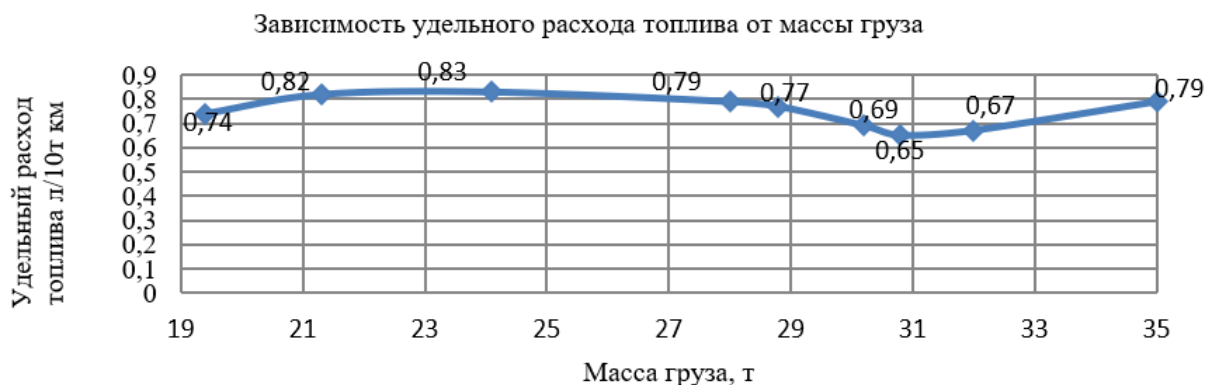


Рисунок 2 – Изменение удельного расхода топлива в зависимости от массы груза

Анализ полученного графика показывает, что с увеличением массы груза наблюдается тенденция к снижению удельного расхода топлива, выраженного в литрах на 10 т·км. Это связано с тем, что при увеличении полезной нагрузки двигатель автомобиля работает в более оптимальном режиме, а объем перевезённой продукции возрастает, снижая расход топлива на единицу транспортной работы.

Наиболее эффективным оказался карьерный самосвал **БелАЗ – 7540В**, который при массе груза 30,2–32 т демонстрирует минимальные значения удельного расхода топлива (0,65–0,67 л/10т·км). Это свидетельствует о высокой эффективности его работы при полной загрузке. В то же время автомобили **HOWO 336** и **SHACMAN 360** характеризуются более высокими значениями удельного расхода (0,74–0,83 л/10т·км) при меньших нагрузках (19,4–24,1 т), что указывает на менее рациональное использование топлива в условиях частичной загрузки.

Отдельное внимание заслуживает показатель SHACMAN 360 при массе груза 35 т, где удельный расход составляет 0,79 л/10т·км, что выше, чем у БелАЗов с меньшей массой. Это может быть обусловлено конструктивными особенностями автомобиля, режимом эксплуатации или маршрутом движения.

Таким образом, для обеспечения наилучших показателей топливной экономичности при перевозке скальных пород в условиях строительства Рогунской ГЭС целесообразно использовать автомобили, максимально приближенные к своей номинальной грузоподъемности. Это позволяет значительно снизить затраты на топливо на единицу выполненной транспортной работы.

На рисунке 3 представлен график зависимости расхода топлива от расстояния перевозки.

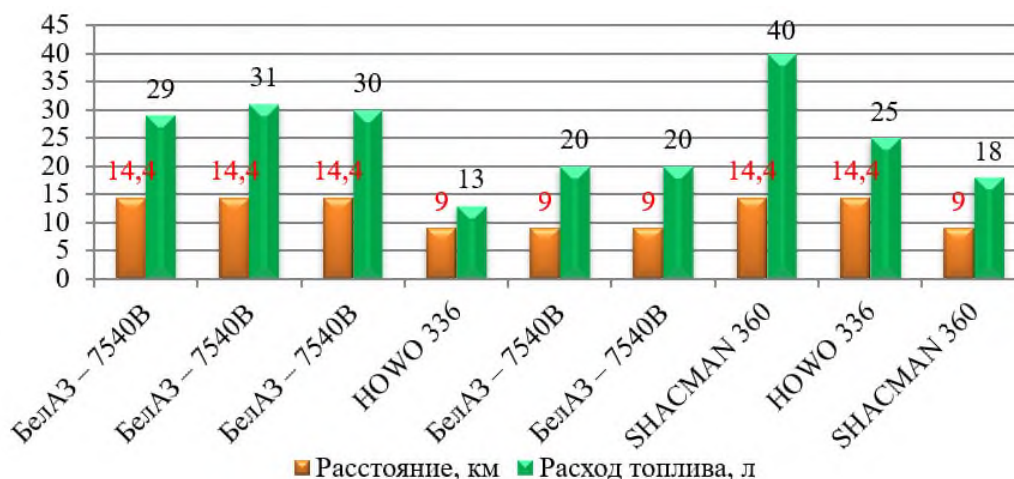


Рисунок 3 – Зависимость расхода топлива от расстояния перевозки

График показывает линейную зависимость расхода топлива от расстояния перевозки. С увеличением расстояния увеличивается суммарный расход топлива, что логично. Однако наклон линии может отличаться у разных марок автомобилей.

Автомобили **БелАЗ – 7540В** демонстрируют меньший прирост расхода топлива по мере увеличения расстояния по сравнению с **SHACMAN** и **HOWO**, что подтверждает их лучшую топливную эффективность на длинных маршрутах.

На рисунке 4 построена диаграмма для сравнения эффективности транспортных средств различных марок по среднему значению удельного расхода топлива.

Средний удельный расход, л/10т·км

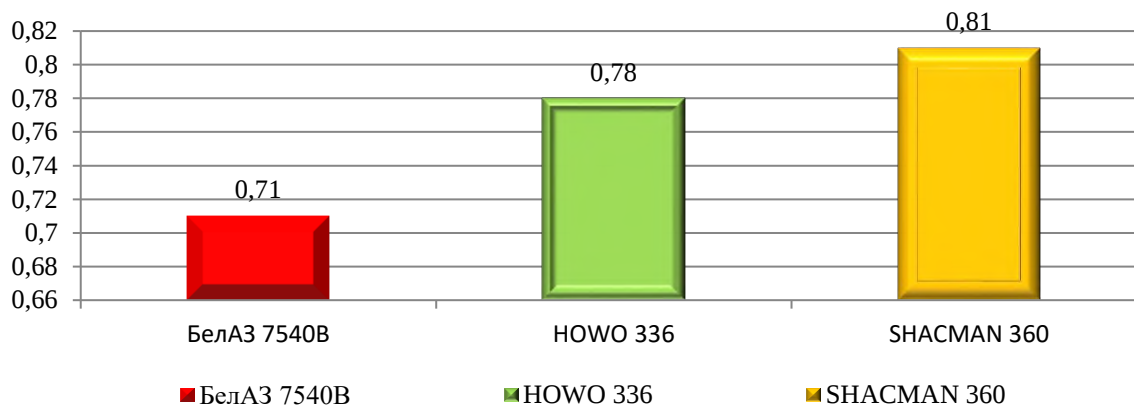


Рисунок 4 – Диаграмма сравнительной эффективности автомобилей различных марок

Наилучшие значения удельного расхода топлива и эффективности транспортной работы наблюдаются у **БелАЗ – 7540В**. Несмотря на большую массу он расходует меньше топлива на 10 т·км по сравнению с HOWO и SHACMAN.

Таким образом, **БелАЗ – 7540В** является оптимальным выбором для условий строительства Рогунской ГЭС, особенно при перевозке тяжёлых грузов на средние и большие расстояния.

Результаты исследования

В ходе проведённого анализа установлено следующее:

- ✓ Наименьший удельный расход топлива зафиксирован у автомобиля HOWO 336 при малых расстояниях и нагрузках, составляя 144,4 л/100 км при массе груза 19,4 т.
- ✓ Карьерный самосвал БелАЗ характеризуется большей стабильностью показателей удельного расхода топлива, однако демонстрирует повышенный расход при коротких дистанциях перевозки.
- ✓ Автомобили марки SHACMAN показывают наилучшую топливную эффективность при перевозке грузов массой свыше 30 т на расстоянии 14,4 км.
- ✓ Во всех рассматриваемых транспортных средствах наблюдается превышение нормативных значений расхода топлива, при этом у БелАЗ показатель достигает 80 л/100 км.
- ✓ Средняя скорость движения большинства автомобилей находилась в диапазоне 10–20 км/ч, что обусловлено сложными дорожными условиями и спецификой маршрутов в горной местности.

Заключение

Анализ эксплуатационной эффективности карьерных автомобилей, используемых на строительстве Рогунской ГЭС, выявил, что фактический расход топлива в ряде случаев превышает нормативные значения. Основными причинами данного явления являются сложные дорожные условия, значительный уклон маршрутов, износ технических средств, а также нерациональное использование ресурсов.

Для повышения эффективности эксплуатации карьерных автомобилей и снижения расхода топлива рекомендуется:

- использовать автомобили с максимальной допустимой нагрузкой, близкой к номинальной, для обеспечения более низкого удельного расхода топлива.
- оптимизировать маршруты перевозок с учётом уклона и дорожных условий;
- проводить регулярную диагностику и техническое обслуживание топливных систем;
- применять автомобили, максимально соответствующие массам перевозимых грузов и длине маршрутов;
- внедрять системы мониторинга и контроля расхода топлива в режиме реального времени.
- для снижения расхода топлива в горных условиях целесообразно отдавать предпочтение самосвалам с мощными двигателями, адаптированными к работе на уклонах и при пониженных скоростях.

Реализация данных мероприятий позволит повысить топливную экономичность и снизить эксплуатационные затраты при транспортировке горной массы в условиях строительства гидроэлектростанции.

Рецензент: Мирзозода Ш.И. – к.т.н., доцент, декан факультета Механизации сельского хозяйства ТТГУ имени Ш. Шотемура.

Литература

1. ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Нормативы расхода топлива»
2. Молчанов В.Ф. «Эксплуатация автотранспортных средств в горных условиях», Москва: Транспорт, 2006
3. Муравьев А.П. «Анализ и контроль расхода топлива», СПб.: ГИОРД, 2013
4. Строительная документация проекта Рогунской ГЭС, Минэнерго РТ, 2018
5. Хронометражные таблицы АО «Сохтмони асосӣ», 2018

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Давлатшоев Рашид Асанхонович	Давлатшоев Рашид Асанхонович	Davlatshoev Rashid Asankhonovich
н.и.т, дотсент	к.т.н, доцент	Candidate of Technical Sciences
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after ac. M.S. Osimi
E-mail: d_rashid71@mail.ru		
TJ	RU	EN
Чобиров Фируз Изатуллоевич	Джобиров Фируз Изатуллоевич	Jobirov Firuz Izatulloevich
н.и.т, муаллими калон	к.т.н, старший преподаватель	Candidate of Technical Sciences, PhD, Senior Lecturer
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М.С. Осими	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi
E-mail: Jobirov.firuz@mail.ru		
TJ	RU	EN
Турсунов Фаридун Абдукаххорович	Турсунов Фаридун Абдукаххорович	Tursunov Faridun Abdukahhorovich
Сардори раёсати фуруши чакана	Начальник управления розничных продаж	Head of Retail Sales Department
ЧДММ "Газпром нефть - Таджикистан",	ООО "Газпром нефть - Таджикистан"	Gazprom Neft – Tajikistan LLC
E-mail: faridun13@gmail.com		