

На правах рукописи



Сайдуллозода Сайвали Сайдулло

**ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

Специальность 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2022

Работа выполнена на кафедре «Колесные и гусеничные машины» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»).

Научный руководитель **Гаврилов Константин Владимирович**, доктор технических наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой «Колесные и гусеничные машины» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты **Андреева Людмила Ивановна**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Челябинского филиала Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН).
Старунова Ирина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тракторы, сельскохозяйственные машины и земледелие» ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет».

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева», г. Н. Новгород.

Защита диссертации состоится 25 мая 2022 г., в 15:00 часов, на заседании диссертационного совета Д 212.298.09 при ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, аудитория 1001.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО Южно-Уральского государственного университета и на его официальном сайте <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229809/saydulozoda-sayvali-saydullo>

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью организации, просим направлять на имя ученого секретаря по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ЮУрГУ, Ученый совет, электронная почта: D212.298.09@mail.ru, контактный телефон +7(351)267-91-23

Автореферат диссертации разослан: «__» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.298.09
доктор технических наук, доцент

А.А. Абызов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Автомобильный транспорт в условиях эксплуатации на гидротехнических сооружениях (ГТС) Республики Таджикистан (РТ) занимает доминирующее положение и имеет жизненно важное значение для развития экономики страны. По объему перевозок и грузообороту в республике нет равных автомобильному транспорту и его доля в общем объеме грузоперевозок составляет 90–95%.

Республика Таджикистан – горная страна. В ней множество рек, протекающих на значительных высотах над уровнем моря (н. у. м.) с большими перепадами высот. Поэтому в республике развита водная энергетика. В связи с растущими потребностями промышленности в электроэнергии, она продолжает развиваться. В республике строятся ГТС, где свыше 70% объемов перевозимых грузов приходится на автомобильные перевозки с повышенными энергетическими затратами, превышающими норматив более чем на 30 %.

Автомобильный транспорт является одним из основных элементов системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС), функционирование которой в горных условиях довольно жесткое и требует дополнительного исследования при повышении эффективности её работы, снижающий энергетические затраты.

До сих пор для решения вопросов снижения энергетических затрат автомобилями-самосвалами при функционировании системы ВАДС в горных условиях применялись методы, основанные на оценке эффективности отдельных элементов системы. По нашему мнению, при исследовании снижения энергетических затрат автомобилей-самосвалов в процессе функционирования системы ВАДС, более эффективным направлением является комплексная оценка всех элементов системы. В данной работе исследование снижения затрат автомобилей-самосвалов при функционировании системы ВАДС в горных условиях проводилось в следующей последовательности: изучение особенностей функционирования элементов системы ВАДС; комплексный и системный анализ эффективности системы ВАДС; определение рациональных нагрузочных и скоростных режимов работы карьерных автомобилей-самосвалов; применение энергетического подхода к оценке эффективности функционирования системы ВАДС.

Решение этой научно-практической задачи является необходимым условием снижения энергетических затрат автомобилями-самосвалами и повышения эффективности их эксплуатации.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в вопросы, связанные с эффективностью эксплуатации подвижного состава в различных дорожно-климатических условиях, внесли ученые: Аверьянов Ю.И., Вахламов В.К., Великанов Д.П., Горшков Ю.Г., Говорущенко Н.Я., Гришкевич А.И., Зимелев Г.В., Трусов С.М., Фалькевич Б.С., Фаробин Я.Е., Чудаков Е.А., Шейнин А.М., Яценко Н.Н. и др., в том числе вопросам комплексной оценки эффективности системы ВАДС посвящены работы Девятова М.М., Скрипникова А.В., Скворцовой Т.В., Лазарева С.Н., Козлова В.Г.

Исследования в области оценки эффективности подвижного состава в горных условиях изложены в трудах ученых: Абдуллоева М.А., Алиева В.А., Давлатшоева Р.А., Двали Р.Е., Кадырова С.М., Махалдиани В.В., Парцхаладзе Р.М., Саттивалдиева Б.С., Топалиди В.А., Турсунова А.А., Умирзокова А.М., Эмана О.Я. и др.

Различные аспекты проблемы повышения эффективности отдельных элементов системы ВАДС в конкретных условиях эксплуатации представлены в трудах зарубежных ученых: W.H. Janssen, T. Oron-Gilad, B. Farahmand, J. Flemmer, R. Likaj, H.J. Walnum, T. Bellet, F. Jimenez, K.K. Abishev, Z. Votruba D. Buss, R. Herman, M. Zhou, M. Novak и др.

Обзор исследований показал, что вопросы комплексной оценки энергетических затрат и пути их снижения при функционировании системы ВАДС в горных условиях остаются малоизученными.

Целью исследования является разработка концептуальной модели функционирования автомобилей-самосвалов в горных условиях РТ и формирование на ее основе рекомендаций по снижению энергетических затрат.

Задачи исследования. В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе решаются следующие задачи:

1. Анализ условий функционирования элементов системы ВАДС в горных условиях РТ.

2. Разработка концептуальной модели системы ВАДС с учетом специфики использования автомобилей-самосвалов при строительстве ГТС.

3. Адаптация методики оценки свойств самоочищаемости шин для автомобилей-самосвалов, эксплуатируемых при строительстве ГТС.

4. Проведение экспериментальных исследований по определению эксплуатационных свойств автомобилей-самосвалов с различными видами трансмиссий в горных условиях эксплуатации.

5. Обобщение результатов теоретических и экспериментальных исследований и разработка рекомендаций по снижению энергетических затрат автомобилей-самосвалов и по конструктивному исполнению элементов ходовой части.

Объект исследования. Процессы, связанные с функционированием системы ВАДС при решении вопросов эффективности транспортного процесса в горных условиях РТ.

Предмет исследования. Закономерности влияния отдельных элементов системы ВАДС на эффективность ее функционирования в горных условиях.

Область исследований соответствует паспорту специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины. Полученные в работе научные результаты соответствуют п. 2 «Математическое моделирование и исследование кинематики, статики и динамики, а также физико-химических процессов в транспортных средствах, их узлах и механизмах» и п. 4 «Повышение качества, экономичности, долговечности и надежности, безопасности конструкции, экологических характеристик и других потребительских и эксплуатационных параметров транспортных средств» паспорта специальности.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработана концептуальная модель оценки эффективности функционирования системы ВАДС, отличающаяся от известных оценкой энергетических затрат на выполнение полезной работы в общей доли энергии, полученной от энергоносителя с учетом затрат на преодоление сопротивления качению колес, обусловленных конструктивным исполнением шин, а также горных условий эксплуатации.

2. На основе результатов многофакторного эксперимента получена математическая модель прогнозирования путевого расхода топлива применительно к карьерным автомобилям-самосвалам во время эксплуатации их в горных условиях

путём введения в эту модель таких факторов как обобщенный динамический коэффициент, отражающий комплексный показатель условий эксплуатации. Это позволило скорректировать нормативные значения путевого расхода топлива автомобилей-самосвалов при их эксплуатации на гидротехнических сооружениях.

Теоретическая значимость исследования: Разработана концептуальная модель функционирования системы ВАДС для горных условий эксплуатации, базирующаяся на энергетических принципах оценки эффективности системы.

Практическая значимость исследования: Разработанная модель позволяет оценить эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях, а именно: проводить расчеты по оценке и обоснованию эффективности эксплуатации автомобилей-самосвалов на строительстве ГТС; управлять парком автомобилей с учетом их эксплуатационных характеристик; уточнять существующие нормы путевого расхода топлива и оценивать показатели технико-экономической эффективности грузоперевозок.

Методы исследования включают расчетно-аналитические (теоретические) методы оценки эффективности энергетических затрат системы ВАДС и экспериментальные методы исследования по определению путевого расходов топлива, в частности использовался метод планирования многофакторного эксперимента с применением компьютерного моделирования в среде Matlab/Simulink.

Положения, выносимые на защиту:

1. Концептуальная модель функционирования системы ВАДС, базирующаяся на энергетических принципах оценки эффективности системы, включающая в себя предложенный обобщенный динамический коэффициент, учитывающий условия эксплуатации при строительстве Рогунской ГЭС.

2. Методика оценки свойств самоочищаемости шин и базирующиеся на ней рекомендации по выбору конструкции шин для автомобилей-самосвалов, эксплуатируемых в горных условиях на строительстве ГТС.

3. Результаты экспериментальных исследований по определению технико-экономических показателей автомобилей с механической и гидромеханической трансмиссией.

4. Адаптация модели взаимодействия шины с грунтом для условий эксплуатации автомобилей-самосвалов на строительстве ГТС.

5. Математическая модель в натуральном масштабе для прогнозирования путевого расхода топлива автомобилей-самосвалов и разработанные рекомендации по корректированию нормативов расхода топлива.

Достоверность результатов исследования подтверждена: использованием основных методов теории автомобиля, фундаментальных законов механики, методов построения физических и математических моделей, методов статистической обработки эмпирических данных, использованием программного комплекса CorelDRAW, Compass, AutoCAD и Matlab/Simulink, а также хорошей сходимостью теоретических и экспериментальных данных, расхождение которых не превышает 3%.

Реализация результатов работы. Результаты исследований приняты к внедрению в ДАО «Основное строительство» ОАО Рогунская ГЭС (Таджикистан), Министерстве транспорта Республики Таджикистан, в Южно-Уральском государственном университете (НИУ. г. Челябинск, Россия), в Таджикском техническом университете им. академика М.С. Осими (г. Душанбе, Таджикистан), в рамках дисциплин «Конструкция, эксплуатационные свойства и элементы расчета

автомобиля», «Специализированный подвижной состав автотранспортных средств» по направлениям подготовки «Наземные транспортно-технологические средства», «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Техническая эксплуатация автомобилей (автотранспорт общего и частного пользования)».

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационного исследования были представлены в научных докладах и выступлениях: X и XI научные конференции аспирантов и докторантов «Научный поиск». – г. Челябинск, 2018 – 2019 гг; Международная научно-практическая конференция студентов, магистрантов, аспирантов и ученых «Мухандис-2019». – г. Душанбе, 2019 г; Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы транспорта в лесном комплексе». – г. Санкт-Петербург, 2019 г; Международная научно-техническая конференция «Пром-Инжиниринг». – г. Сочи, 2020 г; Всероссийский научно-технический семинар «Подвижность транспортно-технологических машин». – г. Н. Новгород, 2020 г; Научно-технический совет ИТР Рогунской ГЭС. – г. Душанбе, 2020 г; II Международная научно-техническая конференция «Интеллектуальные энергетические системы 2021» (Smart Energy Systems 2021). – г. Казань, 2021 г; IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы топливно-энергетического комплекса: добыча, производство, передача, переработка и охрана окружающей среды» (APES-IV-2021). – г. Москва, 2021 г; Заседания кафедры «Колесные и гусеничные машины» ЮУрГУ. – г. Челябинск, 2019 – 2021 гг.

Публикации. По результатам, полученным при выполнении диссертационной работы, опубликована 21 научная статья, в том числе 9 статей в изданиях перечня ВАК РФ, 4 статьи в библиографической базе данных Scopus и Web of Science, 7 статей в научных изданиях, рекомендованных РИНЦ РФ и изданиях стран СНГ и 1 патент РФ на полезную модель.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 174 страницах машинописного текста и включает 52 рисунков, 25 таблицы. Список литературы, включает 153 наименований, в том числе 32 на иностранном языке и приложения на 23 страницах.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность д.т.н. профессору Мамбеталину К.Т., к.т.н. доценту Умирзокову А.М. и к.т.н. доценту Уланову А.Г. за научные консультации, методическую помощь, ценные советы, большое внимание и огромную помощь в проведении исследований при подготовке диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность и степень исследования темы, сформулированы цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования, приведенные методы исследования, сформулированы основные научные результаты, выносимые на защиту.

В первой главе изложено состояние изученности вопроса, цели и задачи исследования, анализ исследований ученых и специалистов по вопросам использования автомобилей в горных условиях, устройству карьерных автодорог, микроклимату автомобильных кабин и т.д.

Отправным пунктом исследования вопросов функционирования системы ВАДС и ее эффективности, является рассмотрение факторов системы в последовательности окружающая среда-дорога-автомобиль-водитель.

Природно-климатические условия (Окружающая среда). Горные (высота н. у. м. 1000...2000 м) и высокогорные районы (высота н. у. м. свыше 2000 м), в которых возводятся ГТС, характеризуются следующими показателями окружающей среды: температура окружающего воздуха колеблется от -18°C в зимние месяцы и до $+40^{\circ}\text{C}$ в летние, при этом температурные колебания с наибольшей амплитудой наблюдается в летние месяцы, температура воздуха с увеличением высоты н. у. м. снижается; в теплые месяцы влажность воздуха составляет 25...50%, с увеличением высоты сухость воздуха растет и «концентрация пыли в воздухе достигает 2,5...3,5 мг/м³».

Дорога (Дорожные условия). В горных и высокогорных районах (93% всей территории республики) маршруты по сложности условий их эксплуатации являются преимущественно горно-холмистыми. Автомобильные дороги извилистые с подъемами и уклонами, насыщены перевалами. Радиусы кривизны закруглений дорог, в основном малые в пределах 35...50 м. Дороги в основном грунтовые с щебеночно-гравийным покрытием. Около 72% поверхности дорог находятся в плохом или очень плохом состоянии (ямы, выбоины, бугорки, большие перепады высот неровностей и т.д.).

Такие дорожные условия влекут за собой снижение средних скоростей движения на 35...40%, увеличение расхода топлива на 10...15%, увеличение числа переключений передач до 26,5%.

Автомобиль. Результаты исследований показали, что при эксплуатации автомобилей-самосвалов в горных условиях эффективная мощность двигателя снижается на 20...25%, его крутящий момент снижается в 1,2...1,3 раза. Время и путь разгона до заданной скорости увеличиваются в 2...2,5 раза и путевой расход топлива автомобиля увеличивается на 28...32%.

При эксплуатации автомобилей-самосвалов на строительстве ГТС в горных регионах РТ количество отказов существенно отличается от общепринятых. Большое количество отказов приходится на ДВС (31%), тормозную систему (9%), систему освещения (3%) и автомобильные шины (7%), что обусловлено суровостью и чрезмерным динамизмом условий эксплуатации.

Для автомобилей-самосвалов, эксплуатируемых в горных условиях РТ, к основным факторам, характеризующими интенсивность износа шин и снижение срока их службы, является: природно-климатические условия (температура окружающей среды и осадки); дорожные условия; нагрузочный и скоростной режимы движения; мастерство вождения автомобиля (характер маневров, интенсивность ускорений и торможений); используемые шины.

На основе анализа эксплуатации шин автомобилей-самосвалов в горных условиях выявлено снижение их нормативного пробега на 25%, что обусловлено влиянием сложных дорожно-климатических условий (рис. 1).

Водитель. С увеличением высоты атмосферное давление падает: по сравнению с уровнем моря на высотах 2000 ... 3000 м оно ниже на 31% и на высоте 4000 м на 39%. Это вызывает горную болезнь, недостаток кислорода. По результатам экспериментов количество кислорода во вдыхаемом воздухе на этих высотах уменьшается от одной трети до двух раз. Воздух в кабине автомобиля на этих высотах практически «сухой», а по нормативам влажность воздуха должна быть в пределах 30...70%.

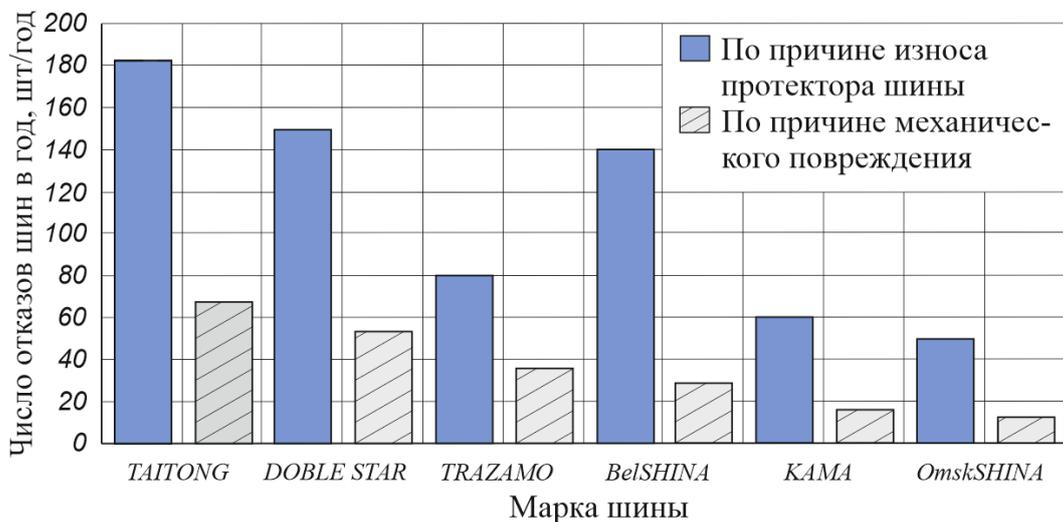


Рисунок 1 – Интенсивность отказов шин в условиях строительства Рогунской ГЭС

В горных условиях увеличивается суммарная солнечная радиация в среднем на 10% на каждые 1000 м. Это может привести к солнечному удару, нервным и сердечно-сосудистым расстройствам.

Все эти факторы, снижают работоспособность водителя, что отрицательно отражается на эффективности функционирования системы ВАДС.

Вторая глава посвящена исследованию теоретических основ функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Схема функционирования системы ВАДС представлена на рисунке 2.

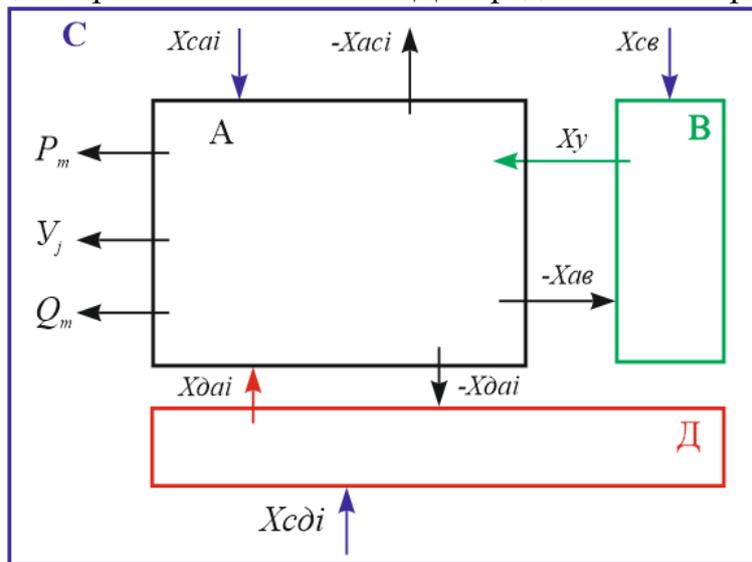


Рисунок 2 – Схема функционирования системы ВАДС

Воздействующие на автомобиль факторы: X_{cai} – факторы окружающей среды (метеорологические, солнечная активность, высота н. у. м., плотность воздуха, запылённость воздуха и т.д.); X_y – управляющие автомобилем действия водителя; X_{dai} – дорожные факторы; X_{cdi} – факторы окружающей среды, воздействующие на состояние дороги; X_{ce} – факторы окружающей среды, воздействующие на состояние водителя; $-X_{aci}$ – загрязнение окружающей среды автомобилем; $-X_{ae}$ – воздействие автомобиля на водителя; $-X_{adi}$ – воздействие автомобиля на дорогу.

Выходные показатели автомобиля: U_j – эксплуатационные параметры (тяговые усилия, расход топлива и т.д.).

Разработанная схема функционирования системы ВАДС показывает, что окружающая среда охватывает остальные элементы системы, воздействуя на них в виде природно-климатических условий.

Предлагается концептуальная модель оценки функционирования системы по энергетическим затратам, которая определяется выражением

$$\mathcal{E}_{н_с} = \mathcal{E}_{н_а} + \mathcal{E}_{н_в}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{н_а}$ – затраты энергии на перевозку груза, Дж; $\mathcal{E}_{н_в}$ – затраты энергии водителя на управление автомобилем, Дж.

Затраты энергии автомобилем на перевозку груза с учетом горных условий эксплуатации представим в виде

$$\mathcal{E}_{н_а} = (G_a \cdot \psi \cdot (1 - k_D) + m_a \cdot \delta_{ep} \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \cos \alpha) \cdot S, \quad (2)$$

где G_a – полный вес автомобиля, Н; $\psi = f_k \cos \alpha \pm \sin \alpha$ – коэффициент сопротивления дороги; f_k – коэффициент сопротивления качению колёс; k_D – обобщённый динамический коэффициент; m_a – полная масса автомобиля, кг; δ_{ep} – коэффициент учета вращающихся масс; dv/dt – ускорение автомобиля, м/с²; α – угол подъема дороги, град; S – проходимый путь, км.

Экспериментально определить коэффициент сопротивления качению можно, проведя записи замедлений a_1 и a_2 автомобиля с максимально допустимой нагрузкой m_1 и со снаряженной массой m_2 с заданной скорости до полной остановки:

$$f_k = \frac{m_1 \cdot a_1 - m_2 \cdot a_2}{g \cdot (m_1 - m_2)}. \quad (3)$$

По результатам расчетно-экспериментальных исследований коэффициент сопротивления качению для карьерной дороги с гравийным покрытием принимается равным $f_k = 0,022 - 0,027$.

Для оценки эффективности функционирования карьерной автомобильной дороги в горных условиях, обобщенный динамический коэффициент k_D определяется из выражения

$$k_D = 1 - k_{di}, \quad (4)$$

где $k_{di} = \Pi_{oi} / \Pi_{on}$ – динамический коэффициент для конкретного маршрута движения; Π_{oi} – обобщённый показатель качества i -го маршрута дороги; Π_{on} – нормативное значение обобщённого показателя качества дороги.

Обобщенный динамический коэффициент учитывает сложность условий эксплуатации и зависит от ширины и состояния обочин, интенсивности движения, обзорности, радиусов кривизны, продольных и поперечных уклонов, состояния и прочности дорожной одежды, профиля дорожного полотна, скоростного режима, частоты и характера манёвра, высоты н. у. м. (рис. 3).

По результатам экспериментально-теоретических исследований установлено, что для условий строительства Рогунской ГЭС значение обобщенного динамического коэффициента k_D варьирует (изменяется) в пределах 0,12 – 0,13.

Затраты энергии водителя при управлении автомобилем определяются из выражения

$$\mathcal{E}_{н_в} = F \cdot (r_{pk} \cdot \varphi_{pk} \cdot n_{np} + 2 \cdot S_{pxn} \cdot n_n), \quad (5)$$

где F – сила, приложенная к рулевому колесу, а также на педали тормоза и сцепления, Н; r_{pk} – радиус рулевого колеса, м; φ_{pk} – суммарное значение угла поворота рулевого колеса, рад; n_{np} , n_n – соответственно, число оборотов рулевого колеса, а также число

нажатий на педали тормоза и сцепления; $S_{pxn} = S_{pxm} = S_{pxm}$ – рабочий ход педали тормоза и сцепления, м.

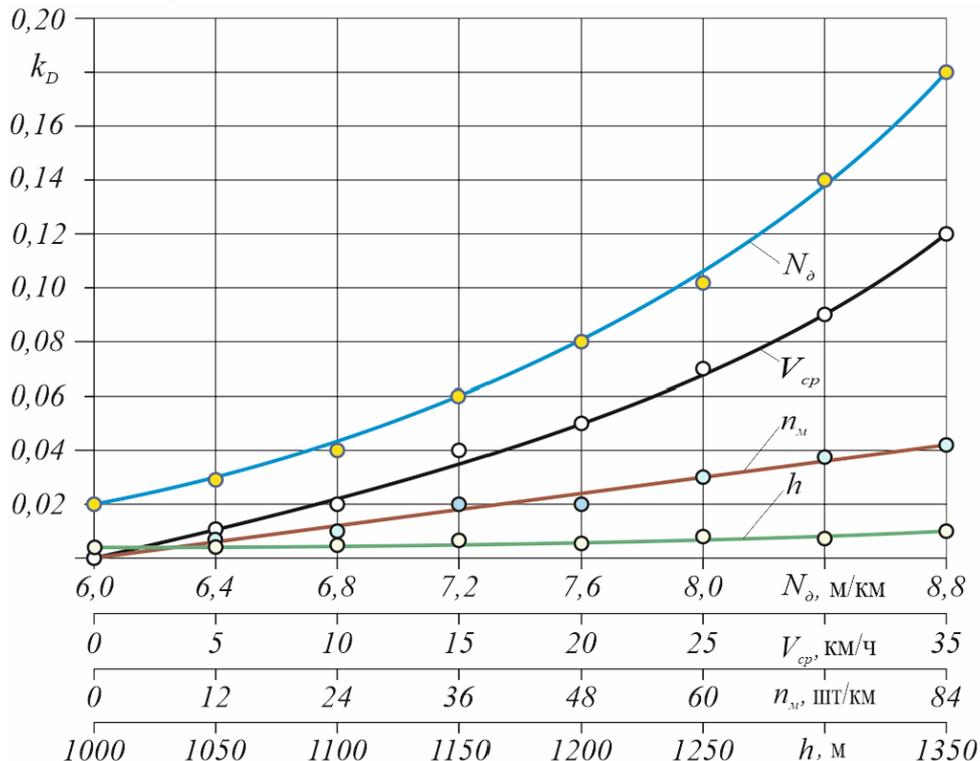


Рисунок 3 – Зависимость обобщенного динамического коэффициента k_D от условий эксплуатации: средней скорости движения автомобиля-самосвала за езду V_{cp} , неровности дорожного полотна N_d , числа маневров n_m и высоты над уровнем моря h

Из-за незначительности затрат энергии водителя на управление автомобилем (2,92%) в дальнейших расчетах ими пренебрегаем.

С учетом сказанного, общие энергетические затраты \mathcal{E}_{nc} (1) будут равны \mathcal{E}_{na} (2).

Известно, что эффективность системы ВАДС отождествляется с эффективностью преобразования тепловой энергии в механическую и определяется как отношение полезной энергии в системе ВАДС к общему количеству затраченной энергии

$$\mathcal{E} = \frac{A_{п}}{Q} \cdot 100\% = \frac{P_T \cdot S}{q_n \cdot H_u \cdot S} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где $A_{п}$ – количество полезной энергии в системе ВАДС, Дж; Q – количество полной (суммарной) энергии, затраченной на выполнении полезной работы, Дж; P_T – тяговое усилие автомобиля, Н; q_n – путевой расход топлива (номинальный), л/(100 км); H_u – низшая теплотворная способность топлива, Дж/кг.

Эффективность функционирования системы ВАДС может быть выражена энергия, затраченная на выполнение полезной работы, отнесённой на единицу пробега в общей величине выделенной энергоносителем энергии.

$$\mathcal{E}_{ВАДС} = \frac{\mathcal{E}_{nan}}{q_{nz} \cdot H_u} \cdot 100\% = \frac{\mathcal{E}_{nc} / S}{q_{nz} \cdot H_u} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где \mathcal{E}_{nan} – энергия, затраченная на выполнение полезной работы, отнесённой на единицу пробега автомобиля, Дж/км; q_{nz} – путевой расход топлива в горных условиях, л/(100км).

Путевой расход топлива определяется из выражения

$$g_n = \frac{g_e \cdot (m_a \cdot \psi + \frac{k \cdot F}{13} \cdot V^2)}{2700 \cdot \eta_{mp} \cdot \rho}, \quad (8)$$

где: g_e – удельный расход топлива, г/(кВт·ч); k – коэффициент сопротивления воздуха; F – лобовая площадь автомобиля, м²; V – скорость автомобиля, км/ч; η_{mp} – КПД трансмиссии; ρ – плотность топлива в реальных условиях, кг/м³.

В горных условиях с разреженным воздухом при малых скоростях движения сопротивлением воздуха можно пренебречь. Поэтому уравнение (8) запишется в виде

$$g_{nz} = \frac{g_e \cdot [m_a \cdot (f \cos \alpha \pm \sin \alpha)]}{2700 \cdot \eta_{mp} \cdot \rho}, \text{ л/100км.} \quad (9)$$

Результаты вычислений по приведенным уравнениям отражены на рисунке 4.

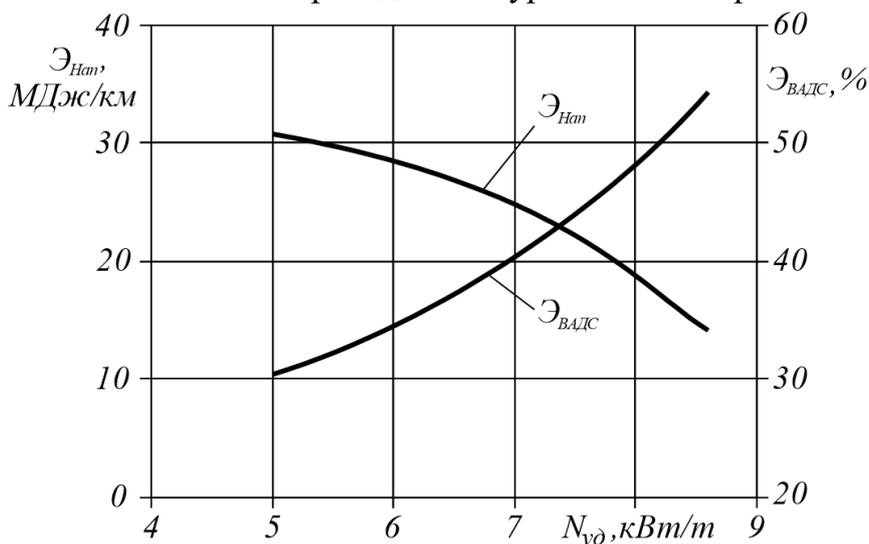


Рисунок 4 – Зависимость энергетических затрат $\mathcal{E}_{Нап}$ и эффективности системы ВАДС $\mathcal{E}_{ВАДС}$ от удельной мощности автомобиля $N_{уд}$

Из графика видно, что с ростом удельной мощности автомобиля энергозатраты системы ВАДС снижаются, а доля полезной работы в общей энергии, выделенной топливом при его сгорании в ДВС, увеличивается.

Результаты сравнения эффективностей функционирования системы ВАДС, определение по существующей и предлагаемой методикам показали, что относительная разница составляет 15 – 22 %.

Одним из ключевых параметров в концептуальной модели оценки функционирования системы ВАДС является коэффициент сопротивления качению колес. В связи с этим предлагается использовать методику определения фактического коэффициента сопротивления качению с учётом высоты участка над уровнем моря и конструктивных параметров пневматических шин, благодаря корректировке обобщённого динамического коэффициента.

Самоочищаемость пневматических шин. Пневматическая шина автомобилей-самосвалов на деформируемом основании представляет собой сложную механическую систему. Каркас современной пневматической шины представляет собой сочетание сравнительно жесткого корда и эластичной резиной, что в совокупности делает конструкцию шины упругим элементом, обеспечивающим большую эластичность во всех направлениях: радиальном, окружном (тангенциальном) и боковом.

Согласно работам Ю.Г. Горшкова и В.Ф. Бабкова сила, удерживающая грунт между выступами протектора,

$$P_y = S_0 \cdot \varepsilon + P_0 \cdot h(\varepsilon + q \cdot \zeta \cdot \operatorname{tg} \varphi), \quad (10)$$

где S_0 – площадь дна впадины; ε – сцепление грунта с резиной; P_0 – периметр впадины; h – высота впадины; q – максимальное удельное давление колеса на дно колеи; φ – угол внутреннего трения грунта; ζ – коэффициент бокового распора грунта.

Если сопротивление грунта на разрыв составляет $S_0 \cdot C$ (C – сцепление грунта), то условие, при котором грунт не будет прилипать к шине, должно быть следующим: $C < P_y$;

Для самоочищения шины необходимо, чтобы центробежная сила P_u была равна или превышала удерживающую силу P_y , то есть.

$$P_u = \frac{mv^2}{R} = \frac{h \cdot S_0 \cdot j \cdot v^2}{g \cdot R} \geq S_0 \cdot \varepsilon + P_0 \cdot h \cdot \varepsilon + g \cdot \zeta \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (11)$$

где m – масса грунта, попавшего во впадину между выступами протектора; j – удельный вес грунта; v – линейная скорость беговой дорожки шины, соответствующая скорости движения автомобиля; R – расстояние от центра колеса до центра впадины; g – ускорение свободного падения тел.

Следует отметить, что самоочищение шины будет происходить при условии, если глубина впадины рисунка протектора h

$$h \leq \frac{S_0 \cdot \varepsilon \cdot g}{S_0 \cdot j \cdot v^2 / g \cdot R - [P_0 \cdot \varepsilon + g \cdot \zeta \cdot \operatorname{tg} \varphi] \cdot g \cdot R}. \quad (12)$$

Из графика (рис. 5) видно, что с увеличением глубины впадины h рисунка протектора требуется большее значение центробежной силы P_u .

Самоочищаемость

пневматических шин автомобилей-самосвалов зависит от величин центробежной и удерживающей сил, состояния грунта, скорости движения колесной машины и параметров рисунка протектора.

Предложенный метод оценки самоочищаемости пневматических шин автомобилей-самосвалов может быть использован как на стадии создания новых конструкций колесных движителей, так и существующих для выявления их соответствия условиям

эксплуатации. Кроме того, для правильного выбора профиля шины для эксплуатации автомобилей на строительстве ГТС рассмотрена модель взаимодействия шины и грунта.

В соответствии с методикой взаимодействия шины с грунтом, представленной в работе, при движении карьерных автомобилей-самосвалов по щебёночному дорожному покрытию, сопротивление движению, в основном, определяется затратами, связанными с работой шин. При прямолинейном движении – это радиальные деформации шин, при криволинейном движении к радиальным

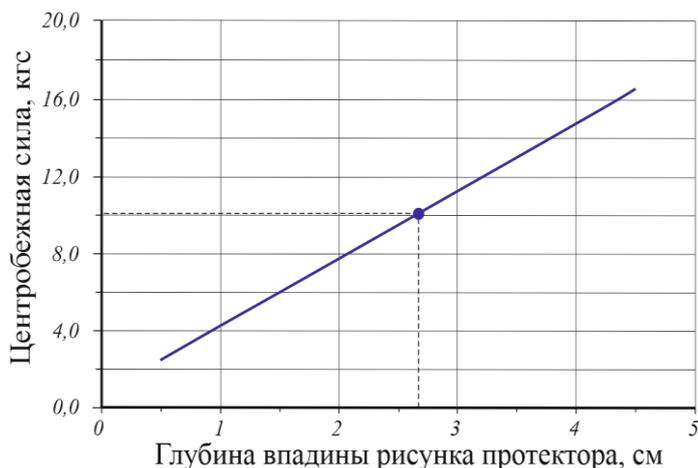


Рисунок 5 – Зависимость величины центробежной силы P_u от глубины впадины h для автомобиля БелАЗ-7540В

деформациям добавляются деформации в боковом направлении. Согласно методике Кнороза В.И. из условия минимизации коэффициента сопротивления качению f_k , было определено оптимальное значение $H/B = 0,8$ для шин грузовых автомобилей, эксплуатируемых в горных условиях строительства Рогунской ГЭС.

В третьей главе изложена методика экспериментальных исследований, в которую входят проведение лабораторных, лабораторно-дорожных и хронометражных испытаний карьерных автомобилей-самосвалов, эксплуатируемых в горных условиях в Республике Таджикистан.

В качестве объектов исследований были выбраны следующие большегрузные самосвалы: карьерный автомобиль-самосвал марки БелАЗ-7540В с гидромеханической трансмиссией (ГМТ); карьерный автомобиль-самосвал марки SHACMAN-SX3256DR384 с механической трансмиссией (МТ).

Условия проведения исследований. Автомобили эксплуатировались в тяжелых условиях, включающих горную местность, тоннели, карьерные условия. Засорение поверхности дорожного полотна дресвяными и щебенистыми обломками горных пород ещё более усугубляют и без того сложные и суровые условия передвижения автомобилей по горной карьерной дороге, в результате чего снижается эффективность функционирования системы ВАДС.

Характерной особенностью карьерных автомобильных дорог на строительстве Рогунской ГЭС является геометрический профиль дороги, который характеризуется наличием неровностей или отклонений фактической поверхности от проектной, вызывающий при проезде автомобиля колебания его колес и кузова. На карьерных автомобильных дорогах на строительстве Рогунской ГЭС в горных условиях встречаются продольные и поперечные виды неровностей.

Неровности поверхности карьерной дороги измерялись в условиях строительства Рогунской ГЭС при помощи универсальной дорожной рейки РДУ-КОНДОР (рис. 6) согласно требованиям существующих стандартов и других нормативно-технических документов.



Рисунок 6 – Измерение неровностей карьерной дороги при помощи универсальной дорожной рейки РДУ-КОНДОР

Все виды неровностей дороги так или иначе влияют на функционирование системы ВАДС. В тоже время, микронеровности характеризующая ровность дороги, оказывают существенное влияние на показатели эффективности функционирования системы ВАДС.

Замер расхода топлива автомобилями модели SHACMAN-SX3256DR384 осуществлялся на карьере №15 с длиной маршрута от места погрузки до места разгрузки породы 2850 м (при общей длине маршрута с учетом выезда и заезда на базу 6600 м) и карьерных самосвалов БелАЗ-7540В на карьере №26, длина которого составляла 5270 м (рис. 7).

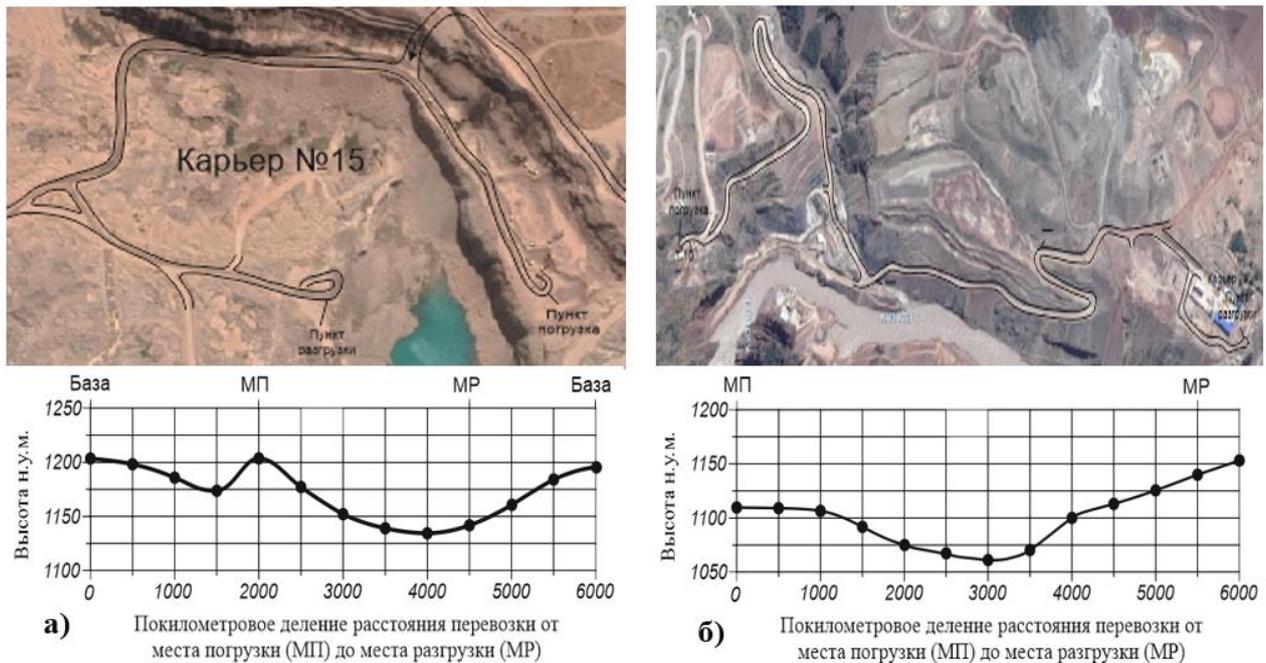


Рисунок 7 – Геометрия карьерной дороги в плане и в профиле:
 а) карьер №15; б) карьер №26

При выполнении замеров расхода топлива придерживались требований ГОСТ 20306-90 «Топливная экономичность автотранспортных средств».

В ходе экспериментальных исследований измерялись: масса автомобиля (полная и снаряженная); давление воздуха в шинах; высота рисунка протектора; температура окружающего воздуха; высота экспериментального участка над уровнем моря.

Для замера расхода топлива расходомер подключали к фильтру грубой очистки топлива рисунке 8.



Рисунок 8 – Подключение расходомера топлива DFM в топливную систему автомобиля

При проведении хронометража были учтены стесненные условия участков дорог, местами сочетающиеся с уклоном дорог до 6%.

Оборудование и измерительная аппаратура. При дорожных испытаниях автомобилей на топливную экономичность измерялся часовой расход топлива, а также контрольный расход топлива, пересчитанный на 100 км пути (путевой расход).

Значения часового расхода топлива измерялись при помощи счетчика расхода топлива DFM (рис. 9), который подключался к системе топливоподачи автомобиля между топливным насосом и фильтром тонкой очистки топлива. Сигнал от датчика DUT-E поступал на осциллограф без предварительного усиления.



Рисунок 9 – Расходомер топлива DFM: 1 – измерительная камера кольцевого типа; 2 – верхняя крышка с находящейся внутри микропроцессорной платой; 3 – кронштейн; 4 – интерфейсный кабель с разъемом подключения

При измерении крутящих моментов карданного вала, двигателя ЯМЗ-240М2-1 и на полуосях автомобилей БелАЗ-7540В и SHACMAN-SX3256DR384 погрешность составляет $\pm 2,3\%$, что не выходит за допускаемый предел суммарной погрешности при измерении энергетических параметров грузовых автомобилей по ГОСТ 6875-54.

Погрешность измерения расхода топлива складывается из ошибки измерения расхода топлива весовым способом (не более $\pm 0,52\%$) и ошибки расходомера DFM ($\pm 1,5\%$). Аналогично определились погрешности измерений других показателей.

Четвертая глава «Результаты экспериментальных исследований».

Экспериментальные испытания проводились для определения технико-экономических показателей большегрузных карьерных автомобилей-самосвалов марок БелАЗ-7540В с GMT, шины 18.00-25 и SHACMAN-SX3256DR384 с MT, шины 12.00R20, эксплуатируемых на строительстве Рогунской ГЭС в РТ.

Экспериментальные исследования проводились в три этапа: стендовые (лабораторные) испытания; лабораторно-дорожные сравнительные испытания; хронометражные наблюдения.

Значения путевого расхода топлива определялись экспериментальным путем, при этом оценивались коэффициенты сопротивления качению колес.

Относительная разница между коэффициентами сопротивления качения различных марок автомобильных шин (различного конструктивного исполнения и рисунка протектора шины), а также влияние коэффициента сопротивления качения на путевой расход топлива при эксплуатации в горных условиях приведены в таблице 1.

Из анализа данных для различных образцов шин, приведенных в табл. 1, следует, что при увеличении коэффициента сопротивления качению в среднем на 16 – 18% путевой расход топлива увеличивается в пределах 2,5 – 2,9%.

Таблица 1 – Влияние коэффициента сопротивления качению шин на путевой расход топлива при эксплуатации в горных условиях

Автомобиль	Параметры шины образца						$\frac{f_{k2} - f_{k1}}{f_{k1}} 100\%$	$\frac{Q_{n2} - Q_{n1}}{Q_{n1}} 100\%$
	№1			№2				
	Типоразмер и марка шины	f_{k1}	Q_{n1} , л/100 км	Типоразмер и марка шины	f_{k2}	Q_{n2} , л/100 км		
БелАЗ-7540В	18.00-25 BelSHINA	0,023	184,5	18.00-25 LingLong	0,027	189,2	17,4	2,5
SHACMAN-SX3256DR384	12.00R20 OmskSHINA	0,024	125,7	12.00R20 TAITONG	0,028	129,3	16,7	2,9

В работе приведена сравнительная оценка путевого расхода топлива для автомобилей с МТ и ГМТ, путевой расход топлива при этом определялся за одну езду. Для условий строительства Рогунской ГЭС график зависимости путевого расхода топлива для автомобилей-самосвалов SHACMAN-SX3256DR384, шины 12.00R20 и БелАЗ-7540В, шины 18.00-25 от условий эксплуатации за одну езду представлен на рисунке 10.

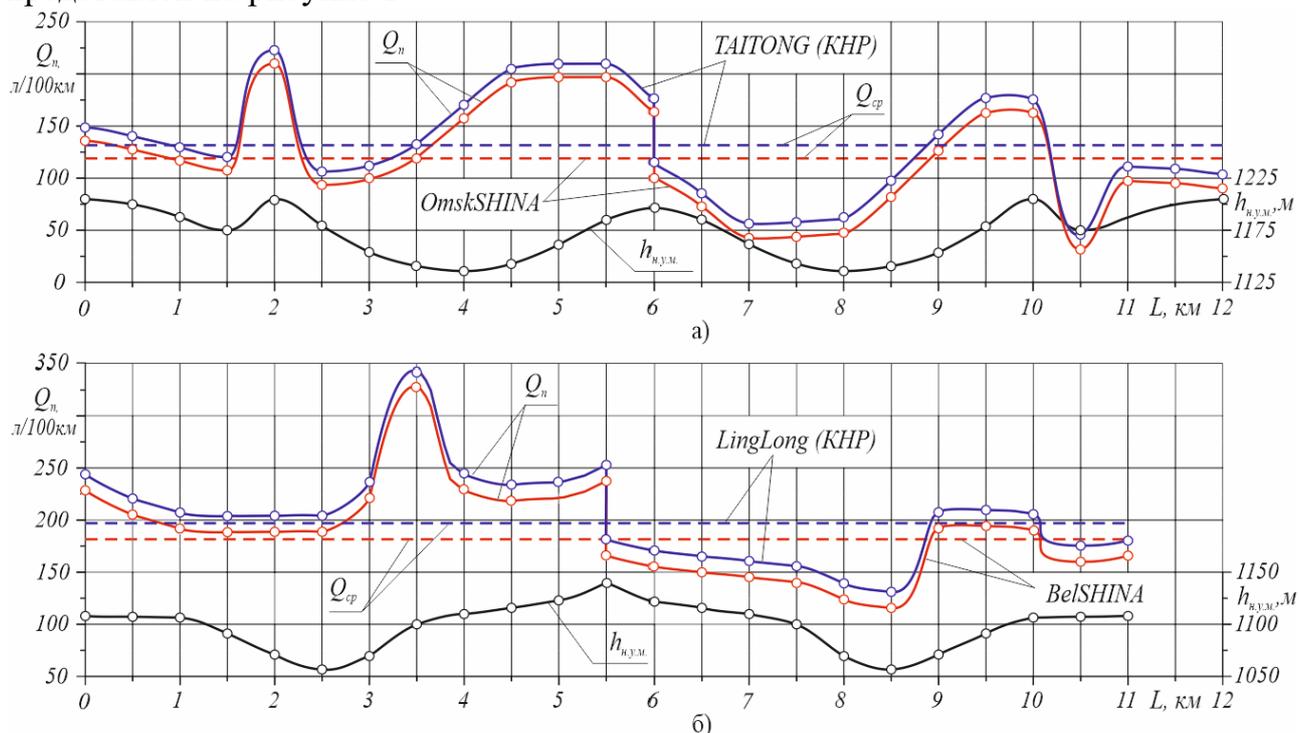


Рисунок 10 – Зависимость путевого расхода топлива для автомобилями-самосвалами SHACMAN-SX3256DR384 с шинами 12.00R20 (а) и БелАЗ-7540В с шинами 18.00-25 (б) на строительстве Рогунской ГЭС за одну езду: $h_{н.у.м.}$ – высота н. у. м.; Q_n – путевые расходы топлива по данным экспериментальных исследований; Q_{cp} – средние значения путевого расхода топлива.

Планирование и обработка эксперимента. В горных условиях функционирование системы ВАДС на строительстве Рогунской ГЭС в качестве планирования многофакторного эксперимента (МФЭ) для определения экстремальных значений, выбран путевой расход топлива. При этом значимыми факторами, обуславливающими расход топлива, являются: масса перевозимого груза M_{zp} (т), коэффициент сопротивления качению f_k и обобщённый динамический коэффициент k_D .

Целью МФЭ являлось получение математической модели путевого расхода топлива в зависимости от массы перевозимого груза, коэффициента сопротивления качению и обобщённого динамического коэффициента.

Во время эксперимента были приняты следующие диапазоны изменения перечисленных факторов: для автомобиля БелАЗ-7540В: $M_{zp,max}=24$, $M_{zp,min}=18$ т; $f_{k,max}=0,022$, $f_{k,min}=0,024$; $k_{D,max}=0,12$, $k_{D,min}=0,13$ и для автомобиля SHACMAN-SX3256DR384: $M_{zp,max}=18$, $M_{zp,min}=28$ т; $f_{k,max}=0,022$, $f_{k,min}=0,024$; $k_{D,max}=0,12$, $k_{D,min}=0,13$.

Исходный уровень факторов и интервалы их варьирования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходный уровень факторов и интервалы их варьирования

Уровень варьируемых Факторов	Обозначение кодовое	БелАЗ-7540В			SHACMAN-SX3256DR384		
		$M_{zp,Т}$	f_k	k_D	$M_{zp,Т}$	f_k	k_D
		X_1	X_2	X_3	X_1	X_2	X_3
Основной уровень	0	29	0,023	0,125	23	0,023	0,125
Интервал варьирования	Δx_i	5	0,001	0,005	5	0,001	0,005
Верхний уровень	+1	34	0,024	0,13	28	0,024	0,13
Нижний уровень	-1	24	0,022	0,12	18	0,022	0,12

На основании статистической обработки МФЭ и определения статистически значимых коэффициентов уравнения регрессии нелинейная математическая модель принимает вид

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_{23} X_2 X_3 \quad (13)$$

После проверки адекватности уравнения регрессии (13) предложена математическая модель (ММ) в натуральном масштабе, представляющая собой путевой расход топлива в виде:

– для автомобиля БелАЗ-7540В:

$$Q = 1036,9 + 0,4 \cdot M_{zp} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D. \quad (14)$$

– для автомобиля SHACMAN-SX3256DR384:

$$Q = 973,3 + 0,4 \cdot M_{zp} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D. \quad (15)$$

Полученная ММ (14), (15) включает в себя наиболее значимые параметры системы ВАДС для горных условий: масса перевозимого груза, коэффициент сопротивления качению колес и обобщённый динамический коэффициент. Таким образом, разработанная ММ даёт всесторонний учет значимых факторов при эксплуатации автомобилей-самосвалов в горных условиях РТ на строительстве Рогунской ГЭС.

Сравнительный анализ по определению топливно-экономических показателей автомобилей-самосвалов марок SHACMAN-SX3256DR384 с МТ и БелАЗ-7540В с

ГМТ проводился в трехкратной последовательности на каждом из маршрутов движения, средние значения результатов испытаний при движении автомобилей с грузом, а также результаты расчетов по ММ в натуральном масштабе, сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний на топливную экономичность автомобилей-самосвалов за одну езду в горных условиях

№ п/п	Марка автомобиля	Масса перевозимого груза, т	Норма путевого расхода топлива, л/(100 км)	Измеренный путь расход топлива, л/(100 км)	Расчетное значение путевого расхода топлива, л/(100 км)	Разница, л/(100 км)	Погрешность измерения, %
1	SHACMAN-SX3256DR384	26,4	81*	122,2	121,7	0,50	0,41
2	SHACMAN-SX3256DR384	25,2	81*	118,2	121,2	-3,00	2,54
3	SHACMAN-SX3256DR384	24,7	81*	120,8	120,7	0,10	0,08
Ср. значение		25,4	81	120,4	121,2	-0,80	0,66
4	БелАЗ-7540В	30,5	132,5	186,7	186,6	0,10	0,05
5	БелАЗ-7540В	30	132,5	186,4	186,4	0,00	0,00
6	БелАЗ-7540В	28,8	132,5	184,2	185,9	-1,70	0,92
Ср. значение		29,8	132,5	185,8	186,3	-0,53	0,29

* норма путевого расхода топлива определена расчётным путем.

Для проверки теоретических предпосылок, изложенных выше, были проведены экспериментальные исследования большегрузных автомобилей-самосвалов в условиях горных карьеров.

Сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований представлен в виде графиков (рис. 11).

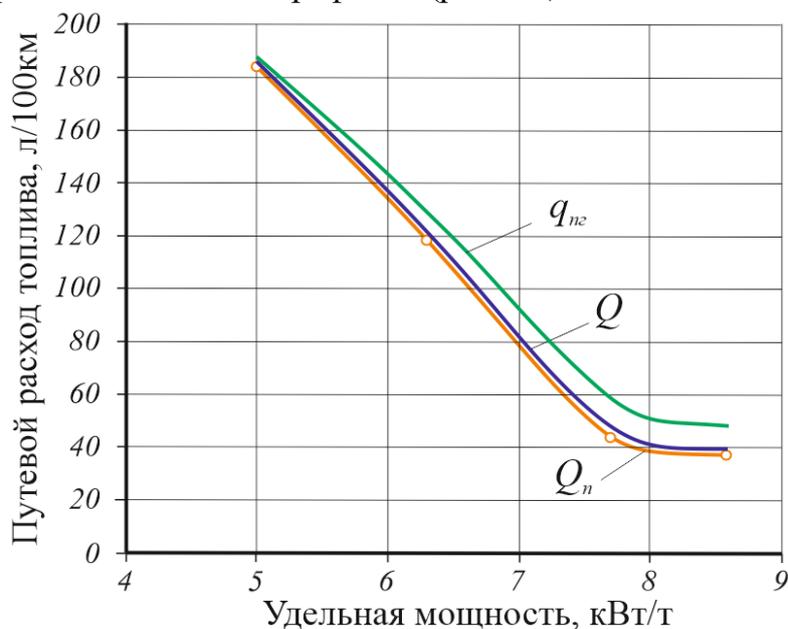


Рисунок 11 – Зависимость путевого расхода топлива от удельной мощности автомобиля в горных условиях: q_{nz} – расчетный расход топлива по традиционной методике; Q – расчетный расход топлива по предлагаемой ММ; Q_n – экспериментальный расход топлива.

Из графиков видно, что с повышением удельной мощности автомобиля путевой расход топлива снижается и стабилизируется, начиная с удельной мощности около 7,7 кВт/т, следовательно, в горных условиях на строительстве ГЭС является целесообразным использование автомобилей-самосвалов с большой удельной мощностью.

Практические рекомендации по результатам исследований:

– с целью повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях целесообразно выбирать автомобили-самосвалы с большой удельной мощностью (свыше 7 кВт/т) преимущественно с механической трансмиссией;

– в условиях строительства Рогунской ГЭС предлагается использовать шины с высотой рисунка протектора, определяемой по предлагаемой методике, исходя из типоразмера шины и условий эксплуатации (тип грунта, скоростной режим) для автомобилей-самосвалов: БелАЗ-7540В рекомендуется шина 18.00-25 с высотой рисунка протектора не более 2,7 см и SHACMAN-SX3256DR384 рекомендуется шина 12.00R20 с высотой рисунка не более 1,5 см;

– на основании математической модели взаимодействия шины с дорожным покрытием предлагается использовать соотношение её высоты и ширины, равным порядка 0,8;

– уточнены нормативы путевого расхода топлива автомобилей-самосвалов в горных условиях, подтверждаемые актами использования результатов работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований получены следующие основные результаты и выводы:

1. Выполнен анализ элементов системы ВАДС применительно к горным условиям функционирования автомобилей-самосвалов на строительстве гидротехнических сооружений, отмечены недостатки действующих систем в рассматриваемых условиях эксплуатации.

2. Разработана концептуальная модель функционирования системы ВАДС, базирующаяся на энергетических принципах оценки эффективности системы, включающая в себя предложенный обобщённый динамический коэффициент, характеризующий дорожные условия на строительстве Рогунской ГЭС.

3. Предложены методика оценки самоочищаемости шин и базирующиеся на ней рекомендации по выбору конструкции шин для автомобилей-самосвалов, эксплуатируемых в горных условиях на строительстве гидротехнических сооружений.

4. Установлено, что для снижения энергетических затрат на перекачивание колес в условиях строительства Рогунской ГЭС при имеющихся ограничениях, накладываемых на конструкцию движителя, отношение высоты рисунка протектора шины к его ширине должно быть равным 0,7...0,8.

5. Результаты проведённых экспериментальных исследований по определению технико-экономических показателей автомобилей с механической и гидромеханической трансмиссиями, эксплуатируемых в горных условиях, свидетельствуют о более высоких энергетических затратах автомобилей с

гидромеханической трансмиссией (на 8...10%), в связи с чем сформулированы рекомендации по использованию типов трансмиссий на эксплуатируемых автомобилях-самосвалах.

6. В результате проведенных экспериментальных исследований, установлено, что с увеличением удельной мощности автомобиля снижаются путевой расход топлива и приведенные затраты на транспортную работу автомобиля на 24%, в связи с этим целесообразно в горных условиях на строительстве гидротехнических сооружений использовать большегрузные автомобили-самосвалы.

7. Проведены экспериментальные исследования по влиянию коэффициента сопротивления качению колес, массы перевозимого груза и обобщенного динамического коэффициента на путевой расход топлива. На базе этого разработана математическая модель в натуральном масштабе для прогнозирования путевого расхода топлива автомобилями-самосвалами в горных условиях. Относительные расхождения между теоретическими и экспериментальными значениями не превышают 3%.

8. Основные результаты диссертационных исследований внедрены в технологический процесс эксплуатации автомобилей-самосвалов для выполнения транспортной работы при строительстве гидротехнических сооружений в Республике Таджикистан и подтверждены актами внедрения, в частности, предложены рекомендации по корректированию нормативов расхода топлива для автомобилей-самосвалов, эксплуатирующийся при строительстве Рогунской ГЭС.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Перечень публикаций в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Умирзоков, А.М. Концептуальная модель оценки эффективности системы "водитель-автомобиль-дорога-среда" / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, А.А. Саибов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2019. – Т. 19. – №1. – С. 37–46. – DOI: 10.14529/engin190104.

2. Сайдуллозода, С.С. Оценка надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС) в горных условиях / С.С. Сайдуллозода, К.Т. Мамбеталин, А.М. Умирзоков, У.М. Маллабоев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2020. – Т. 20. – №1. – С. 38–46. – DOI: 10.14529/engin200105.

3. Умирзоков, А.М. Моделирование расхода топлива большегрузными автомобилями в горных условиях эксплуатации / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, Ш.К. Самиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020. – №2 (129). – С. 140–149. – DOI: 10.46960/1816-210X_2020_2_140.

4. Сайдуллозода, С.С. Конструкция и расчет сцепления автомобиля / С.С. Сайдуллозода, К.Т. Мамбеталин, А.М. Умирзоков, Б.К. Мирон // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2020. – №2 (61). – С. 10–16.

5. Умирзоков, А.М. К оценке эффективности управления большегрузными автомобилями-самосвалами в горных условиях / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, У.М. Маллабоев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020. – №3 (130). – С. 141–148. – DOI: 10.46960/1816-210X_2020_3_141.

6. Умирзоков, А.М. Оценка эффективности эксплуатации автомобильной дороги в горных карьерах / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, **С.С. Сайдуллозода**, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – №1 (132). – С. 98–105. DOI: 10.46960/1816-210X_2021_1_98.

7. Умирзоков, А.М. Оценка сети автомобильных дорог Республики Таджикистан / А.М. Умирзоков, Н.Т. Гоибов, **С.С. Сайдуллозода**, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – №3 (134). – С. 117–124. – DOI: 10.46960/1816-210X_2021_3_117.

8. Умирзоков, А.М. Оценка формирования ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях при строительстве Рогунской гидроэлектростанции / А.М. Умирзоков, Ф.И. Джобиров, **С.С. Сайдуллозода**, А.Л. Бердиев // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. – 2021. – №4. – С. 396–403 – DOI: 10.22281/2413-9920-2021-07-04-396-403.

9. **Сайдуллозода, С.С.** Оценка эффективности функционирования системы водитель-автомобиль-дорога-среда по энергетическим показателям / С.С. Сайдуллозода, К.В. Гаврилов, А.М. Умирзоков, А.Г. Уланов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2021. – Т. 21. – №4. – С. 61–70. – DOI: 10.14529/engin210406.

В изданиях, включенных в базу данных Scopus и Web of Science

10. Umirzokov, A.M. Classification of factors influencing the reliability of the driver-vehicle-road-environment (DVRE) system in the conditions of mountain quarries / A.M. Umirzokov, U.M. Mallaboev, **S.S. Saidullozoda**, K.K. Khabibullozoda // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 28–29 november 2019. – St. Petersburg, 2020. – P. 012036. – DOI: 10.1088/1757-899X/817/1/012036.

11. Umirzokov, A.M. On Issue of Evaluating the Effectiveness of the Driver-Car-Road-Environment (DCRE) System / A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, **S.S. Saidullozoda** // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2021. – P. 30–38. – DOI: 10.1007/978-3-030-54817-9_4.

12. Umirzokov, A.M. Road Fuel Consumption by Dump Truck in Mountain Conditions / A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, **S.S. Saidullozoda** // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2021. – P. 267–277. – DOI: 10.1007/978-3-030-54817-9_31.

13. Umirzokov, A.M. A methodology for evaluating the efficiency of driving a truck / A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, **S.S. Saidullozoda**, A.L. Berdiev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 12–13 ноября 2020 года. – St. Petersburg, 2021. – P. 012005. – DOI 10.1088/1757-899X/1086/1/012005.

В других изданиях

14. Умирзоков, А.М. Структура среды эксплуатации системы ВАДС / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, А.А. Гафуров, **С.С. Сайдуллозода**, А.А. Соибов, А.Х. Абаев, Ф.А. Гафуров // Вестник Технологического университета Таджикистана. Серия: Технология и химия. – 2018. – №3 (34). – С. 47–53.

15. **Сайдуллозода, С.С.** Особенности работы системы "водитель-автомобиль-дорога-среда" в Республике Таджикистан / С.С. Сайдуллозода, К.Т. Мамбеталин, Ж.Т. Пиров // Научный поиск: материалы десятой научной конференции аспирантов и докторантов, Челябинск, 06–07 февраля 2018 года / Министерство образования и науки Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – С. 65–71.

16. Умирзоков, А.М. Факторы, влияющие на расход запасных частей в условиях высокогорья / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, **С.С. Сайдуллозода**, А.А. Соибов, А.Х. Абаев, А.Л. Бердиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – №1 (45). – С. 167–171.

17. Умирзоков, А.М. Классификация системы ВАДС / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, **С.С. Сайдуллозода**, А.А. Соибов, А.Х. Абаев, А.Л. Бердиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – №1 (45). – С. 171–176.

18. **Сайдуллозода, С.С.** Функционирование системы водитель-автомобиль-дорога-среда в горных условиях Таджикистана / С.С. Сайдуллозода // Научный поиск: Материалы одиннадцатой научной конференции аспирантов и докторантов, Челябинск, 11–16 марта 2019 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – С. 24–33.

19. Хусейнов, Х.Б. Влияние автотранспорта на экологическую обстановку города Душанбе / Х.Б. Хусейнов, Н.М. Каримов, **С.С. Сайдуллозода** // Материалы Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и учёных «Мухандис-2019» Часть 3. ТТУ, Душанбе, 14-16 март 2019. – С. 257–259.

20. Умирзоков, А.М. Анализ влияния рельефа местности на функционирование системы водитель-автомобиль-дорога-среда / А.М. Умирзоков, Н.Р. Гоибов, Дж.Х. Аминов, Т.И. Ахунов, А.Л. Бердиев, **С.С. Сайдуллозода** // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 2(54). – С. 69–74.

Патенты на полезную модель

21. Патент на полезную модель № 198627 U1 РФ, МПК F16D 13/54, F16D 1/108. Штифтовая муфта сцепления: № 2020109848: заявл. 05.03.2020: опубл. 21.07.2020 / К.Т. Мамбеталин, **С.С. Сайдуллозода**, А.М. Умирзоков; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (НИУ)" ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)".

Сайдуллозода Сайвали Сайдулло

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ АВТОМОБИЛЕЙ-САМОСВАЛОВ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Специальность 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 23.03.2022. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 90 экз. Заказ 40/90

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76