

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН**

**ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА М.С. ОСИМИ**

УДК: 656.1:65.012.12:629.113:629.114:625.7.812

На правах рукописи



УМИРЗОКОВ Ахмад Маллабоевич

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ И ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ВОДИТЕЛЬ–АВТОМОБИЛЬ–ДОРОГА–СРЕДА В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.6. Эксплуатация автомобильного транспорта

Научный консультант: доктор технических наук,

профессор

Саидзода Рахим Хамро

Душанбе 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
1.1 Классификация системы ВАДС	22
1.2 Расход запасных частей в горных условиях	27
1.3 Анализ влияние рельефа местности на эффективность функционирования системы ВАДС	31
1.4 Оценка сети автомобильных дорог Республики Таджикистан	37
1.5 Оценка эффективности эксплуатации автомобилей в горных условиях ..	44
1.6 Структура среды эксплуатации системы ВАДС	51
1.7 Эффективность функционирования системы ВАДС.....	54
1.8 Постановка вопроса и задачи исследования	59
Выводы по главе 1.....	65
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС	66
2.1 Оценка надежности системы ВАДС в горных условиях	66
2.2 Моделирование эффективности управления автомобилем	72
2.3 Концептуальная модель оценки эффективности системы ВАДС	78
2.4 Моделирование расхода топлива в процессе грузоперевозок в горных условиях эксплуатации	82
2.5 Оценка эффективности горной дороги	91
2.6 Обобщенный динамический коэффициент	98
2.7 Оценка эффективности функционирования автомобиля в горных условиях эксплуатации	100
2.8 Комплексная оценка энергетической эффективности функционирования системы ВАДС	107
2.9 Энтропия системы ВАДС	116
2.10 Энтропийная модель оценки функционирования системы ВАДС	

на основе статистики Цаллиса	120
2.11 Двухточечная энтропийная модель оценки функционирования системы ВАДС при одноцелевых поездках однородной группы автомобилей	130
2.12 Энтропийная транспортная модель, основанная на максимизации деформированной энтропии Цаллиса	133
2. 13 Качество функционирования системы ВАДС	140
2.14 Оценка качества функционирования системы ВАДС	150
2.15 Методика количественной оценки качества ремонтируемых многомерных технических систем	157
Выводы по главе 2	163
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС	165
3.1 Общие положения методики исследования	165
3.2 Теоретико-методические подходы и методика оценки качества функционирования системы ВАДС и повышения ее эффективности в горных условиях	168
3.3 Алгоритм оценки и повышения эффективности системы ВАДС	171
3.4 Информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля	175
3.5 Методика обработки результатов экспериментального исследования	185
3.6 Планирование эксперимента и обработка полученных результатов	191
Выводы по главе 3	200
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС	201
4.1 Результаты исследований основных технико-эксплуатационных показателей системы ВАДС и ее компонентов	201
4.2 Повышение эффективности системы ВАДС путем снижения ее сложности	213
4.3 Повышение эффективности системы ВАДС путем изменения ее компонентного состава	218

4.4 Управление энергетической эффективностью функционирования системы ВАДС	224
4.5 Экономическая эффективность функционирования системы ВАДС	232
Выводы по главе 4	241
ГЛАВА 5. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС	243
5.1 Общие положения инновационной стратегии в сфере автомобильного транспорта в Республике Таджикистан	243
5.2 Концептуальный инновационный системно - энергетический подход повышения эффективности системы ВАДС	247
5.3 Научно-методический инновационный подход оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС	251
Выводы по главе 5	257
ВЫВОДЫ.....	258
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	261
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	264
ПРИЛОЖЕНИЯ	310

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В Республике Таджикистан, как и в любой стране мирового сообщества, для развития экономических связей внутри государства, а также между отдельными государствами, огромное значение приобретает транспортная система. Что касается нашей страны, то в нем среди прочих видов транспорта доминирующую позицию занимает автомобильный транспорт и это обстоятельство связано географическим расположением, предполагающим отсутствие водного транспорта, ограниченностью использования железнодорожного и воздушного сообщений. Следовательно, эффективность транспортной системы республики тесно связано с эффективностью автомобильного транспорта, а последнее обусловлено эффективностью системы Водитель – автомобиль – дорога –среда (ВАДС). Одновременно, с ростом роли автомобильного транспорта в горных и высокогорных условиях, уровень ее эффективности остается на низком уровне. Повышение же уровня эффективности автомобильного транспорта связано с решением ряда проблем, связанных, в первую очередь, с оценкой эффективности системы ВАДС, управлением ее эффективностью, изысканием и разработкой конструкторско-технологических, организационно-правовых и др. мероприятий в этой области.

Горная среда в Республике Таджикистан накладывает ряд особенных ограничений, усложняющих условия функционирования системы ВАДС и повышения эффективности грузоперевозок.

Развитие экономических связей внутри любой страны и между странами усиливает роль транспорта, задачей которого является обеспечение бесперебойной и надежной доставки грузов и пассажиров с минимальными транспортными издержками. Такие требования могут быть выполнены в полной мере только при условии совершенствования транспортных технологий и применения новых подходов при организации транспортного процесса. В этой связи важнейшим направлением функционирования транспортной отрасли является тесная координация и взаимодействие разных видов транспорта при

реализации смешанных перевозок. Наряду с этим необходимо анализировать возникающие и «переходящие» проблемы на транспорте с целью установления путей для изменения ситуации к лучшему.

Таковыми проблемами на транспорте Республики Таджикистан являются: снижение эффективности работы на всех видах транспорта из-за значительного роста себестоимости перевозок; высокий уровень износа основных фондов на большинстве видов транспорта; недостаточное развитие железнодорожных и автомобильных дорог; безопасность движения на транспорте и др. Изучение и анализ современных направлений развития транспортных технологий и возникающих при этом проблем – один из важнейших путей совершенствования транспортного процесса и повышения эффективности всего транспортного сектора.

По данным ЮНЕПКОМ (UNEP/COM) [263], горные районы занимают около 26% поверхности суши на земле. В них проживают около 12% населения планеты. Примерно 10% территории планеты занимают высокогорье, где проживают менее 1% населения. В горах и высокогорьях берут начало все основные реки планеты – главные источники питьевой воды.

Они являются кладовой многих полезных ископаемых, ареалом своеобразных пластов культур, видов и хранилищем редких и исчезающих животного и растительного мира. В горных и высокогорных условиях значительный объем грузооборота приходится на долю автомобильного транспорта, эксплуатируемого в суровой дорожно – климатической среде. Наиболее сложные и суровые условия эксплуатации автомобилей или функционирования системы ВАДС без прикрас можно наблюдать в Республике Таджикистан.

Республика Таджикистан горная и высокогорная страна. Горная потому, что 93% территории страны занимают горы, расположенные на высотах выше 500 м над уровнем моря (н.у.м.). При этом, чуть более половины территории Республики занимают высокогорные регионы, расположенные на высотах выше 2000 м н.у.м. Таджикистан – страна относительно небольшая по территории,

отличается чрезмерной разнообразностью условий эксплуатации, показатели которого варьируют в очень широких пределах: территория республики расположена на высотах от 300 до 7495 м н.у.м. (пик И. Сомони), а автомобильные дороги расположены на высотах от 300 до 4655 м н.у.м. (перевал Акбайтал); температура воздуха летом в южных регионах достигает до 45°C, а зимой в высокогорных регионах доходит до – 60°C и ниже (абсолютный минимум температуры воздуха, равный – 63°C зарегистрирован на берегу озера Булункуль); имеются все категории автомобильных дорог с качеством дорожного покрытия от отличного до очень плохого, с очень высокой удельной плотностью горных перевалов, отнесенных на км пути; высокая запыленность воздуха и солнечная радиация, ограниченная видимость дороги и т.п.

Эти и другие показатели, обуславливающие суровость условий гор, способствуют существенному снижению эффективности функционирования системы ВАДС. С учетом того, что в Республике около 95% грузооборота приходится на долю автомобильного транспорта, эксплуатируемого в суровых горных и высокогорных условиях, то проблемы, связанные с оценкой и повышением эффективности функционирования системы ВАДС в названных условиях, являются актуальными.

По настоящее время система ВАДС применялась для оценки и повышения безопасности дорожного движения. Предполагается, что систему ВАДС можно также применять для оценки и повышения эффективности транспортного процесса.

Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных и высокогорных условиях с учетом свойства синергизма системы и формирования комплексной ее эффективности тесно связано обоснованием эффективности автотранспортных процессов.

Система ВАДС представляет собой один из важных народнохозяйственных секторов экономики страны, обеспечивающих удовлетворение потребностей общества в автомобильных перевозках. При этом функционирование системы ВАДС обусловлено значительными затратами:

энергетических, материальных, трудовых, финансовых и природных ресурсов, оказывая существенное влияние на состояние окружающей среды. Названные затраты значительно растут в горных и высокогорных условиях функционирования системы ВАДС. Следовательно, проблема оценки и повышения эффективности автотранспортного процесса целесообразно рассматривать через призму ВАДС. Такой подход предполагает, что снижение качества или надежности одного из элементов системы (с учетом присущих им особенностей) является предпосылкой снижения эффективности функционирования системы ВАДС в целом.

В связи с вышесказанным, важное теоретическое и практическое значение приобретает вопрос создания теоретических основ для комплексной оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях. Этим обусловлено повышение достоверности принимаемых решений при оценке и прогнозировании эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Степень изученности научной темы. Проблемам оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях посвящено большое количество научных исследований, в которых исследованы научные и методические вопросы эффективности автотранспортных процессов.

Основы теории системы ВАДС были заложены в 60-ых годах прошлого века засомониежными и советскими учеными в области автомобильного транспорта. Теория системы ВАДС разрабатывалась как развитие и расширение классической теории автомобиля одновременно несколькими советскими научными школами, которые были сформированы в НАМИ (под руководством д.т.н. проф. Л.Л. Гинцбурга) и в МАДИ (под руководством д.т.н. проф. А.А. Хачатурова). Кроме того, вопросами разработки теории функционирования системы ВАДС занимались ученые из МАМИ, МАДИ и т.д.

Весомый вклад в становлении науки об эффективности системы ВАДС и ее элементов внесли такие ученые как Абаев А.Х., Абдулло М.А., Аверьянов Ю.Н., Аригин И.Н., Бабарыкин В.А., Бабков В.Ф., Васильев Н.М., Вахламов

В.К., Великанов Д.П., Воркут Л.И., Гаврилов К.В., Говорущенко Н.Я., Гришкевич А.И., Губинский А.И., Еремин В.М., Захаров Н.С., Зырьянов В.В., Иванов В.Н., Кадыров С.М., Краимов Б.Б., Кантарович Л.В., Крамаренко Г.В., Кузнецов Е.С., Малыгин И.Г., Никоноров В.М., Резник Л.Г., Саибов А.А., Саидзода Р.Х., Саидов Ш.В., Таранцев А.А., Турсунов А.А., Уланов А.В., Чудаков Е.А., Шейнин А.М., и др. Вопросы комплексной оценки эффективности функционирования системы ВАДС освещены в работах Девятова М.М., Скрышников А.В., Скворцовой Т.В., Лазарева С.И. Козлова В.Г. и др.

Особенностям эксплуатации автомобилей в горных условиях подробно исследованы в работах Авдонькина Ф.Н., Давлатшоева Р.А., Двали Р.Е., Левиашвили Г.Р., Махалдиани В.В., Парцхаладзе Р.М., Саибова А.А., Саттивалдиева Б.С., Топалиди В.А., Турсунова А.А. Эмана О.Я. и др.

Различные аспекты проблемы, связанные с повышением эффективности отдельных элементов системы ВАДС в конкретных эксплуатационных условиях были освещены 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.

Вопросы надежности водителя и эффективности ее профессиональной деятельности достаточно полно исследованы в работах ученых: Афанасьева М. Б., Вайсмана А.И., Долгова К.О., Дятлова, М. Н., Иванова В.Н., Игнатова Н.А., Кирьяновой О.Е., Клинковштейна Г.И., Комарова Ю. Я., Купермана А. И., Мамадова М.И., Мамбеталина К.Т., Мишурина В.М, Мурахина Н.А., Петрушина А. Г., Романова А.Н., Тодорева А.Н. и др.

От надежности и эксплуатационной эффективности автомобиля в значительной степени зависит эффективность функционирования системы ВАДС в целом. Этими вопросами вплотную занимались несколько поколений ведущих ученых-автомобилистов в мире. Значительный вклад внесли в науку о надежности машин в целом, и надежности автомобилей в частности, основоположники гидродинамической теории трения и смазки академик С.А. Чаплыгин, профессора Н.П. Петров, Н.Е. Жуковский,

Н.Н. Мерцалов, труды которых стали основой для разработки процессов по снижению изнашивания и увеличению долговечности машин.

Большой вклад в науку о трении и изнашивании внесли профессора В.Д. Кузнецов, Б.И. Костецкий, Н.В. Крагельский, М.М. Хрущов, Д.Н. Гаркунов, М.М. Тененбаум и др. результаты исследований которых составляют основу классической теории трения и изнашивания.

Вопросы надежности, эксплуатации и ремонта машин освещены в трудах профессоров и ученых: Авдонькина В.Н., Алышева И.И., Базарова Б.И., Болтинского Н.А., Бухарина Н.А., Горюнова С.В., Дехтеринского Л.В., Ефремова В.В., Ждановского Н.С., Казарцева И.С., Караева Г.О., Кошкина К.Т., Кряжкова В.М., Кугеля Н.Н. Левитского В.А., Маслова Р.В., Маткеримова Т.Ы., Назарова В.А., Нусупова Э.С., Нышанбаева А.Б., Ратмана А.С., Решетова Д.Н., Саидова Ш.В., Трейера Ф.Н., Филипповой Н.А., Чудакова Е.А., Шадричева В.И., Эфроса В.В. и др.

Вопросам надежности автомобильной дороги и ее влияния на эффективность транспортных процессов посвящены труды: Андрианова Ю.В., Бабкова В.Ф., Бакуревича Ю.Л., Бируля А.К., Горшков Ю.Г., Ермилова Ф.И., Каримова Б.Б., Лавриненко П.Н., Лазебникова М.Г., Левитина К.М., Лель Ю.И., Ленашвили Г.Р., Посполит А.В., Саидкасымова С.С., Сапарова М.Н., Страмилова М.Р., Таштабанова Р.А., Трояновской И.П., Шейнина А.М. и др.

Ключевым компонентом, усложняющим систему ВАДС, функционирующей в горных условиях, можно считать суровую окружающую среду, исследованием влияния которой на эффективность транспортного процесса вплотную занимались и внесли посильную лепту такие ученые как: Абдулло М.А., Графкина В.А., Давлатшоев Р.А., Захаров Н.С., Еремин В.М., Козлов А.В., Кох П.И., Лобанов Е.М., Сайбов А.А., Рахимов Я.А., Резник Л.Г., Ротенберг Р.В., Скворцова Т.В., Скрипников А.В., Слободчиков Ю.Б., Турсунов А.А. и др.

Анализ литературных источников показывает, что вопросы научно-методических основ оценки и изыскания путей повышения эффективности

функционирования системы ВАДС в горных условиях остаются малоизученными. Этим обусловлена необходимость дальнейшего совершенствования методов комплексной оценки влияния различных сочетаний элементов системы ВАДС на эффективность ее функционирования в горных условиях. При этом наиболее актуальными являются вопросы, связанные с разработкой концептуальной модели оценки эффективности системы ВАДС, моделированием влияний отдельных элементов системы ВАДС на эффективность ее функционирования, а также предложенные методики комплексной оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях. Не менее актуальными являются обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований и разработанные на ее основе практические рекомендации по повышению эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Теоретические основы оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях позволяет более полное использование энергетических и трудовых ресурсов, вложенных в транспортные процессы, а также разработать научно-обоснованные нормативы энергозатрат для различных режимов функционирования системы с учетом конкретной ее структуры в определенных условиях внешней среды.

Повышение эффективности функционирования системы водитель–автомобиль–дорога–среда в горных условиях связано с наивыгоднейшим соотношением энергетических, трудовых и материальных затрат к объему выполненной работы. Это достигается при устойчивой поддержке теоретически обоснованного рационального сочетания взаимодействий между элементами системы ВАДС. Оно же может быть достигнуто упрощением сложной системы путем исключения или замены отдельных элементов системы с переходом на беспилотное управление электромобиля.

Научные и методические основы оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях продолжают разрабатываться, в тоже время, большая часть её проблем остается

дискуссионной. Так, различным образом определяется сущность эффективности функционирования системы ВАДС, предлагаются различные подходы для её оценки. Наличие различных точек зрения по столь важному вопросу обуславливает необходимость и актуальность исследования и решения вопросов, связанных с оценкой эффективности функционирования системы ВАДС и резервов ее роста в сфере автотранспортных услуг.

Из проведенного обзора исследований следует, что вопросы комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС и изыскание ее резервов для решения вопросов повышения эффективности транспортного процесса в горных условиях остаются дискуссионными.

Связь исследования с программами (проектами) и научной тематикой. Диссертационная работа выполнена в рамках Национальной стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года, а также Закона Республики Таджикистан «О Государственных прогнозах, концепциях, стратегиях и программах социально-экономического развития Республики Таджикистан», в которых придается особое значение устойчивому развитию транспортной отрасли и повышению эффективности автомобильного транспорта.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования заключается в разработке научно-методических основ оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Задачи исследования. В соответствии с выполненным анализом состояния проблемы и сформулированной целью предусматривается решение следующих задач:

- разработать классификационную схему свойств системы ВАДС при ее функционировании в горных условиях на основе анализа состояния проблемы, связанной с решением вопросов эффективности транспортного процесса;
- обосновать эффективность функционирования отдельных компонентов

и степень их совокупного влияния на формирование эффективности системы ВАДС в условиях гор;

- формировать концепции и разработать концептуальные модели для оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;
- уточнить методику и математические зависимости для оценки эффективности функционирования автомобиля в горных условиях эксплуатации;
- разработать методику и аналитические предпосылки для комплексной оценки энергоэффективности системы ВАДС;
- на основе статистики Цаллиса разработать энтропийную модель для оценки эффективности функционирования системы ВАДС;
- обосновать методику количественной оценки качества ремонтируемых и неремонтируемых технических систем;
- разработать инновационный системно - энергетический оптимизационный (ИСЭО) подход для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;
- обобщить результаты теоретических и экспериментальных исследований;
- обосновать экономическую эффективность результатов исследований.

Объектом исследования являются процессы, связанные с функционированием системы ВАДС при решении вопросов эффективности транспортного процесса в горных условиях.

Предметом исследования являются закономерности комплексного влияния различных сочетаний элементов системы ВАДС на эффективность ее функционирования в горных условиях.

Теоретической основой исследования послужили работы отечественных и зарубежных ученых по проблемам оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в конкретных условиях, включая теоретические аспекты оценки и повышения надежности отдельных элементов системы, методы системного и программно-целевого подходов,

математического и энтропийного моделирования, математической статистики и вероятностных методов. В качестве информационной основы исследования послужили статистические данные обследования грузовых автомобильных перевозок в горных условиях.

Научная новизна состоит из следующих научных концепций, теоретических предпосылок, методов и методологических подходов, математических моделей и аналитических зависимостей:

- теоретические и методологические подходы к классификации системы ВАДС и аналитические зависимости для оценки влияния отдельных подсистем системы ВАДС на ее эффективность с учетом особенностей функционирования системы в горных условиях;

- концепция энергетической оценки эффективности системы ВАДС и математическая модель для ее реализации;

- применение уточненной формулы В.Н. Болтинского для оценки эффективности системы ВАДС, содержащей коэффициент, учитывающий снижение мощности от высоты н.у.м.

- теоретические предпосылки и методология для комплексной оценки энергоэффективности системы ВАДС с учетом особенностей ее функционирования в горных условиях;

- энтропийная модель оценки функционирования системы ВАДС на основе статистики Цаллиса;

- теоретико-прикладные методы (методика и теоретические предпосылки) и разработанные на их основе математические модели для количественной оценки качества технических систем;

- концепция инновационного системно - энергетического оптимизационного (ИСЭО) подхода оценка эффективности функционирования системы ВАДС

- обобщенные результаты теоретических и экспериментальных исследований на основе сравнения оценочных показателей эффективностей систем ВАДС и беспилотный автомобиль-дорога -среда (БАДС) в горных

условиях.

Совокупность полученных научных результатов подтверждает весомый вклад в развитие теоретических основ оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Положения, выносимые на защиту:

1. Классификация системы ВАДС, с целью получения достоверных знаний о структуре системы, об отношениях и связях между ее подсистемами, которая является необходимой предпосылкой для оценки и повышения ее эффективности.

2. Концептуальная модель оценки эффективности системы ВАДС в виде дифференциального уравнения.

3. Уточненная формула Н.В. Болтинского для оценки эффективности функционирования системы ВАДС с учетом динамического, временного, вероятностного и высотного коэффициентов, учитывающих снижение эффективной мощности ДВС.

4. Методика и математическая модель для комплексной оценки энергоэффективности системы ВАДС в условиях гор.

5. Энтропийная модель на основе статистики Цаллиса для оценки эффективности системы ВАДС.

6. Обобщенные результаты теоретических и экспериментальных исследований оценки и повышения эффективности системы ВАДС, функционируемой в горных условиях.

Теоретическая и практическая значимость исследования. Получены новые результаты в виде совокупности теоретико-методологических положений, концепций, научных методов, математических моделей, которые вносят существенный вклад в теорию и практику оценки и повышения эффективности системы ВАДС в горных условиях. Разработаны концептуальные научные основы комплексной энергетической оценки и повышения эффективности системы ВАДС. Сформулирован математический инструментарий для анализа влияния различных сочетаний подсистем системы ВАДС на ее эффективность.

Обосновано целесообразность применения энтропийной модели для оценки эффективности системы ВАДС на основе статистики Цаллиса в горных условиях. Уточнена формула для определения эксплуатационной мощности автомобиля с учетом высоты н.у.м. Выдвинуты теоретико-методические основы и аналитические зависимости количественной оценки качества технических систем.

Разработанные теоретические, методологические и практические положения, модели и методики могут быть использованы Министерством транспорта, автотранспортными предприятиями на всех этапах разработки и реализации научно-практических программ для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях. Полученные научно-практические результаты позволяют осуществлять поиск и формирование эффективных мероприятий улучшения качества транспортных услуг.

Степень достоверности результатов диссертации обусловлены современными информационными технологиями, программным обеспечением, стандартными методиками обработки статистических данных, а также сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований и их практической реализацией; подтверждены материалами использования методов оценки и повышения эффективности системы ВАДС в ОАО ДАО «Основное строительство Рогунской ГЭС» и ЗАО Таджикцемент.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Область исследования диссертации и креативные разработки по всем пунктам ее научной новизны соответствуют паспорту научной специальности 2.6.6. Эксплуатация автомобильного транспорта» (п. 1 «Функционирование систем и подсистем автомобильного транспорта, автомобильный транспорт в мультимодальных, городских и производственных системах; взаимодействие автомобильного транспорта и дорожного движения с окружающей средой», п. 6 «Система автомобиль-человек-дорога-среда: подбор, подготовка и, повышение квалификации, контроль состояния, режим труда и отдыха водителей», п. 7

«Эксплуатационная надежность автомобильных транспортных средств ...» и п. 10 «Информационные технологии и автоматизированные системы управления перевозками, дорожным движением, техническим обслуживанием и ремонтом на автомобильном транспорте»).

Личный вклад соискателя учёной степени в подготовке диссертации включает самостоятельный выбор темы и направления исследования, разработка методологии и методов исследования, классификации системы ВАДС с учетом ее функционирования в горных условиях, концептуальный модель оценки эффективности системы ВАДС, теоретические основы оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях, энтропийная модель оценки эффективности системы ВАДС на основе статистики Цаллиса, математические модели для количественной оценки качества технических систем, концепция инновационного системно - энергетического оптимизационного подхода оценка эффективности функционирования системы ВАДС, на основе которого автором выдвинуто предположение о том, что систему ВАДС можно применять для оценки и повышения эффективности транспортного процесса наряду с ее применением для оценки и повышения безопасности дорожного движения. Достоверность полученных результатов подтверждены на основе обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация и внедрение. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на:

- I-ой Международной научно-практической конференции Иркутского государственного технического университета «Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования». – Иркутск, 2007 г.;

- международной научно-практической конференции «Проблемы развития автомобильного автотранспорта и транспортных коммуникаций в Центрально-азиатском регионе». – Ташкент, 2007 г.;

- V-ой Всероссийской научно-технической конференции

Политехнического института Сибирского федерального университета «Политранспортные системы». – Красноярск, 21-23 ноября 2007 г.;

– III-ей Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке» Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими. – Душанбе, 2008 г.;

– международной научно-практической конференции. С.-Пб., 2009 г.;

– IV-ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке». ТТУ, 20-22 мая 2010 г. – Душанбе, 2010 г.;

– международной научно-технической конференции Таджикского технического университета им. акад. Осими. – Душанбе, 2011 г.;

– международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы». ТюмГНГУ, Уральское межрегиональное отделение Российской Академии транспорта (УрО РАТ)– г.Тюмень, 2015 г.;

– международной научно-технической конференции кафедры «Автомобили, тракторы и технический сервис» Института технических систем, сервиса и энергетики СПбГЭУ. – С.-Пб., 2015 г.;

– VIII -ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования» Таджикского технического университета им. акад. М. С. Осими. – г. Душанбе, 2016 г.;

– материалах Международной научно-практической конференции «Проектирование специальных машин для освоения горных территорий». Горский государственный аграрный университет (ГГАУ). – Владикавказ, 2016 г.;

– XVIII -ой Международной научно-практической конференции Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир -Аркаим, 2016 г.;

– научно-практической конференции «Современные проблемы развития естественно-математических наук в РТ». Таджикский Государственный педагогический университет им. С. Айни. – г. Душанбе, 2017 г.;

– республиканской научно-технической конференции профессорско-

преподавательского состава ТНУ, посвященной 20-ой годовщине Дня национального единства и году молодежи. -Душанбе, 2017 г.;

– научно-теоретической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной Международному десятилетию «Вода для устойчивого развития, 2018-2028 годы», году развития туризма и народных ремесел, 140-ой годовщине со дня рождения Героя Таджикистана С. Айни и 70—ой годовщине со дня создания ТНУ.– Душанбе -2018 г.;

– международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и ученых «Мухандис-2019». – г. Душанбе, 2019 г.;

– всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы транспорта в лесном комплексе». – г. Санкт-Петербург, 2019 г.;

– 8-й международной научно-практической конференции. – г., Владикавказ, 2019 г.;

– всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» в честь 90-летия факультета технологического менеджмента. – г. Владикавказ, 2019 г.;

– materials Science and Engineering all-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual issues of transport in the forest sector".– St. Petersburg, 2019;

– международной научно-технической конференции «Пром-Инжиниринг». – г. Сочи, 2020 г.;

– всероссийском научно-техническом семинаре «Подвижность транспортно-технологических машин». – г. Н. Новгород, 2020 г.;

– научно-практической конференции «Безопасность движения и инновационные тенденции в транспорте», посвященный профессорам Турсунову А.А., Оеву А.М. и Сангинову О.К. ТТУ им. акад. М.С. Осими. – Душанбе, 2020 г.;

– республиканской научно-практической конференции: «Инновационное развитие сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата:

современное состояние, проблемы и пути их решения». Таджикский аграрный университет им. Ш. Шотемур. - г. Душанбе, 2020 г.;

– научно-техническом совете ИТР Рогунской ГЭС. – г. Душанбе, 2020 г.;

– proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020). ICIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021;

– conference Series: Materials Science and Engineering. – St. Petersburg, 2021;

– II-ой международной научно-технической конференции «Интеллектуальные энергетические системы 2021» (Smart Energy Systems 2021). – г. Казань, 2021 г.;

– IV-ой международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы топливно-энергетического комплекса: добыча, производство, передача, переработка и охрана окружающей среды» (АРЕС-IV-2021). – г. Москва, 2021 г.;

– conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 2022;

– научно-производственной конференции, посвященной дню метрологов. – Душанбе, «Таджикстандарт». – 2022 г.;

– международной научно-практической конференции, посвященной 65-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Республики Северная Осетия – Алания и Республики Южная Осетия, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Басиева Солтана Сосланбековича. – Владикавказ, 2024 г.;

– международной научно-практической конференции на тему «Основные пути повышения эффективности использования технических средств в сельскохозяйственном производстве за счет энергосберегающих технологий и автоматизации управления рабочими процессами». – Душанбе, 2024 г.;

– международной научно-практической конференции на тему «Перспективы развития автомобильного транспорта в Узбекистане: проектирование, эксплуатация и логистика». – Андижан, 2024 г.

Публикации по теме диссертации. Основные положения исследования отражены в 64 печатных работах, в том числе 26 статьях в журналах,

рекомендованных ВАК при президенте РТ, 11 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 5 статьях в изданиях, включенных в базу данных Scopus и Web of Science, 12 работах в других изданиях, 2 монографиях, 2 стандартах РТ, а также 6 изобретениях и патентах.

Структура и объем диссертации. Диссертация работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации 321 стр. компьютерного набора, 62 рисунков, 49 таблиц.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Классификация системы ВАДС

Согласно ГОСТ Р ИСО МЭК 15288-2005 система – это комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения одной или нескольких поставленных целей [58].

Бытует мнение о том, что понятие «система» – есть способ решения проблемы или средство борьбы со сложностью, способ найти простое в сложном. Подмечено верно, однако без определения свойств и признаков системы не представляется возможным найти простое решение сложной задачи. Она бесспорно упрощает решение проблем, связанных с оценкой эффективности и надежности транспортного процесса, которое выполняется с учетом знаний о структуре системы, об отношениях и связях между ее компонентами.

Следовательно, разработка научно обоснованной классификационной схемы объекта исследования служить важным условием оценки его эффективности.

Система ВАДС относится к категории большой и сложной системы, с подсистемами, связанными с живым, неживым, естественным и искусственным объектами, образующих некую целостность и единство [222]. Система ВАДС не является исключением из правила, где одновременно могут проявляться естественные и искусственные, а также дискретные и аналоговые признаки отдельных ее компонентов [222].

В предложенной классификационной схеме выявлены и учтены важные факторы, связанные с горным условием эксплуатации, существенно влияющие на формирование эффективности функционирования системы ВАДС. Последние способствуют созданию адекватных и достоверных математических моделей оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях (рис. 1.1).

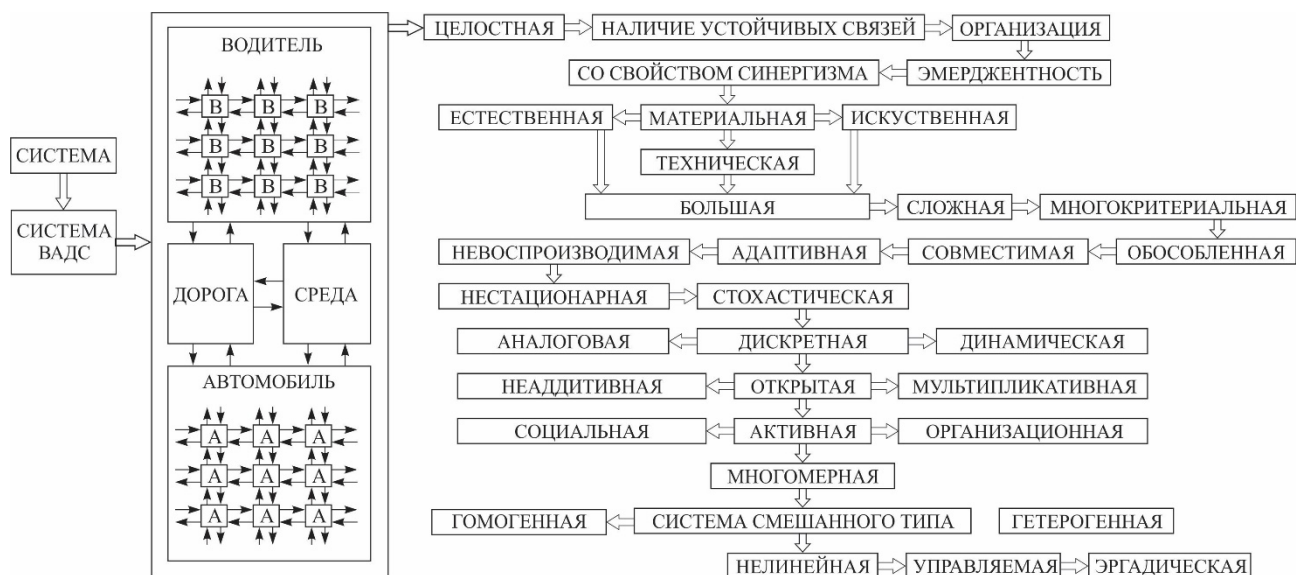


Рисунок 1.1– Классификация системы ВАДС

Систему ВАДС можно рассматривать как в узком, так и в широком смысле. В узком смысле слова под системой ВАДС имеется в виду отношения и закономерные взаимосвязи между отдельными единичными компонентами [222]. В широком смысле речь идет об отношениях и закономерных взаимосвязях между большим числом водителей, потоком или парком автомобилей, сетью автомобильных дорог и средой.

Система ВАДС относится к категории больших систем. Большая система характеризуется размерами, объемом или масштабом. До сегодняшнего дня не существует однозначного и общепризнанного определения «большой» системы.

Некоторые исследователи в понятие «большой» вкладывают различные значения, далекого от словарного смысла этого слова. В словаре русского языка С.И. Ожегова приводятся следующие значения слова «большой»:

1. Значительный по размерам, по величине, силе.
2. Значительный, выдающийся: обладающий в высокой степени тем качеством, которое заключено в значении определяемого существительного.
3. Взрослый (с точки зрения ребенка), а также (о ребенке) вышедший из младенческого возраста, подросток (разг.).
4. Многочисленный.
5. Появляющийся, находимый или производимый в большом количестве.

Может быть, для исследования некоторых систем недостаточно словарных

смыслов этого термина. Тогда, следовало бы назвать такие системы другим словом, адекватно охватывающим ее сути. Для исследования системы ВАДС достаточно словарного смысла этого слова.

Не обязательно чтобы большая система была одновременно и сложной. Она может быть сложной и простой.

Сложность системы ВАДС обусловлена следующими ее особенностями:

- неоднозначность отношения и закономерности взаимосвязи между компонентами;
- вероятностный характер взаимодействия компонентов;
- многоаспектность, многофункциональность и многофакторность процессов, характерных для функционирования системы ВАДС;
- разнородность структуры системы и ее отдельных компонентов;
- многомерность и многообразие природы компонентов системы и связей между ними;
- существенные неопределенности воздействия окружающей среды при функционировании системы ВАДС и т.д.

Перечисленные свойства ВАДС, являясь существенными, ещё более усугубляются при ее функционировании в горных условиях, усложняя задачу моделирования процессов, протекающих в ней.

Система ВАДС, является материальным объектом и характеризуется такими атрибутами как целостность и делимость, наличие устойчивых связей, организация и эмерджентность и др.

При этом, свойство организации системы ВАДС тесно связано с наличием определенной координации и изменением ее энтропии.

В системе ВАДС энтропия является важнейшим признаком, определяющим ее долговечность, а изменение энтропии подчиняется закону сохранения и преобразования энергии. Любой хаос в любой системе зависит от динамики преобразования энергии. Динамика преобразования энергии характеризуется модулем, направлением и местом преобразования энергии. Что касается системы ВАДС, то она тесно связана с преобразованием тепловой

энергии в механическую и другие виды энергии, преобразованием механической энергии при маневрах, особенно, при ускорении, торможении и столкновении автомобиля и др. Следовательно, чем размеренно происходит преобразование энергии в элементах системы ВАДС или между ее элементами, тем выше надежность системы и ее эффективность. Уровень энтропии в системе ВАДС поддерживается своевременным и качественным проведением ТО и ремонта автомобиля, подготовкой и переподготовкой водителей, ремонтом и восстановлением дорог, оптимизацией организации дорожного движения.

Функционирование системы ВАДС в горных условиях характеризуется тем, что в ней почти все входные и выходные параметры имеют вероятностную природу.

Вероятностная природа эффективности функционирования системы ВАДС обусловлена случайным характером параметров ее компонентов и процессов, протекающих в них. Вероятностный характер эффективности функционирования системы ВАДС усугубляется стохастичностью проявления взаимодействия и взаимоотношения между ее отдельными элементами.

Особенно четко проявляется вероятностный характер надежности системы ВАДС в условиях эксплуатации большегрузных автомобилей в горных регионах на автомобильных дорогах с гравийным покрытием. Среди элементов системы ВАДС подсистема «автомобиль» является доминирующим компонентом, определяющим сложный стохастический характер системы в целом. Основным оценочным параметром уровня стохастичности выступают колебания динамических показателей автомобиля, которые обусловлены неравномерностью крутящего и тормозного моментов, скоростью движения автомобиля, сложностью рельефа местности и профиля дороги, состоянием дорожного покрытия, случайностью распределения нормальной нагрузки по осям и колесам автомобиля, а также частотой маневров и др.

Неаддитивность системы ВАДС проявляется в возникновении нового качества системы, которое появляется в результате интеграции отдельных элементов или подсистем в единое целое. Сумма эффектов от реализации

отдельных элементов или подсистем не равна эффекту от реализации системы в целом. Эффект от системы ВАДС в целом больше, чем эффекта от суммы эффектов отдельных ее элементов или подсистем.

Технологическая (материальная) система ВАДС – это совокупность, включающая в себя следующие элементы; автомобили, технологические оборудования технического обслуживания (ТО) и ремонта автомобилей (РА), технические средств организации дорожного движения, дорожно-строительные машины, соответствующие ремонтные, измерительные и прочие оборудования, бортовые вычислительные комплексы и космические технологии, предназначенные для оценки и повышения эффективности функционирования системы.

Динамическая система характеризуется тем, что под действием внешних и внутренних сил изменяет во времени свое состояние. Другими словами, если в системе число состояний больше одного, или они могут изменяться во времени, то она называется динамической. Следовательно, не вызывает сомнения утверждения о том, что система ВАДС относится к динамической, в которой важно характеризовать действие внешних и внутренних сил. Динамичность процессов, происходящих в системе ВАДС характеризуется такими факторами как: модуль внешних воздействий и внутренних возмущений, их направления действия и точек приложения. Динамичность процессов характеризуются изменением отдельного фактора или сочетания различных факторов.

Система ВАДС относится к типу эргодических. Эргодической называется система, составным элементом которой является человек-оператор. Эргодичность системы ВАДС обусловлен водителем, который управляя автомобилем, взаимодействует дорогой и средой.

По числу схеме воздействия между компонентами системы бывают одномерные и многомерные.

Система, имеющая один вход и один выход, называется одномерной. Если входов или выходов больше одного – многомерной. Следовательно, система

ВАДС относится к многомерной, точнее к многомерно-многомерной, так как у неё множество входов или выходов.

Системы бывают гомогенные (однородные), гетерогенные (разнородные), и смешанного типа. Систему ВАДС следует отнести к смешанному типу, так как у этой системы сочетаются частично гомогенные и преобладающие гетерогенные структурные элементы.

При разработке классификационной схемы системы ВАДС были максимально полно учтены основные признаки, по которым могут быть систематизированы ее свойства и особенности. Любая классификация является всего лишь моделью реальности, к тому же, на сегодня, однозначно не определены ее принципы. В связи с этим, не существует однозначной и всеохватывающей и классификационной схемы той или иной системы. Несмотря на то, что предлагаемая классификационная схема является абстрагированной, она достаточно адекватно отражает реальность и способствует более простому решению сложных задач в области оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС.

1.2 Расход запасных частей в горных условиях

Условия эксплуатации автомобилей в горных и высокогорных регионах Республики Таджикистан можно отнести к суровым и экстремальным [199, 201, 202, 203, 204, 209, 210, 216, 217]. Без того сложная система ВАДС, в горных условиях, становится ещё более сложным. Факторы, влияющие на надежность системы ВАДС в условиях высокогорья, в том числе на расход запасных частей, по структуре и составу отличаются от факторов, влияющих на надежность системы ВАДС и расход запасных частей в равнинных условиях [238].

Считается, что из всего наименования изделий и материалов, необходимых для поддержания автомобилей в работоспособном состоянии в равнинных условиях, около 70% приходится на запасные части. Не проводились специальные исследования для определения процентного соотношения необходимого наименования запасных частей для поддержания грузовых и

большегрузных автомобилей в сложных горных и высокогорных условиях эксплуатации. Не выявлены наиболее значимые факторы, обуславливающие расход запасных частей, по которому можно косвенно оценить эффективность автомобиля.

Классификация факторов, влияющих на расход запасных частей ремонтных материалов для грузовых автомобилей марок Dong Feng и МАЗ, эксплуатируемых в горных условиях, представлена на рис. 1.2 [238].

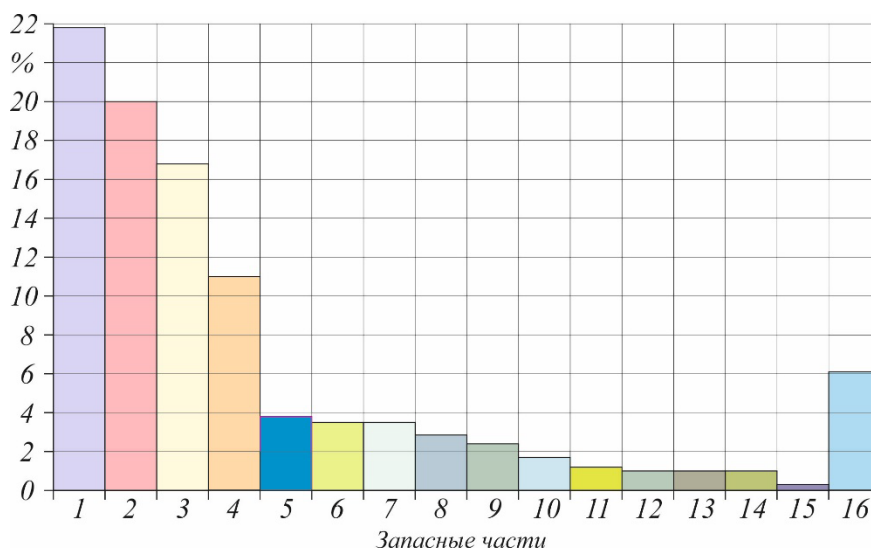
Для обеспечения точности нормирования расхода запасных частей были анализированы свыше 11500 сведений о замене отказавшихся агрегатов, сборочных единиц и деталей запасными частями для автомобилей марок Dong Feng и МАЗ, которые состояли по наблюдением в течении 9 месяцев в горных карьерных условиях при строительстве Рогунской ГЭС на основании данных, приведенных в лимитных картах.

Распределения потребления запасных частей в процентах для автомобилей марок Dong Feng и МАЗ представлены на рис. 1.3.

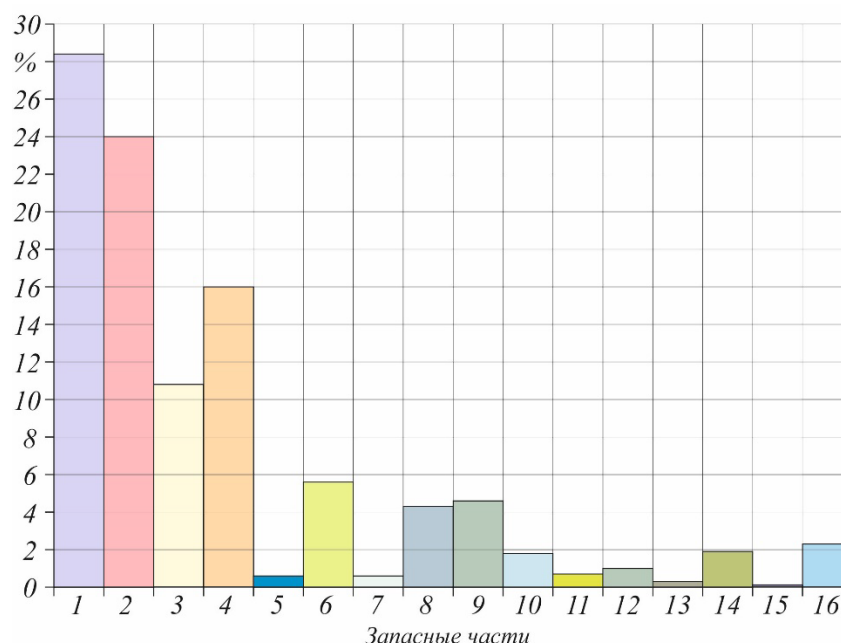
Как видно из приведенных графиков наибольший связан с отказами ДВС, что составляет для автомобилей марок Dong Feng и МАЗ, соответственно, 23,8 и 28,4 % от всего расхода запасных частей. При этом, для данных марок автомобилей расход запасных частей для обеспечения работоспособности тормозной системы составляют соответственно 20,0 и 24, 0%. Это свидетельствует о том, что наименее надежным, после ДВС, при эксплуатации грузовых автомобилей марок DongFeng и МАЗ, эксплуатируемых в горных карьерных условиях Республики Таджикистан, считается тормозная система.

Процентное соотношение (доля) замены запасными частями отказавшихся деталей и узлов, относящихся к тормозной системе для грузовых автомобилей марок DongFeng и МАЗ чрезвычайно высоки, и составляют, соответственно 20,0 и 24,0 %. Из всего наименования деталей и узлов тормозной системы наибольшее число замен приходится на тормозные колодки.

Причиной тому считается сложные эксплуатационные, природно – климатические и дорожные условия, большое удельное число маневров и



а)



б)

Рисунок 1.3 – Распределение потребления запасных частей в АТП, %: а – для автомобилей марки Dong Feng; б – для автомобилей марки МАЗ:

1– ДВС; 2 – тормозная система; 3 – система подачи топлива; 4 – осветительные лампы; 5 – задний мост; 6 – электрооборудование автомобиля; 7 – передний мост; 8 – подвеска; 9 – гидравлическая система; 10 – автокамера; 11 – подшипники; 12 – муфта сцепления; 13 – карданная передача; 14 – система управления; 15 – КПП; 16 – другие запасные части

Следом за тормозной системой по уязвимости находится система питания ДВС. Большое количество отказов в системе питания связаны с

герметизирующими медными шайбами. На интенсивность отказов, и как следствие, на надежность автомобиля, эксплуатируемого в горных карьерных условиях, оказывают запыленность воздуха, дорожно-климатические условия, а нередко и низкое качество запасных частей и. т. д.

Относительно высокая интенсивность отказов осветительных ламп обусловлено тем, что горные регионы характеризуются более короткой продолжительностью светового дня и длительной эксплуатацией автомобилей в темное время суток. Однако, существенным фактором, влияющим на интенсивность отказов осветительных ламп, приобретаемых в качестве запасных частей, можно считать их низкое качество.

1.3 Анализ влияние рельефа местности на эффективность функционирования системы ВАДС

В Республике Таджикистан около 7% территории занимают равнины и низкогорье, более 40% - занимают горы и около 50% – высокогорные регионы, высота которых составляет от 2000 м до 7495 м н.у.м. Высокогорные территории Республики расположены в основном на двух складчатых горных систем Памира и Тянь-Шаня. Рельеф местности в Республике в основном состоит из высоких, сильно расчлененных горных хребтов с незначительной равнинной территорией.

Проблема оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в суровых горных и высокогорных условиях Республики связана с расширением возможностей транспортной коммуникации и обеспечением продовольственной и энергетической безопасности страны.

Проблемы обеспечения надлежащей эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях обусловлено, прежде всего, особенностью горного рельефа местности, характеризующейся как сложной из-за их разнообразия и изменчивости на небольших расстояниях дорожной сети.

Рельеф местности в условиях Республики подразделяются на три категории: равнинный, горный и высокогорный (табл.1.1).

Таблица 1.1 – Структура рельефа местности, характерного для условий Республики Таджикистан

Структура рельефа местности		
Равнинный	Горный	Высокогорный
возвышенные равнины (возвышенности): высота от 300 до 500 м н.у.м.	низкие горы (низкогорье): высота от 500 до 1000 м н.у.м.	высокие горы (высокогорье): высота более 2000 м н.у.м.
плоскогорье: высота более 500 м н.у.м.	средневысотные горы (среднегорье): высота от 1000 до 2000 м н.у.м.	

К возвышенным равнинам соответствуют малые крутизны скатов, в пределах от 2 до 3°.

Эффективность функционирования системы ВАДС в регионах с равнинным рельефом относительно высокие по сравнению с горными и высокогорными регионами. Летом в этих регионах наблюдается снижение эффективности из-за высокой температуры воздуха, достигающей 40 °С и более.

Низкогорье. Территории с низкогорным рельефом характеризуется сравнительно высокой эффективностью функционирования системы ВАДС. Условная высота низкогорного рельефа составляет от 500 до 1000 м н.у.м. Низкогорью свойственны слабые расчленения рельефа местности с крутизной скатов от 5° до 10°.

Среднегорным рельефам соответствуют абсолютные высоты от 1000 до 2000 м н.у.м. с крутизной скатов от 10 до 15°, который способствует значительному снижению эффективности функционирования системы ВАДС [216].

К высокогорному рельефу соответствуют абсолютные высоты свыше 2000 с преобладающе крутизной скатов, превышающих 25°.

Исследования проводились с использованием цифровой модели рельефа

местности в Республике, разработанной геофизической службой Национального управления океанических и атмосферных исследований США. Для расчетов территория республики определялась границами, приведенными в базе данных ESRI. Расчеты проводились в геоинформационной системе QGIS с помощью языка программирования Python.

Значительную территорию Республики Таджикистан занимает Памиро-Тянь-Шанская горная система, рельеф которой составляют преимущественно горные хребты с абсолютными высотами, превышающими 4000 м н.у.м. Число подобных высокогорных хребтов насчитываются более 20-и.

Орографическая карта-схема Республики Таджикистан, наглядно характеризующая и отличающаяся высокой информативностью о профиле местности представлена на рис. 1.4 [216, 236], в соответствии с которой территория Республики условно разделена на 6 частей, характерные особенности которых представлены в табл. 1.2.

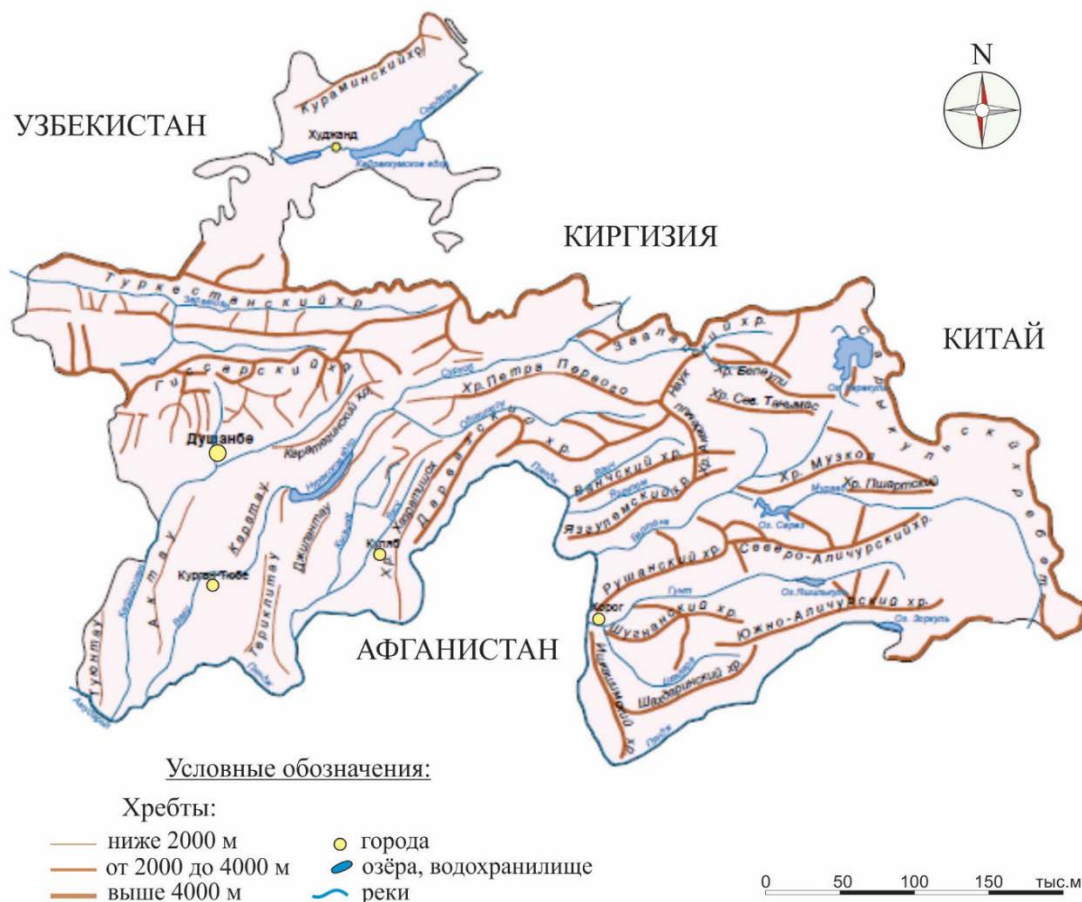


Рисунок 1.4 – Орографическая карта-схема Республики Таджикистан

Таблица 1.2 – Обособленные части Республики Таджикистан с высокогорным рельефом местности

Обособленная часть Республики Таджикистан	Горная цепь или система	Горный хребет	Характерная особенность	Гора	Наивысшая абсолютная высота, м н.у.м.
Северная	Западный Тянь-Шань	Кураминский	менее гористая	Курама	3769
				Моголтау	1624
Центральная	Гиссаро-Алай	Алайский, Туркестанский, Зеравшанский и Гиссарский	гористая	Гиссар	4764
				Каратегин	4276
Юго-западная	–	Актау, Каратау, Джилянтау, Тереклитау и р.	гористая	–	от 1500 до 2650
Западная часть ГБАО	Западный Тянь-Шань	Петра Первого, Дарвазский	высоко-горная	–	до 7495
Восточная часть ГБАО	–	Сарыкульский, Музкол, Северо-Аличурский, Южно-Аличурский, Шугнанский, Шохдаринский, Рушанский и др.	высоко-горная	–	от 3770 до 5909

Бытует мнение о том, что около 93% территории Республики Таджикистан занимают горы. Вернее, будет сказано, что около 93% территории Республики

Таджикистан относится к горному рельефу. Это проверенный и перепроверенный факт, но при этом нужно иметь ввиду, что под этим процентом речь идет о территории Республики, расположенной выше 500 м н.у.м. По результатам проведенных исследований установлено, что 6,92% территории страны составляют возвышенные равнины, а остальное относится к низкогорному, среднегорному и высокогорному рельефам (рис. 1.5).

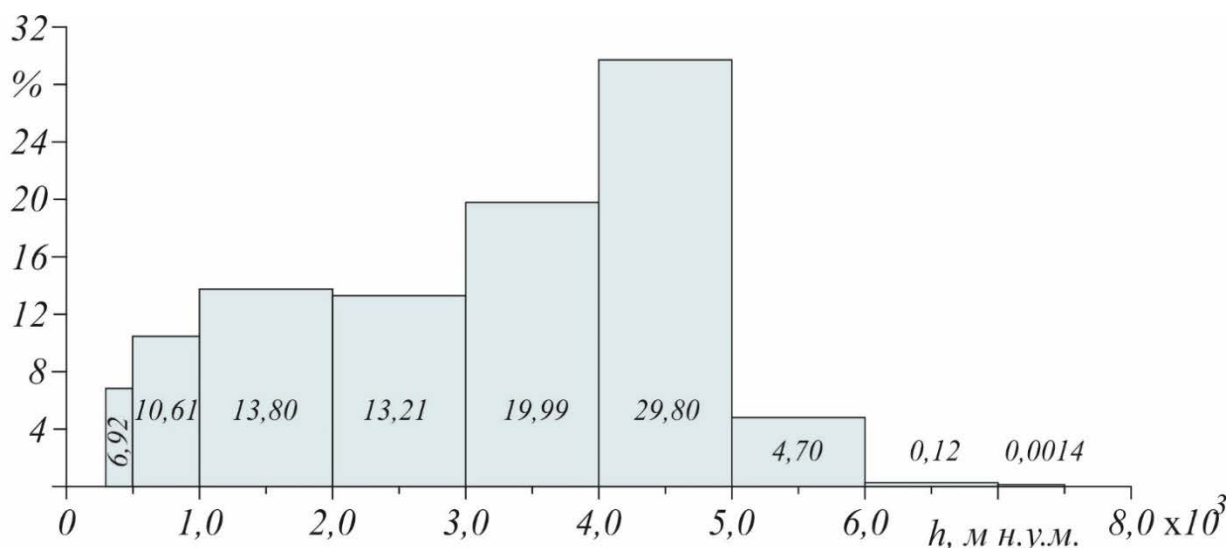


Рисунок 1.5 – Распределение территории Республики Таджикистан по высотам н.у.м.

Как видно из приведенного графика территория республики, высотой н.у.м. до 1000 метров составляет около 18%. Эта территория, по всем параметрам, очень хорошо приспособлена к жизни и ведению различного вида хозяйственной деятельности. Здесь проложены автомобильные дороги высокого качества, обеспечивающего высокие эффективности функционирования транспортной отрасли.

Территория с высотой до 500 м н.у.м. занимает около 7% от общей территории Республики, от 500 до 2000 м н.у.м. занимает более 24% от общей территории Республики. Её можно считать незаменимой для ведения отдельных видов хозяйственной деятельности (растениеводства, животноводства, садоводства и др.). На этой территории проложены автомобильные дороги достаточно высокого качества с развитой инфраструктурой, обеспечивающие

достаточно высокие эффективности функционирования автомобильного транспорта.

Территории, расположенные на высотах от 2000 до 4000 м н.у.м. составляют чуть менее 50% от общей территории Республики, которые так или иначе, приспособлены к жизни и ведению хозяйственной деятельности. Они характеризуются суровостью дорожно-климатических условий. На этих высотах проложены более 3810 км автомобильных дорог, которые отличаются плохим качеством дорожного покрытия и сложной геометрией. Самое высокогорное селение в стране – это киргизское село Аличур, расположенное на одноименной долине, на высоте 4000 м н.у.м., которое имеет транспортное сообщение с республиками Таджикистан и Кыргызстан.

Климат в Республике – субтропический. Характеризуется значительными сезонными и суточными колебаниями погодных условий. Максимальная температура воздуха колеблется от + 30 °С летом до – 40 °С и более – зимой. Отличаются малым количеством осадков в отдельных регионах, сухостью воздуха и малой облачностью. Наиболее жесткие погодные условия наблюдаются на восточном Памире. Абсолютный минимум температуры зарегистрирован на Булункуле (озеро и поселение в Аличурской долине Мургабского района Горно-Бадахшанской автономной области), которая составляла – 63 °С. Средняя температура воздуха на Памире варьирует от +30 °С (в июле месяце), а на долинах юго-запада до 0 °С и ниже. Абсолютный максимум температуры воздуха зарегистрирована на территории Нижнего Пянджа [233, 235, 236], которая составляла +48 °С.

В целом на территории Республики автомобильные дороги проложены на высотах от 300 до 5000 м н.у.м., где формирование достаточно высокой эффективности функционирования системы ВАДС связаны большими сложностями, а эффективность системы в разы снижается по отношению к равнинным условиям.

Таким образом, из приведенного анализа следует, что Республика Таджикистан обладает уникальным разнообразием рельефа местности. В нем

сочетаются весьма благоприятные, малоблагоприятные и суровые условия обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС, которая является одним из определяющих факторов успешного развития народного хозяйства страны. На сегодня не разработана методика четкого разграничения названных условий, которая является необходимой предпосылкой для нормирования ресурсов подсистем системы ВАДС (водителя, автомобиля и дороги), расхода энергетических и материальных затрат, запасных частей, а также для регламентирования экологических требований эффективности функционирования системы ВАДС.

1.4 Оценка сети автомобильных дорог Республики Таджикистан

Эффективность использования автомобильных дорог зависит от совершенства организации транспортного процесса и свойств автомобильной дороги сохранять в определенных пределах значения параметров, характеризующих их способность выполнять требуемые функции. В процессе эксплуатации функциональные свойства автомобильной дороги постепенно ухудшаются вследствие изнашивания и разрушения дорожного полотна и этот процесс усугубляется в сложных и суровых горных и высокогорных условиях.

Хозяйственное освоение горных территорий, связанное со строительством автомобильных дорог, мостов, горнодобывающих и промышленных предприятий и других объектов, приводит к резкому возрастанию техногенных нагрузок на природную среду и к росту опасности её существенного негативного изменения [34].

В Республике Таджикистан автомобильная дорога является важным объектом, по которому преимущественно осуществляется перевозка пассажиров, материальных, энергетических и прочих ресурсов.

Эффективное функционирование автомобильной дороги в горных условиях сопряжены определенными сложностями, а также с большими энергетическими, экономическими затратами и социальными издержками.

Оценка и учет особенностей автомобильных дорог, характеризующихся сложной структурой и очень высокой плотностью горных и высокогорных перевалов, является одним из основополагающих принципов, определяющих эффективное функционирование системы ВАДС в горных условиях страны, и как следствие, способствующих развитию отраслей народного хозяйства страны в целом.

Республика Таджикистан - наименьшее по площади государство в Средней Азии, общая сеть автомобильных дорог которого составляет около 32 тыс. км. Примерно 14 тыс. км дорожных сетей входят в юрисдикцию Министерства транспорта Республики Таджикистан, а остальные 18 тыс. км – это местные дороги, включающие сельские, промышленные подъездные, технологические, внутрихозяйственные, служебные и др. пути, в отношении которых министерство не обладает юрисдикцией. Итоговый профиль автомобильных дорог общего пользования приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3 – Итоговый профиль автомобильных дорог общего пользования, находящихся под юрисдикцией Министерства транспорта Республики Таджикистан

Дорога	Протяженность	
	км	%
Местного значения	8719,1	61,4
Республиканского значения	2128,7	15,0
Международного значения	3350,0	23,6
Итого, дорожная сеть	14198	100

Одним из важных показателей, обуславливающих эффективность функционирования системы ВАДС, является плотность сети автомобильных дорог, т.е. удельная протяженность дорог, отнесенных на единицу площади территории. По этому показателю Республика Таджикистан заметно отстает от Европейских стран, Америки и Китая. Показатели плотности сети автомобильных дорог представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Сравнительные плотности сети автомобильных дорог по странам мира

Страна	Площадь	Население	Плотность автомобильных дорог			
			дороги международного значения		дороги общего пользования	
			км/ тыс. км ²	км/ тыс.чел.	км/ тыс. км ²	км/ тыс.чел.
Республика Таджикистан	143,1	8 873,669	23,41	0,38	99,2	1,6
Республика Казахстан	2 717,3	19 091,949	4,5	0,64	32,5	4,6
Республика Кыргызстан	198,1	5 964,897	21	0,70	94,8	3,2
Республика Туркменистан	488,1	5 528,627	4,5	0,4	49,2	4,3
Республика Узбекистан	447,4	38 000,000	11,8	0,19	100,2	1,5
Российская Федерация	17 098,242	141 722,205	-	-	53,1	6,4
Франция	640,294	67 848,156	31,9	0,30	1606,20	15,2
Бельгия	30,528	11 720,716	480,3	1,25	5044,90	13,1
США	9 371,175	332 639,102	10,6	0,30	698,5	19,7
КНР	9 596, 961	1 394015,997	14,4	0,10	417,7	2,9

Для страны со сложным горным рельефом местности и суровыми условиями функционирования системы ВАДС, это немалые достижения. Автомобильным дорогам, проложенным на высотах до 1000 м н.у.м. характерны высокая интенсивность движения, хорошие качества дорожной одежды, благодаря чему способствуют повышению эффективности функционирования системы ВАДС в условиях равнинного рельефа местности и низкогорья.

На территории Республики Таджикистан протяжённость автомобильных дорог распределена крайне неравномерно, особенно эта разница явно отслеживается по высотной поясности (табл. 1.5).

Таблица 1.5 – Протяженности автомобильных дорог общего пользования по высотам н.у.м.

Дорога	Ед. изм.	Протяженность автомобильных дорог по высотам н.у.м.						Всего
		от 0,3 до 0,5 км	от 0,5 до 1,0 км	от 1,0 до 2,0 км	от 2,0 до 3,0 км	от 3,0 до 4,0 км	от 4,0 до 5,0 км	
Между-народного значения		582,0	400,0	1394,0	197,0	496,0	237,0	3306,0
	%	4,1	2,8	9,8	1,4	3,5	1,7	23,3
Республиканского значения	км	506,0	484,0	500,0	487,0	118,0	-	2095,0
	%	3,6	3,4	3,5	3,4	0,8	-	14,7
Местного значения	км	1098,0	1970,0	2125,0	1560,0	952,0	1092,0	8797,0
	%	7,7	13,9	15,0	11,0	6,7	7,7	62,0
Всего автомобильных дорог общественного пользования	км	2186,0	2854,0	4019,0	2244,0	1566,0	1329,0	14198,0
	%	15,4	20,1	28,3	15,8	11,0	9,4	100,0

Таджикистан граничит с Узбекистаном на западе и северо-западе, с Киргизией - на севере, с Китаем - на востоке, с Афганистаном - на юге. Со всеми соседними государствами имеются международные автомобильные сообщения. В настоящее время Республика Таджикистан имеет автомобильные сообщения с Узбекистаном и Афганистаном по дорогам, расположенным на высотах от 300 до 1000 м н.у.м., а с Киргизией и Китаем по высокогорным перевалам «Кызыл Арт» и «Кульма», расположенных соответственно на высотах 4282 и 4362 м н. у. м [177, 233, 236].

Характерной особенностью сети автомобильных дорог в Республике является плотность расположения горных перевалов, общее число которых превышает 200 ед. Они существенно отличаются по протяженности, сложности и высоте в гребне. По высоте в гребне горные перевалы имеют большой размах варьирования, начиная от 384 м (перевал Дандан – Шикан) до 5376 м (перевал Ямг). По этому показателю перевалы бывают горные высокогорные. Число горных перевалов превышает 40 ед., а высокогорных – 160 ед., среди которых 8 – перевалов с высотой на гребне более 5000 м (рис. 1.6).

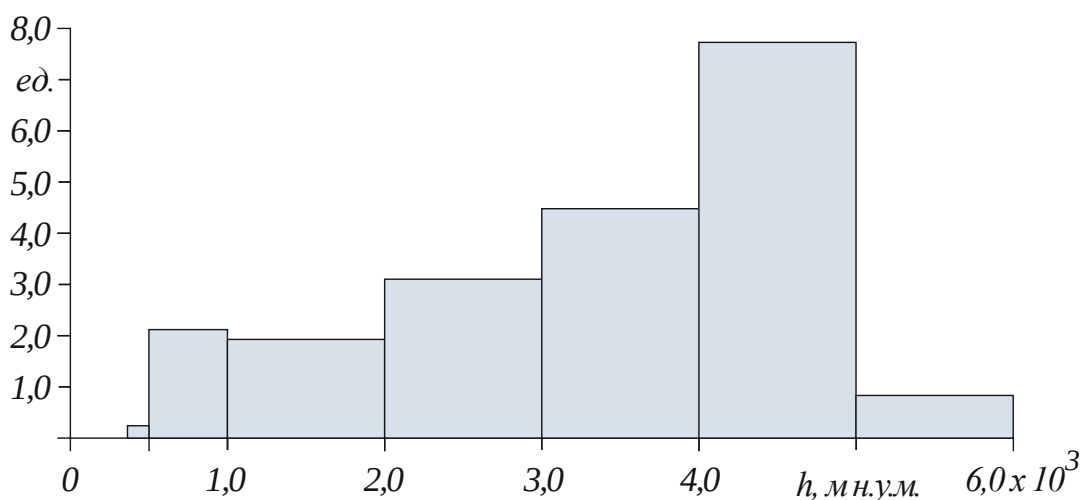


Рисунок 1.6 – Распределение перевалов на территории Республики Таджикистан по высоте на гребне

Эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях тесно связана особенностью структуры сети автомобильных дорог. В условиях Республики Таджикистан характерной особенностью структуры сети автомобильных дорог является очень высокая плотность горных и высокогорных перевалов (рис. 1.7). Как следует из представленной схемы, автомобильные сообщения по дорогам международного, республиканского и местного значения внутри страны (между административными единицами) и с соседними странами осуществляются через горные и высокогорные перевалы.

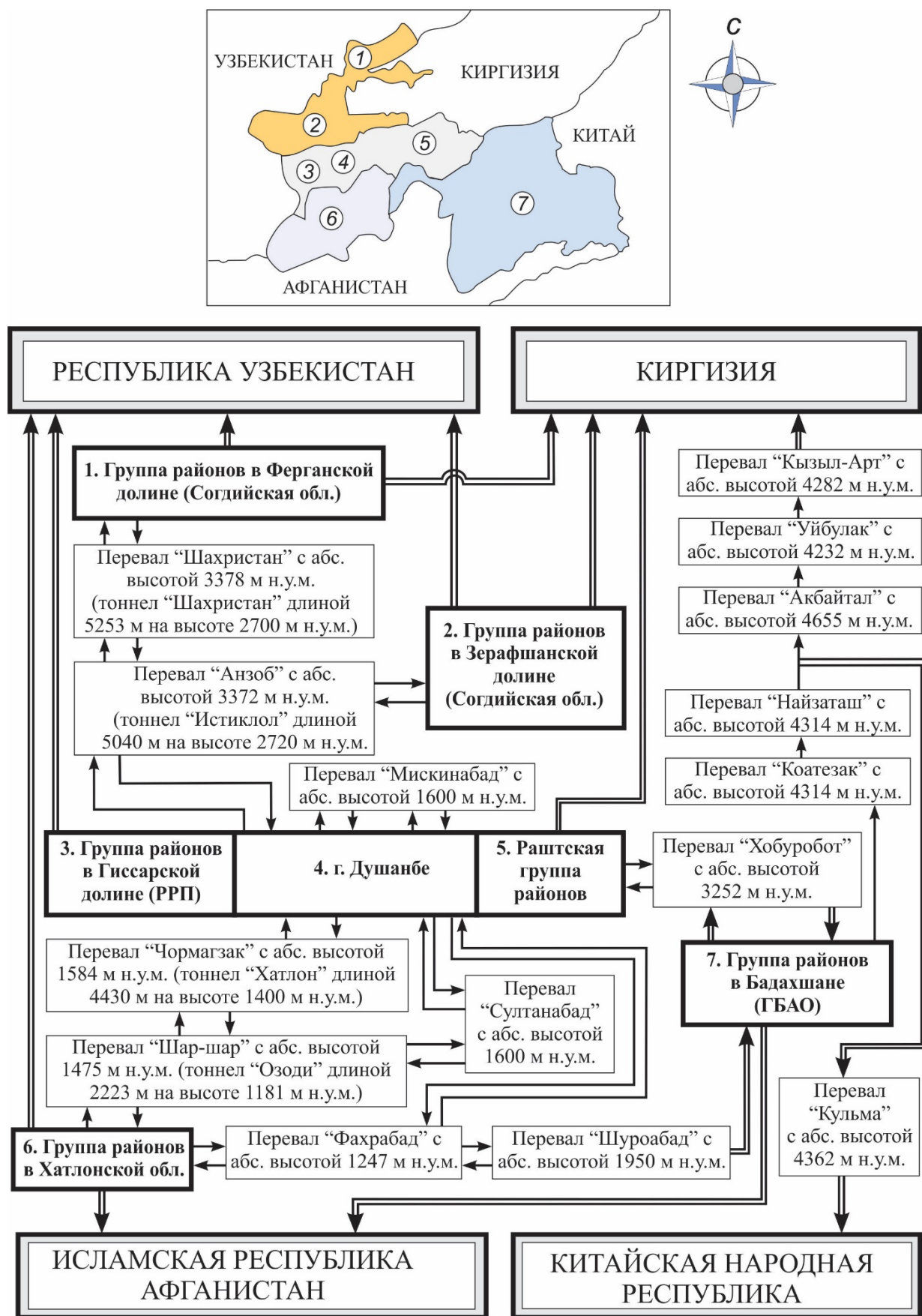


Рисунок 1.7 – Структура сети автомобильной коммуникации в Республике Таджикистан

Сложность этих перевалов обусловлены высотой гребня, протяженностью, плотностью серпантинов с достаточно большим перепадом высоты, сложностью геометрии в плане и профиле, качеством дорожного покрытия, которое усугубляется с ухудшением погодных условий.

Из приведенных оценок и анализа следует, что Республика Таджикистан обладает сложной структурой дорожной сети. Всего чуть более 15% автомобильных дорог общего пользования проложены на равнинных местностях, около половины – горные и свыше 36% - высокогорные, которые являются причиной немалых препятствий в обеспечении эффективности функционирования системы ВАДС. Распределение протяженности автомобильных дорог общего пользования по высотам н.у.м., в общем и целом, характеризует сложность условий функционирования системы ВАДС и способствует уточнению нормативов энергетических, материальных, экономических и других удельных затрат на единицу транспортной работы. Другой характерной особенностью автомобильных дорог Республики Таджикистан заключается в том, что при общем числе перевалов на территории страны, превышающем 200 ед., плотность их распределения составляют в среднем около 1,5 перевалов на 1000 км² и свыше 14 перевалов на каждые тысячи км автомобильных дорог общего пользования.

В результате оценки и анализа сети автомобильных дорог в разрезе их расположения на различных высотах н.у.м. установлено, что около 85% дорог общего пользования на территории страны относятся к горным дорогам, которые проложены и функционируют на высотах выше 500 м н.у.м.

Итоговый профиль автомобильных дорог общего пользования, свидетельствует о том, что около 40% дорожной сети относятся к дорогам международного и республиканского значения, а остальные дороги местного значения. Установлено, что показатели плотности сети автомобильных дорог, в целом по Республике Таджикистан, не очень высокие, а по плотности автомобильных дорог, функционирующих в суровых горных и высокогорных

условиях страны, занимает один из ведущих позиций не только в регионе, но и в мире.

Все это является важным условием дальнейшего формирования состава автомобильного парка, ремонтно-обслуживающей инфраструктуры, строительства и обслуживания автомобильных дорог, а также обеспечения надежности элементов системы ВАДС.

1.5 Оценка эффективности эксплуатации автомобилей в горных условиях

Республика Таджикистан административно состоит из Горно-Бадахшанской автономной области, Согдийской и Хатлонской областей, а также из районов республиканского подчинения. Автомобильные сообщения между названными административными единицами осуществляются по автомобильным дорогам через горные и высокогорные перевалы (рис.1.8).

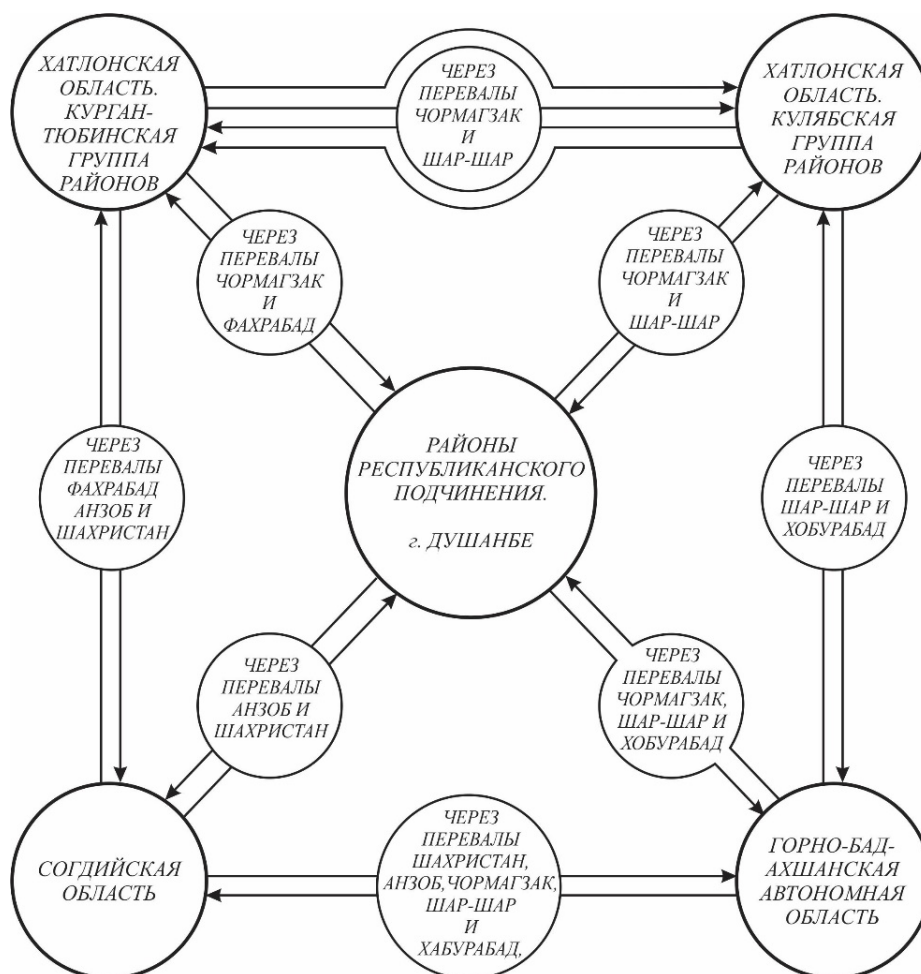


Рисунок 1.8 – Структурная схема автомобильных сообщений между административными единицами Республики Таджикистан

Таджикистан расположен на нескольких долинах, изолированных друг от друга горными хребтами и соединенных между собой высокогорными перевалами (табл. 1.6). Чтобы добраться из г. Бохтар до Худжанда необходимо проехать через четыре долины. Город Бохтар находится в Вахшской долине, город Душанбе - в Гиссарской, Согдийская область расположена в Зерафшанской и Ферганской долинах. Из-за особенностей дорожно-климатических условий в этих долинах, уровня запылённости воздуха, разнообразия рельефа местности, а также различной высоты над уровнем моря, автомобили по-разному адаптируются к условиям эксплуатации и как следствие, по-разному влияют на формирование эффективности функционирования системы ВАДС. Сравнивая перечисленные условия в Аличурской и Вахшской долинах, можно убедиться, что расстояния между ними они относительно небольшая. При этом в этих долинах разница по высоте н.у.м. составляет свыше 3000 м, разница температур воздуха может достигать 70°C и выше, в разы меняется разреженность воздуха и т.д., благодаря чему значительно отличаются эффективность эксплуатации автомобилей в этих долинах [177, 233, 236].

Таблица 1.6 – Высокогорные перевалы на территории Республики Таджикистан

Перевал	Горный хребет	Абсолютная высота н.у.м., м
Акбайтал	Музкол	4655
Кызыларт	Заалайский	4280
Койтезак	Южно-Аличурский	4271
Анзоб	Гиссарский	3272
Шахристан	Туркестанский	3378
Хобурабад	Дарвазский	3270

Автомобильные дороги, соединяющие административные образования Республики Таджикистан, характеризуются затяжными подъемами и спусками, проложенными между перевалами, что связано с расположением регионов Республики на различных высотах от уровня моря.

Для установления круглогодичного и устойчивого автомобильного сообщения между административными образованиями в Республике Таджикистан за 25 лет независимости были построены четыре тоннеля через горные перевалы Анзоб, Шахристан, Шар-шар и Чормагзак, общая протяженность которых составляет около 17 км, что в значительной степени способствовало повышению эффективности транспортных процессов (табл. 1.7).

Таблица 1.7 – Тоннели через горные перевалы на территории Республики Таджикистан

Перевал	Тоннель	Высота н.у.м., м		Перепад внутри тоннеля, м	Длина тоннеля, м
		с юга	с севера		
Анзоб	Истиклол	2664	2700	36	4996
Шахристан	Шахристан	2756	2629	127	5253
Чормагзак	Хатлон	1118	1199	81	4450
Шар-шар	Озодӣ	1181	1120	61	2223

Основные автомобильные дороги в Республике расположены вдоль горных рек и крутых склонов. Несмотря на это, на этих участках дорог (на берегах рек и на краях склонов) не всегда предусмотрены защитные ограждения. Горные участки дорог часто не защищены от снежных лавин и заносов, обвалов и камнепада, гололеда, оползневых и просадочных явлений, а также селевых и грязевых потоков. С учетом того, что для автомобильных дорог Республики также характерны достаточно большая интенсивность движения и неоднородность состава транспортного потока, еще больше усугубляются и без того не простые условия эксплуатации автомобилей. Вышеизложенные условия движения автомобилей по горным дорогам, безусловно, способствует значительному увеличению числа маневров. Чем больше число маневров, тем хуже обстоят дела с обеспечением безопасности дорожного движения, тем ниже показатели надежности водителя, автомобиля и дороги. В горных дорогах важно учитывать связь между числом маневров и количеством ДТП, а также его тяжестью, что приобретает особое значение при эксплуатации

крупногабаритных автопоездов с большой грузоподъемностью, которым свойственна достаточно низкая маневренность.

Любой манёвр, по сути, связан с превращением и поглощением энергии. При выполнении манёвра не всегда удастся быстро и «безболезненно» превращать механическую энергию автомобиля в другой вид энергии или поглощать её. Вопросы, связанные с превращением и поглощением энергии в процессе маневрирования на участках дорог с многочисленными продольными уклонами, при управлении автомобилями большой грузоподъемности, несущими в десятки раз большую механическую энергию, чем легковые автомобили, остаются малоизученными [218, 233, 236].

На основе данных, полученных в результате хронометража в условиях эксплуатации большегрузных самосвалов в высокогорных карьерах установлены данные о видах и частоте маневров, которые сведены в табл.1.8.

По данным исследований профессора Саидова Ш.В. [172] в условиях г. Душанбе, т.е. на высоте 800...850 м. над уровнем моря, мощность ДВС снижается до 15 %, что связано с уменьшением плотности и снижением весового заряда цилиндров двигателя. Снижение мощности ДВС, в свою очередь, тесно связано с ухудшением маневренности автомобиля, а последнее имеет немаловажное значение в обеспечении безопасности дорожного движения, особенно в условиях высокогорья.

Немаловажным фактором для горных автодорог является также отсутствие или редкость ремонтно-обслуживающих и медицинских пунктов на достаточно больших расстояниях, медицинских пунктов, тем самым снижается оперативность обслуживания водителей, пассажиров, автомобилей и дорог. Конечно, построение развитой инфраструктуры на горных дорогах задача не из легких, не всегда экономически оправдано, тем не менее, думается, что решение названных задач, однозначно, способствует повышению эффективности организации дорожного движения (ОДД) и обеспечению безопасности дорожного движения (БДД).

Таблица 1.8– Виды и частота маневров в условиях эксплуатации большегрузных самосвалов в высокогорных карьерах

Группа маневра	Вид маневра	Частота маневров на 1 км пути
По ходу	Трогание с места	0,2-0,4 (0,4-1,2)
	Разгон (ускорение)	20-26
	Замедление	15-18
	Торможение	18-24
	Блокировка -юз	-
	Остановка - паркирование	0,3-0,6
В плане	Поворот направо	10-14
	Поворот налево	12-15
	Перестроение	-
	Разворот	0,2
	Движение задним ходом	0,4-0,6
Совместное маневрирование	Обгон	-
	Объезд	0,1-0,2
Погрузка и разгрузка		По одному на езду

Состав и интенсивность движения транспортного потока на отдельных участках автомобильных дорог, соединяющих г. Душанбе с различными регионами, запротоколированные 10 августа 2016 года приведены в табл. 1.9 – 1.14.

Таблица 1.9 – Состав транспортного потока и интенсивность движения на автодороге РБ01 (М34) - Душанбе – Худжанд, общей протяженностью 311,2 км. Время: 7²⁰ – 8²⁰

Вид АТС	Интенсивность движения, авт/ч.		Итого
	из г. Душанбе	в г. Душанбе	
Легковые автомобили	96	588	684
Грузовые автомобили	12	87	99
Микроавтобусы	21	63	84
Автобусы	3	15	18
Всего	132	753	885

Таблица 1.10 – Состав транспортного потока и интенсивность движения на автодороге РБ02 (М41) - Душанбе – Шахринав-Турсунзаде – до границы Республики Узбекистан, общей протяженностью 66,3 км. Время: 8⁰⁰ – 9⁰⁰

Вид АТС	Интенсивность движения, авт/ч.		Итого
	из г. Душанбе	в г. Душанбе	
Легковые автомобили	573	900	1473
Грузовые автомобили	33	27	60
Микроавтобусы	66	72	138
Автобусы	3	3	6
Всего	675	1002	1677

Таблица 1.11 – Состав транспортного потока и интенсивность движения на автодороге РБ04 (М41) - Душанбе – Куляб-Хорог-Мургоб – перевал Кульма-до границы КНР, общей протяженностью 1015,6 км. Время: 10³⁰ – 11³⁰

Вид АТС	Интенсивность движения, авт/ч.		Итого
	из г. Душанбе	в г. Душанбе	
Легковые автомобили	846	1092	1938
Грузовые автомобили	24	84	108
Микроавтобусы	48	42	90
Всего	918	1218	2136

Таблица 1.12 – Состав транспортного потока и интенсивность движения на автодороге РБ07 (А 372) – Вахдат-Рашт-Джиргатаал – до гр. Республики Кыргызстан, общей протяженностью 348,9 км. Время: 11⁰⁰ – 12⁰⁰

Вид АТС	Интенсивность движения, авт/ч.		Итого
	из г. Вахдат	в г. Вахдат	
Легковые автомобили	186	162	348
Грузовые автомобили	6	12	18
Микроавтобусы	18	9	27
Всего	210	183	393

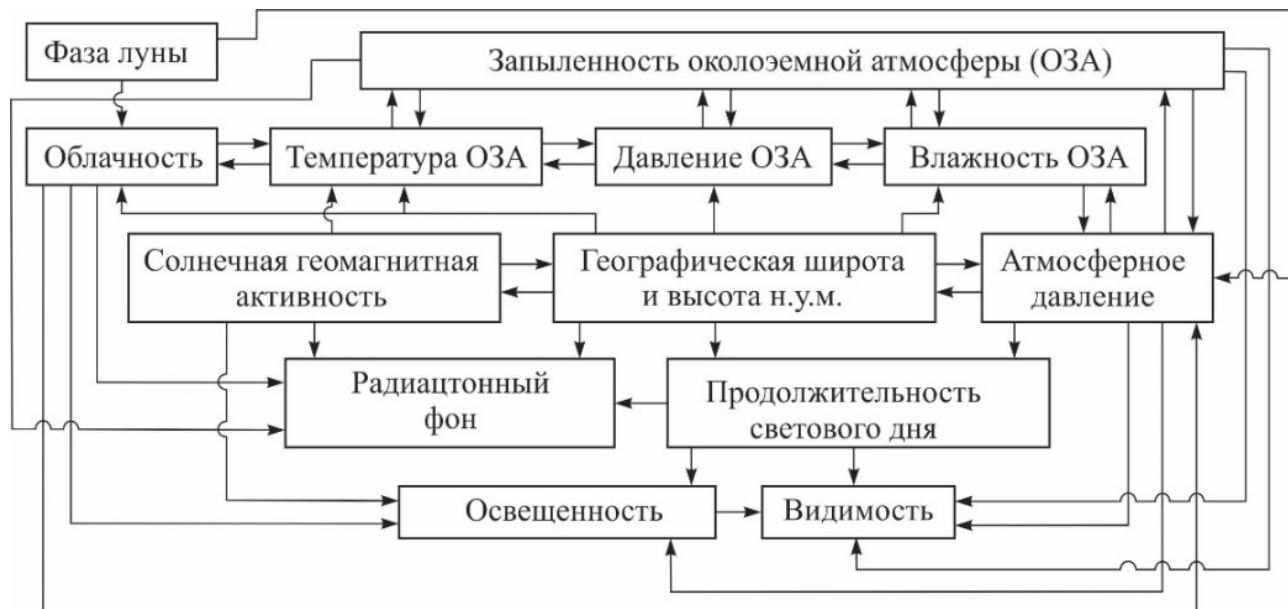
Таблица 1.13 – Состав транспортного потока и интенсивность движения на автодороге РБ09 (А 384) – Душанбе - Рудаки - Шаартуз – Айвадж, общей протяженностью 219,2 км. Время: 13⁰⁰ – 14⁰⁰

Вид АТС	Интенсивность движения, авт/ч.		Итого
	из г. Душанбе	в г. Душанбе	
Легковые автомобили	513	396	909
Грузовые автомобили	54	51	105
Микроавтобусы	132	111	243
Всего	699	458	1157

Таблица 1.14 – Состав транспортного потока и интенсивность движения на автодороге Душанбе – Бохтар. Время: 12⁰⁰ – 13⁰⁰

Вид АТС	Интенсивность движения, авт/ч.		Итого
	из г. Душанбе	в г. Душанбе	
Легковые автомобили	408	291	699
Грузовые автомобили	30	123	153
Микроавтобусы	18	12	30
Автобусы	3	3	6
Тракторы и др.	3	3	6
Всего	462	432	894

Окружающая среда – обобщенное понятие, характеризующее природные условия в конкретно избранном месте и экологическое состояние данной местности [27]. Как компонент системы ВАДС, окружающая среда представляет собой большую и сложную подсистему, в значительной степени влияющей на формирование эффективности ее функционирования (рис.1.9).



В условиях Республики Таджикистан окружающая среда, кроме прочих структурных единиц, характеризуется повышенной запыленностью воздуха.

Уровень запыленности воздуха особенно высока в равнинных и низкогорных регионах. Без того высокий уровень запыленности воздуха в разы может повышаться в период пыльных бурь, а также при эксплуатации автомобилей в условиях горных карьеров, на дорогах с гравийным покрытием и на участках ремонта дороги. По данным гидрометеорологической службы Республики Таджикистан, в период пыльных бурь концентрация пыли в воздухе составляет от 1,5 до 2,0 г/м³. Повышенная концентрация пыли в воздухе отрицательно влияет на самочувствие водителя, способствует повышению абразивного износа трущихся деталей автомобиля. Кроме того, она способствует снижению расстояния видимости, усложняя обеспечение безопасности дорожного движения. В условиях Республики Таджикистан пыл состоит в основном из твердых минералов, в частности из кварца, твердость которого от 4 до 8 раз превышает твердость трущихся деталей автомобиля [235].

На надежность водителя и автомобиля наряду с концентрацией пыли и твердости его компонентов большое воздействие оказывает ее дисперсный состав. Распределение дисперсного состава пыли в условиях Республики Таджикистан характеризуется тем, что основную массу пыли составляют частицы размером до 50 мкм, которая достигает 95% (рис. 1.10, а и б).

Частицы пыли, меньших размеров (менее 20 мкм) составляют 70% всего дисперсного состава. Негативность частиц пыли меньших размеров заключается в том, что они из-за малой массы дольше находятся во взвешенном состоянии в околоземной атмосфере воздуха. Они трудно поддаются очистке и способствуют более интенсивному износу трущихся деталей ДВС и трансмиссии автомобиля.

С целью снижения запыленности воздуха, автомобильные дороги в условиях строительства гидротехнических сооружений в горных регионах Республики Таджикистан поливаются водой в дни отсутствия атмосферного осадка.

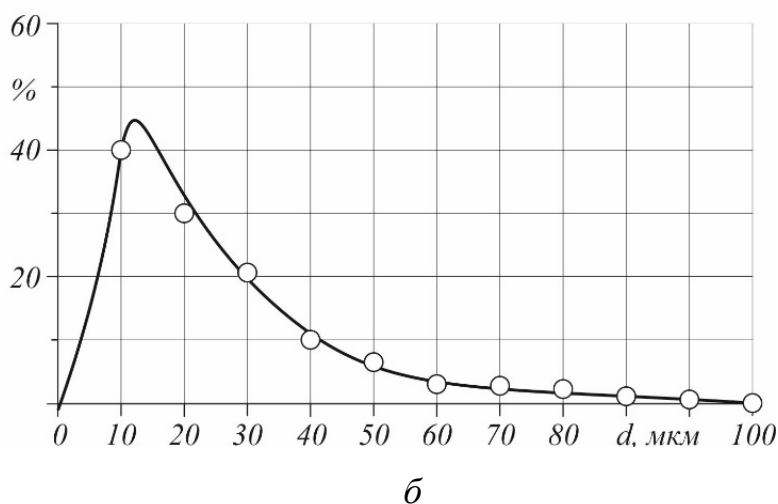
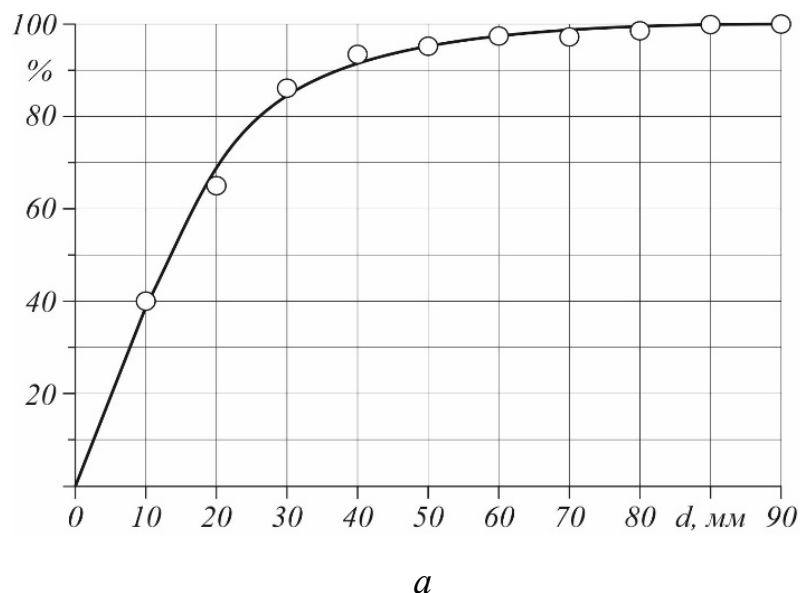


Рисунок 1.10 – Дисперсный состав пыли в горных регионах Республики Таджикистан: *a)* – накопленный опытный дисперсный состав пыли; *б)* – опытная кривая распределения дисперсного состава пыли

Одна из особенностей климата - неравномерное распределение осадков по территории Республики Таджикистан в течение года. В отдельных регионах годовая норма осадков варьирует в очень широких пределах: от нескольких десятков до 1200 мм.

Если предполагать, что жаркий и сухой климат уступает по суровости холодному климату, будет заблуждением. Не каждый водитель, не всякий автомобиль и не каждый километр дорожной сети может надежно выдержать

чрезмерную жару в южных регионах, где летом абсолютный максимум температуры воздуха составляет $+48^{\circ}\text{C}$, а температура почвы достигает $60-70^{\circ}\text{C}$.

На основе вышеизложенного можно утверждать, что окружающую среду в условиях Республики Таджикистан можно относить к категории жесткой и суровой. Одно из словарных толкований термина «суровый» означает «очень тяжелый, трудный, тяжкий». Применительно к подсистеме «среда», в системе ВАДС, термин «суровый» можно характеризовать также большим разнообразием и непредсказуемостью, быстротечностью, динамичностью и, конечно же, экстремальностью протекающих в ней процессов.

1.7 Эффективность функционирования системы ВАДС

Система ВАДС, как и любая другая система, обладает неограниченным числом свойств. При условии, когда каждая отдельная подсистема системы ВАДС функционирует с максимально возможной эффективностью, то эффективность суммы отдельных ее компонентов в целом не будет максимально эффективным. Эффективность системы определяется не столько эффективностью функционирования отдельных подсистем, сколько их рациональным взаимодействием или сочетанием. [241].

В процессе оценки эффективности функционирования системы ВАДС важным моментом является установление ее соответствия своему назначению и предполагает решение двух взаимосвязанных задач:

1. Задача первая. Задача анализа эффективности вариантов структурно-функциональной организации системы ВАДС, представленной в виде совокупности показателей эффективности.

2. Задача вторая, Задача синтеза компонентов системы ВАДС, способствующих оптимальной эффективности функционирования системы ВАДС или синтеза наилучшего варианта структурно-функциональной организации системы согласно с выбранным критерием эффективности.

Задача анализа предполагает установления значения показателей эффективности системы в целом на основе сведений о функциях и параметрах компонентов системы.

Синтез может способствовать повышению эффективности системы, и предполагает оптимизацию сочетаний ее компонентов. Целью синтеза состоит из решения вопроса максимальной адаптации элементов системы между собой для достижения высокой эффективности функционирования системы ВАДС.

Эффективность системы ВАДС, как и любой другой системы, оценивается набором показателей эффективности.

Оценка эффективности системы осуществляется на основе выбора показателя эффективности, которая является мерой одного свойства системы.

При оценке эффективности функционирования системы ВАДС пользуются следующими показателями эффективности (табл. 1.15).

Таблица 1.15 – Показатели оценки эффективности функционирования системы ВАДС

Показатели эффективности	Составляющие показателя эффективности
Функциональные	Производительность, надежность, качество и т.п.;
Энергетические	Мощность, расход топлива, расход электроэнергии и др.
Экономические	Стоимость отдельных компонентов системы, затраты, связанные с функционированием системы и т.д.
Технологические	Трудоемкость поддержания или повышения эффективности системы и т.п.
Антропологические	Экологичность, безопасность, защищенность и т.п.

Эффективность функционирования системы ВАДС может быть оценена достаточно большим числом показателей, которые могут противоречить друг другу. Например, изменение структурной или функциональной организации системы ВАДС может способствовать к улучшению одних и, в то же время, к ухудшению других показателей эффективности. При этом появляется необходимость решения вопросов оптимизации структурно-функциональной организации системы.

Эффективность функционирования системы ВАДС оценивается в соответствии со следующими основными принципами (табл. 1.16).

Таблица 1.16 – Основные принципы эффективности функционирования системы

Принцип	Описание принципа (условия)
Цельность	Соответствие функций элементов условиям сохранения и развития системы
Лабиализация	Изменчивость, подвижность, разнообразия, дублирования функций элементами, способствующие увеличению возможности сохранения, устойчивости и развития системы
Нейтрализация дисфункции	Обеспечение сохранения системы
Совместимость функций	Общность главных функций всех элементов и обеспечение их взаимодействие
Сосредоточения (иерархии) функций	Подчинение функций элементов функциям системы

Оценка отдельных показателей эффективности функционирования системы ВАДС осуществляется при помощи соответствующих числовых характеристик, которые характеризуют степень соответствия установленным

требованиям, т.е. назначению. Каждая из числовых характеристик должна удовлетворять следующим требованиям:

- в зависимости особенностей функционирования системы представлять конкретную величину;
- давать наглядное представление об одном из свойств системы;
- допускать приближенную оценку числовых характеристик параметров систем по экспериментальным данным.

При оценке эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях эксплуатации необходимо учитывать нестационарность процесса грузоперевозок, т.е. возможность изменения оцениваемых параметров во времени. Для обеспечения достоверности полученных данных следует фиксировать условия функционирования системы и период времени, в течении которого получены значение показателя эффективности.

При функционировании системы ВАДС в горных условиях на показатель эффективности $\mathcal{E}$ влияют большое число факторов, из числа которых необходимо выбирать наиболее значимые и устанавливать параметры, характеризующие внешние воздействия, т.е.

$$\mathcal{E} = f(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i; \psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k), \quad (1.1)$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i$ – наиболее значимые факторы, влияющие на показатель эффективности системы; $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k$ – параметры, характеризующие внешние воздействия.

Оценка эффективности функционирования системы ВАДС представляет сложную проблему. Трудности количественной оценки обусловлены не только масштабами перевозок и системной сложностью, но и, в не меньшей степени, особым положением автомобильного транспорта в сфере грузоперевозок, характеризуемого как обеспечивающий (инфраструктурный) сектор. С позиции комплексного анализа система ВАДС может быть рассмотрена как подсистема транспортной системы и, в целом, экономики страны.

Важным показателем оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях является энергоемкость, т.е. удельные расходы

энергии (или топлива) на тонну перевезенных грузов, на тонно-километр грузооборота или на единицу производительности грузоперевозок. Потребление энергии транспортом составляет значительную долю в балансе топливно – энергетических ресурсов. В связи с этим повышение эффективности функционирования системы ВАДС за счет снижения энергетических показателей приобретает важное общэкономическое значение.

Важнейшим из системных свойств оценки функционирования системы ВАДС является производительность грузоперевозок. Для характеристики технического совершенства системы используется коэффициент готовности транспортных средств. К этой группе должны быть отнесены также показатели энергетического совершенства технических средств.

Не менее важными свойствами, характеризующими эффективность функционирования системы ВАДС, являются средняя скорость движения транспортного средства и интенсивность грузооборота.

В результате выбора значимых показателей и определения их численных значений, а также установления характера взаимодействия между ними и рациональное их сочетание в процессе реализации возможностей системы ВАДС, производится системное упорядочение показателей ее эффективности, что в свою очередь способствует развитию транспортного комплекса, так и отдельных видов транспорта.

Системное упорядочение показателей эффективности функционирования системы ВАДС представлено на рис.1.11.

При оценке эффективности системы ВАДС, как сложной транспортной системы, необходимо принимать во внимание два аспекта. Первый – оценка извне системы с позиции народнохозяйственных интересов, которая характеризуется показателями, отражаемыми на макроуровне. Второй – оценка внутри системы ВАДС с позиции интересов отдельного вида ее подсистемы или их структур. Показатели оценки эффективности транспорта при первом и втором аспектах существенно различаются. Поэтому при определении эффективности

транспорта или отдельных его элементов необходимо определить, с каких позиций производится эта оценка.

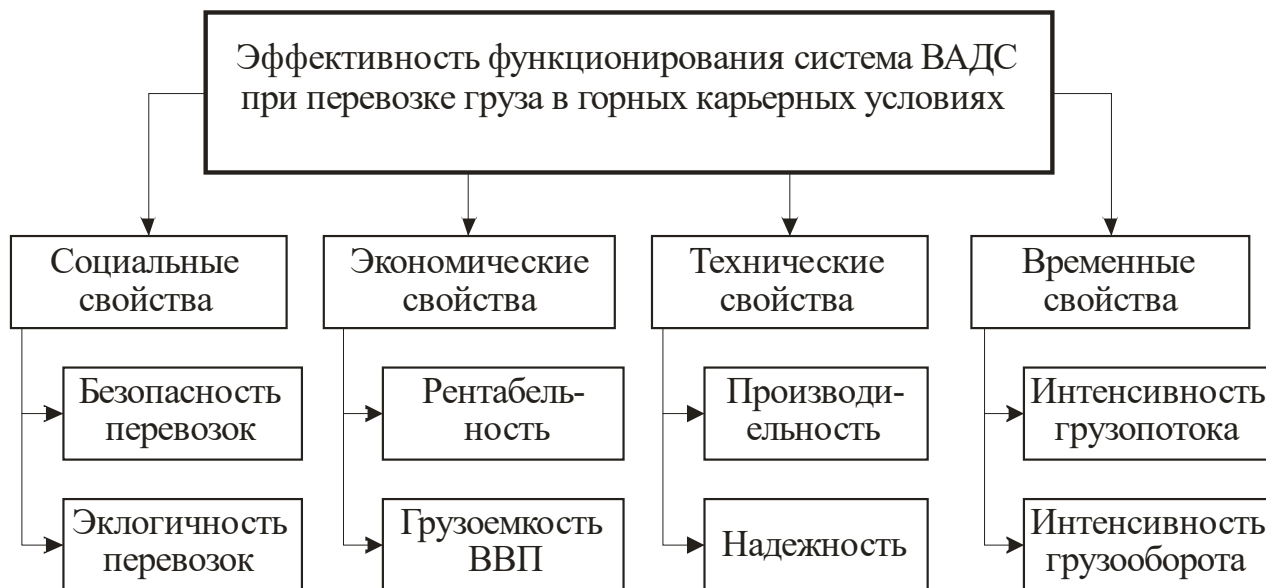


Рисунок 1.11 – Схема системного упорядочения показателей эффективности транспортного комплекса

1.8 Постановка вопроса и задачи исследования

Эффективность системы ВАДС складывается из эффективностей ряда этапов преобразований энергий, начиная с двигателя и кончая преобразованием энергии при взаимодействии колеса с дорожным полотном (энергетический подход оценки эффективности системы ВАДС). С энергетической точки зрения эффективность системы ВАДС (при решении ею вопросов транспортных процессов), даже в благоприятных дорожно-климатических условиях равнинной местности, достаточно низкая. Для автомобилей, оснащенных с традиционными ДВС, она находится в пределах 25-35% от энергии полного сгорания топлива или не превышает 80-85% от КПД двигателя, т.е. $\varepsilon_{\text{ВАДС}} \leq (0,80-0,85)\eta_{\text{двс}}$. Эффективность системы ВАДС в горных условиях эксплуатации гораздо ниже по сравнению с равнинными условиями, что обусловлено большим числом обстоятельств, наиболее значимыми из них являются:

- высота н.у.м.;

- сложность поддержания и управления надежностью автомобилей, автомобильных дорог и водителей;
- быстроменяющиеся и часто суровые метеорологические условия;
- трудность своевременного и качественного проведения ремонтно-обслуживающих мероприятий и внедрения эффективных методов ремонта и ТО автомобилей и автомобильных дорог и т.д.

На основе анализа современного состояния транспортных процессов сформулированы основные проблемы по оценке и обеспечению эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях:

- не разработана концепция комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС;
- не совершенность конструктивно-технологических, нормативно-правовых, организационных и информационных баз (основ) в этой области;
- не разработанность классификационной характеристики, что усложняет адекватный учет особенностей горных условий эксплуатации при оценке функционирования системы ВАДС и изыскании путей повышения ее эффективности;
- отсутствие методик для оценки эффективностей отдельных элементов системы ВАДС;
- отсутствие методики комплексной оценки эффективности системы ВАДС на основе системного подхода.

Оценка и повышение эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях за счет повышения надежности, качества и эффективности функционирования ее компонентов, а также их сочетаний, обусловлено необходимостью теоретического обоснования показателей эффективности автотранспортной системы.

В этой связи, является важным создание теоретических основ комплексной оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС для обоснования принимаемых решений при оценке и прогнозировании эффективности функционирования транспортной системы.

Проблемам оценки и повышения эффективности отдельных элементов системы ВАДС посвящено достаточно исследований, в которых разработаны методические и теоретические основы оценки взаимодействия подсистем водитель –автомобиль, автомобиль-дорога, среда –автомобиль и др.

Вопросам оценки и управления надежностью и эффективностью отдельных элементов системы ВАДС посвящены труды ученых: Кузнецова Е.С., Резника Л.Г., Шейнина А.М., Говорущенко Н.Я., Аринина И.Н., Алиева А.В., Турсунова А.А., Губинского А.И., Половко А.Н., Фокина Ю.Г., и др.

Особенностям эксплуатации автомобилей в горных условиях подробно исследованы в работах Турсунова А.А., Саибова А.А., Саидзода Р.Х., Парцхаладзе Р.М., Левиашвили Г.Р., Трояновской И.П., Абаева А.Х., Сайдуллозода С.С., Абдулло М.А., Давлатшоева Р.А., Топалиди В.А., Кадырова С.М., Эман О.Я., Саттивалдиева Б.С., Аринина И.Н., Авдонькина Ф.Н., Захарова Н.С. и др.

Влияние дорожно-климатических условий на формирование эффективности автомобильного транспорта всесторонне и обстоятельно исследованы такими учеными как Чудаков Е.А., Кузнецов Е.С., Авдонькин Ф.Н., Мамбеталин К.Т., Захаров Н.С., Вахламов В.К., Великанов Д.П., Скрыпников А.В., Девятков М.М., Козлов В.Г., Фаробин Я.Е., Лазарев С.Н., Горшков Ю.Г., Трояновская И.П., и др.

Учеными Турсуновым А.А., Абдулло М.А., Саттивалдиевым Б.С., Саиловым А.А., Парцхаладзе Р.М., Кадыровым С.М., Махалдиани В.В., Двали Р.Е., Топалиди В.А., Алиевым В.А., Давлатшоевым Р.А., исследованы вопросы эффективности автомобилей в горных и высокогорных условиях.

Исследования ряда зарубежных ученых посвящены проблеме оценки и повышения эффективности отдельных элементов и подсистем системы ВАДС и освещены в трудах: Z. Votruba, R. Likaj, F. Jimenez, B. Farahmand, H.J. Walnum, M. Zhou, H. Jin, W. Wang Ю Т. Bellet, F. Jimenez и др.

Проблемы повышения качества, надежности и эффективности отдельных компонентов системы ВАДС достаточно полно освещены в трудах таких ученых

как: Каримов Б.Б., Турсунов А.А., Резник Л.Г., Аригин Н.Н., Рхимов Я.А., Этинген Л.Е., Белкин В.Ш., Проников А.С., Пушкин В.Н., Авдеевский В.С., Некрасов В.К., Маммадов И.М., Тупикова Г.А., Худойбердиев М.Д., Леиашвили Г.Р., Кузнецов Е.С., Максимов Е.А. и др. По результатам исследований ученых в этой области установлено невозможность комплексной оценки эффективности системы ВАДС на основе показателей надежности или эффективности отдельных ее компонентов и подсистем. При этом, вопросы комплексной оценки эффективности функционирования системы ВАДС остаются до конца не изученными.

Эффективность функционирования системы ВАДС зависит от рационального сочетания качества, надежности и эффективности отдельных ее компонентов и подсистем, управлять которыми сопряжено с определенными трудностями. Это предполагает необходимость установления показателей эффективности отдельных компонентов системы ВАДС, с последующим обобщением полученных результатов системы. Эти вопросы освещены в трудах Чудаков Е.А. Лукинского В.С., Зайцева А.И., Каримов Б.Б., Королева Н.К., Кос И.И., Кох П.И., Кубарева А.И., Керимова Ф.Ю., Квейд Э., Джобирова Ф.И., Юнусова М.Ю. и др., которые посвятили свои исследования подсистеме «автомобиль-дорога».

Глубокий анализ работы подсистемы «водитель-дорога» приведен в работах ученых Афанасьева Л.Л., Афанасьева М.Б., Бабкова В.Ф., Калужской Я.А., Кликовштейна Г.И., Лобанова Э.М., Силянова В.В. и др.

Вопросы комплексной оценки эффективности системы ВАДС обоснованы в научных исследованиях Гаврилова К.В., Уланова А.Г., Еремина В.Н. и др.

Оценка надежности и эффективности автомобильной дороги в горных карьерных условиях является задачей не из простых, так как она в данных условиях функционирует под влиянием большого числа факторов и неоднозначностью взаимодействия между ними. Эти обстоятельства существенно усложняют выбор отдельного критерия адекватной оценки надежности и эффективности автомобильной дороги.

Из проведенного обзора исследований следует, что вопросы комплексной энергетической оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях являются до конца непроработанными и нуждается в всестороннем изучении.

Цель работы заключается в разработке научно-методических основ оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

В соответствии с выполненным анализом, состояния проблемы и сформулированной целью предусматривается решение следующих **задач исследования**:

- разработать классификационную схему свойств системы ВАДС при ее функционировании в горных условиях на основе анализа состояния проблемы, связанной с решением вопросов эффективности транспортного процесса;
- обосновать эффективность функционирования отдельных компонентов и степень их совокупного влияния на формирование эффективности системы ВАДС в условиях гор;
- формировать концепции и разработать концептуальные модели для оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;
- уточнить методику и математические зависимости для оценки эффективности функционирования автомобиля в горных условиях;
- разработать методику и аналитические предпосылки для комплексной оценки энергоэффективности системы ВАДС;
- на основе статистики Цаллиса разработать энтропийную модель для оценки эффективности функционирования системы ВАДС;
- обосновать методику количественной оценки качества ремонтируемых и неремонтируемых технических систем;
- разработать инновационный системно - энергетический оптимизационный (ИСЭО) подход для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;
- обобщить результаты теоретических и экспериментальных

исследований;

– обосновать экономическую эффективность результатов исследований.

Общая методология исследования эффективности функционирования системы ВАДС для решения проблем, связанных с усовершенствованием транспортных процессов существенно отличается от методологии эффективности применения системы ВАДС для решения задач, связанных с организацией и обеспечением безопасности дорожного движения (рис.1.12).



Рисунок 1.12 – Общая методология исследования эффективности функционирования системы ВАДС

Другой отличительной особенностью предлагаемой методологии исследования связано с оценкой и изысканием путей ее эффективности функционирования системы ВАДС в суровых горных условиях Республики Таджикистан.

Выводы по главе 1

1. На основе обзора литературных источников и анализа состояния проблемы по оценке и повышению эффективности функционирования системы ВАДС сформулированы цели и задачи исследования. Из проведенного обзора исследований следует, что вопросы комплексной энергетической оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях являются до конца непроработанными и нуждается в всестороннем изучении.

2. Предложены классификационная схема свойств системы ВАДС, а также классификация факторов, влияющих на расход запасных частей ремонтных материалов. При этом выявлены и учтены важные факторы, связанные с горным условием эксплуатации, существенно влияющие на формирование эффективности функционирования системы.

3. Анализировано влияние рельефа местности на эффективность функционирования системы ВАДС. На основе оценки сети автомобильных дорог разработана структура сети автомобильной коммуникации в Республике Таджикистан.

4. Дана оценка эффективности эксплуатации автомобилей в горных условиях и предложена структурная схема автомобильных сообщений между административными единицами Республики Таджикистан.

5. Обоснована структура среды эксплуатации системы ВАДС и дана оценка состояния эффективности эксплуатации автомобилей в горных условиях

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС

2.1 Оценка надежности системы ВАДС в горных условиях

Система ВАДС относится к разряду больших и сложных систем. В горных условиях функционирования она становится еще больше и сложнее. Это обстоятельство связано включением в систему дополнительных элементов, не наблюдаемых при ее функционировании в равнинных условиях. К таким элементам можно отнести высоту н.у.м. и, как следствие, разреженность воздуха, суровые климатические условия, высокий уровень стохастичности показателей взаимодействия между отдельными компонентами системы и др. При этом еще более усугубляются без того противоречивые и неоднозначные закономерности взаимосвязи и отношения между ее компонентами. В горных условиях функционирования система становится более многокритериальной и трудно поддается оценка процессов, протекающих в ней.

В системе ВАДС при ее функционировании в горных условиях почти все взаимодействия между ее компонентами имеют вероятностный характер, чем обусловлена стохастичность показателей эффективности системы в целом. Вероятностный характер показателей эффективности системы ВАДС формируется из вероятностного характера показателей каждого из ее компонентов. Стохастичность показателей эффективности системы ВАДС отчетливо проявляется в условиях эксплуатации автомобилей в горных регионах на автомобильных дорогах с гравийным покрытием. В качестве оценочного параметра стохастичности показателя эффективности системы ВАДС можно принимать колебания тягового сопротивления автомобиля, которые проявляются из-за вероятностного характера множества факторов, основными из которых являются:

- вероятностный характер крутящего момента ДВС и тормозного момента механизма торможения;

- изменчивость рельефа местности горных регионов и профиля автомобильной дороги, а также низкое качество дорожной одежды;
- случайность характера вертикальной нагрузки, приложенной к оси и колесам грузового автомобиля;
- изменчивость частоты и вида маневров и др.

Разнообразие факторов, влияющих на надежность системы ВАДС в горных условиях, по причинно-следственному признаку можно условно сгруппировать на конструкторско-технологические, эксплуатационные и дорожно-климатические (рис. 2.1).

При разработке классификационной схемы учтены особенность горных и высокогорных условий эксплуатации функционирования системы ВАДС, которые характеризуются тем, что в этих условиях проявляются новые факторы, в значительной мере разнящихся от тех факторов, которые характерны для равнинных условий. В качестве таких факторов выступают вероятностный характер внешних воздействий с достаточно высоким коэффициентом вариации, значительные высоты н.у.м. и их изменчивость даже в пределах одного маршрута, профиль дороги со сложной геометрией, неважное состояние площадок для погрузочно-разгрузочных работ и др.

Влияния конструкторско-технологических факторов на надежность карьерных автомобилей усугубляются в горных и высокогорных условиях эксплуатации.

К важным факторам, влияющим на формирование надежности системы ВАДС и ее элементов, можно отнести дорожно-климатические условия, которые можно оценивать как суровый и имеющий явно выраженный вероятностный характер.

По признаку управляемости факторы, формирующие показатели надежности системы ВАДС в горных условиях, можно классифицировать как полностью управляемые, частично управляемые и неуправляемые (рис. 2.2).

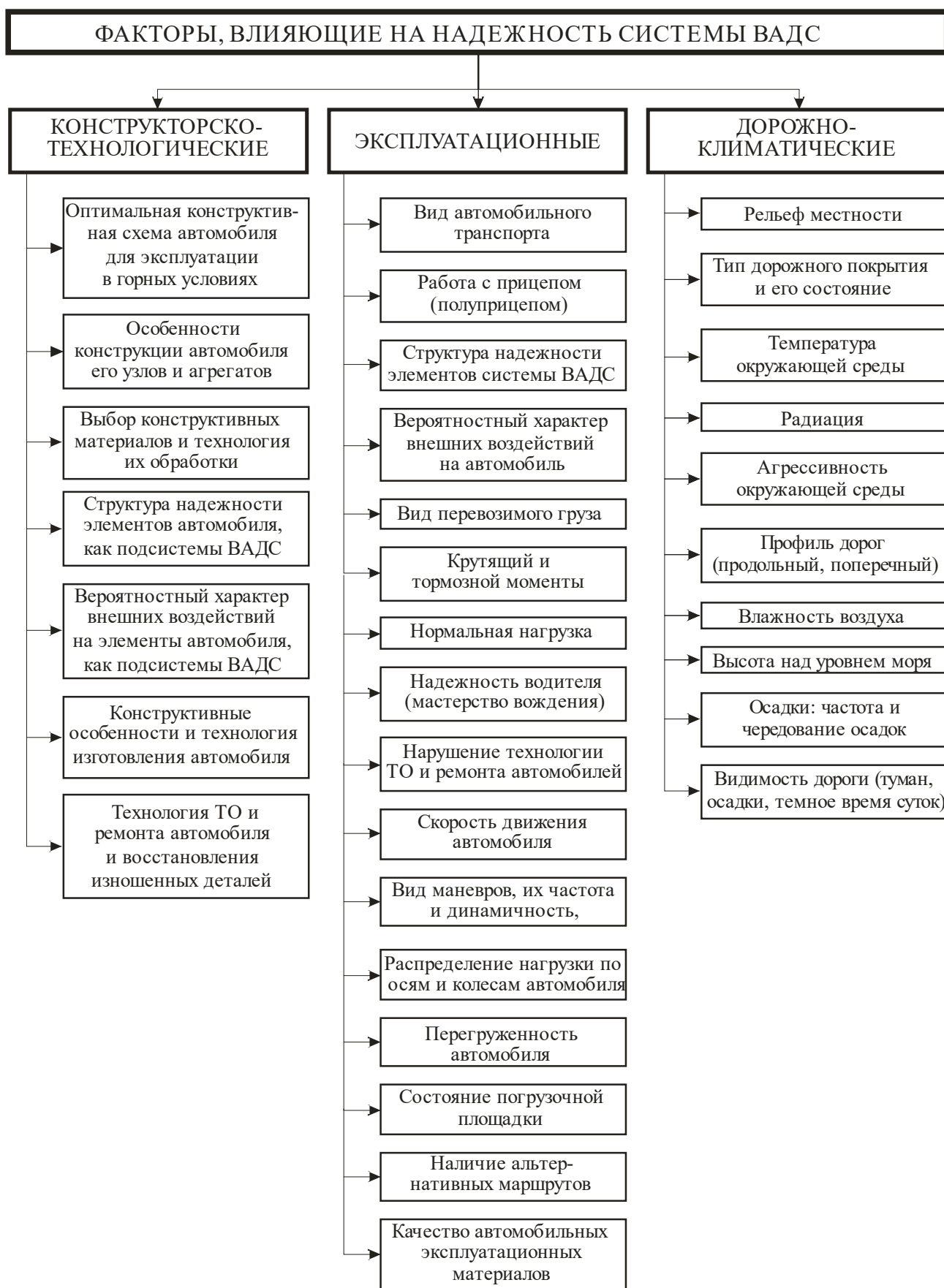


Рисунок 2.1 – Классификация факторов, влияющих на надежность системы ВАДС в горных условиях по причинно-следственному признаку



Рисунок 2.2 – Классификация факторов, влияющих на надежность системы ВАДС в горных условиях по признаку управляемости

В формировании надежности системы ВАДС в горных условиях важным фактором выступает продольный профиль дороги с частыми подъемами и спусками. Автомобильные дороги в горных условиях характеризуется

достаточно большой разницей высот отдельных участках автодороги, где продольные уклоны дорог достигают до 10%. Автомобильные дороги проложены на горных склонах с учетом рельефа местности и ландшафта, а погрузочные площадки расположены случайным образом и др.

Из множества факторов, влияющих на надежность системы ВАДС в сложных горных условиях, важное место отводится к стохастичности характера внешних воздействий. В формировании сложной вероятностной природы факторов, действующих на автомобиль, особое место занимает колебание сил сопротивления, приложенных на автомобиль.

В соответствии с учениями академика В.Н. Болтинского колебания сил сопротивления, приложенных к транспортному средству, можно разделить на две группы:

- высокочастотные колебания с периодом от 1 до 2 с, которые не оказывают влияния на колебания сил сопротивления грузового автомобиля.
- низкочастотные колебания с периодом более 2 с, которые проявляются преимущественно при сочетании действий нескольких факторов. Они оказывают существенное влияние на формирование колебаний сил сопротивления грузового автомобиля. Эти колебания обусловлены колебаниями крутящих моментов на колесах, неустановившимся скоростным режимом движения автомобиля, сложным и изменчивым рельефом местности, сложными геометрическими параметрами дороги и неровностью дорожного покрытия, стохастическим характером вертикальных усилий, приложенных на оси и колесам автомобиля, а также характером и частотой маневров и др.

Вероятностно-статистическая оценка воздействия внешних факторов на динамические параметры автомобиля может быть реализована различными методами, три из которых могут быть использованы для этой цели:

- метод аппроксимации колебания приложенных усилий при помощи синусоиды;
- применение ряда Фурье при аппроксимации периодической функции;
- метод вероятностно-статистической оценки влияния внешних факторов.

Метод аппроксимации колебания приложенных усилий при помощи синусоиды, предложенный акад. Болтинским В.Н. рекомендуется использовать при аппроксимации процессов воздействия, обусловленных неустановившейся внешней нагрузкой (крутящего момента вала двигателя и ее эффективной мощности), т.е.:

$$M_t(t) = +A_m \cdot \sin mt = M_{cp.k} (1 + 0,5 \cdot \delta_m \cdot \sin mt), \quad (2.1)$$

где $M_{cp.k} = 0,5 \cdot (M_{max} + M_{min})$ – среднее значение момента сопротивления на колесах автомобиля; $A_m = 0,5 \cdot M_{cp.k} \cdot \delta_m$ – амплитуда колебаний; $\delta_m = 2A_m / M_{cp.k}$ – степень неравномерности величины момента сопротивления на колёсах M_k ; $m = 2\pi/T_m$ – частота периодического колебания; T_m – период колебаний величины M_k ; $M_{max} = M_{cp.k} (1 + 0,5 \cdot \delta_m)$ M_k ; и $M_{min} = M_{cp.k} (1 - 0,5 \cdot \delta_m)$ – максимальное и минимальное значения момента сопротивления на колесах автомобиля.

Применение ряда Фурье при аппроксимации периодической функции характеризуется тем, что периодическая функция $f(t)$ может быть аппроксимирована следующей зависимостью (при удовлетворении функции $f(t)$ с периодом T_o условиям Дирихле):

$$f(t) = A_o + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \cos k\omega_o t + B_k \sin k\omega_o t), \quad (2.2)$$

где A_o – постоянное число, равное среднему значению искомой функции $f(t)$; k – порядок внешней гармоник ($k = 0; 1; 2; \dots; \infty$); A_k и B_k – коэффициенты тригонометрического ряда Фурье; $\omega_o = 2\pi/T_o$ – круговая частота основной гармоник; t – период основной гармоник, равный периоду функции.

Коэффициенты A_o , A_k и B_k определяются из формул:

$$A_o = \frac{1}{T_o} \int_{-T_o/2}^{T_o/2} f(t) dt; \quad A_k = \frac{2}{T_o} \int_{-T_o/2}^{T_o/2} f(t) \cos \omega_o t dt; \\ B_k = \frac{2}{T_o} \int_{-T_o/2}^{T_o/2} f(t) \sin \omega_o t dt. \quad (2.3)$$

Для адекватной оценки колебания факторов по второму методу целесообразно учитывать первые 10 ... 12 гармоник периодической функции $f(t)$.

Для учета влияния колебаний внешних факторов на показатели надёжности автомобиля целесообразным считается третий метод - вероятностно-статистическая оценка влияния внешних факторов, основу которого составляет

метод функций случайных аргументов. Суть данного метода заключается в том, что значения аргумента x и функции y , как переменные величины взаимосвязаны детерминированной зависимостью $y_i = f(x)$.

Вероятностная природа внешних воздействий на автомобиль обусловлена случайным характером входных x_i и выходных y_i переменных, которые определяются из выражений:

$$- \text{среднее значение } \bar{y} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \varphi(x) d(x); \quad (2.4)$$

$$- \text{дисперсия } D(y) = \int_{-\infty}^{\infty} [f(x) - \bar{y}]^2 \varphi(y) d(x); \quad (2.5)$$

$$- \text{среднее квадратическое отклонение } \sigma_y = [D(y)]^{1/2}; \quad (2.6)$$

$$- \text{коэффициент вариации } v_y = \sigma_y / \bar{y}. \quad (2.7)$$

Предполагая, что влияние низкочастотных колебаний внешних нагрузок распределяются по нормальному закону (Гаусса), плотность распределения вероятностей определяется по формуле

$$\varphi(x) = (\sigma_x \sqrt{2\pi})^{-1} \exp \left[-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2} \right], \quad (2.8)$$

где $\bar{x}$, σ_x и σ_x^2 – соответственно, среднее значение, среднее квадратическое отклонение и дисперсия случайной величины x .

Основные оценочные показатели надежности системы ВАДС и ее компонентов, в том числе надежности автомобиля, с учетом вероятностной природы внешних воздействий, устанавливаются на основе выбора законов распределения входных $\varphi(x)$ и выходных $\varphi(y)$ переменных, а также функции связи $f(x)$, входящие в выражения (2.4) ... (2.8).

2.2 Моделирование эффективности управления автомобилем

Автомобиль – это своего рода энергетическая машина. В автомобиле происходит превращение тепловой (как обычно) энергии в механическую работу, используемой для транспортировки пассажиров и груза [225, 236]. В отличие от легкового автомобиля в грузовом автомобиле обычно преобразуется больше энергии в механическую работу, используемую для выполнения

большого объема полезной работы. В обоих случаях эффективность преобразования тепловой энергии в механическую работу, используемого для выполнения той или иной полезной работы, зависит от большого числа параметров (критериев), в числе которых наряду с конструктивными особенностями автомобиля, немаловажная роль отводится эффективности функционирования водителя [220]. Водитель выступает ключевым фактором в формировании и регулировании эффективности преобразования тепловой энергии в механическую работу, используемого для выполнения полезной работы (транспортной операции) [44]. Следовательно, водитель большегрузного автомобиля активно участвует в преобразовании гораздо (значительно) большей тепловой энергии в совершаемую полезную работу, формируя при этом эффективность функционирования автомобиля и в целом системы ВАДС [220, 236].

Эффективность управления автомобилем $\mathcal{E}_D$ определяется из формулы

$$\mathcal{E}_D = R_D / R_i \quad (2.9)$$

где R_D – результат достигнутый; R_i – ресурс израсходованный.

Энергетическая составляющая эффективности водителя $\mathcal{E}_{эн}$ может быть установлено на основе отношения удельного расхода топлива на единицу выполненной работы или на единицу наработки (рис. 2.3).

Эффективность функционирования системы ВАДС и ее подсистем (водитель, автомобиль и дорога) в горных и высокогорных условиях эксплуатации заметно ухудшаются по отношению с равнинными условиями. Что касается ухудшения эффективности водителя в горных и особенно в высокогорных условиях, то она проявляется быстрой его усталостью, неважным самочувствием, недостаточностью кислорода и др. Все это приводит к более агрессивному управлению автомобилем, и как следствие, к повышению риска ДТП, снижению производительности труда, повышенному расходу топлива, частым отказам шин и т.д. При этом повышение эффективности управления автомобилем зависит от ряда факторов, наиболее важными из которых связаны

с приобретенным мастерством вождения, знания, умения и навыки управления автомобилем.

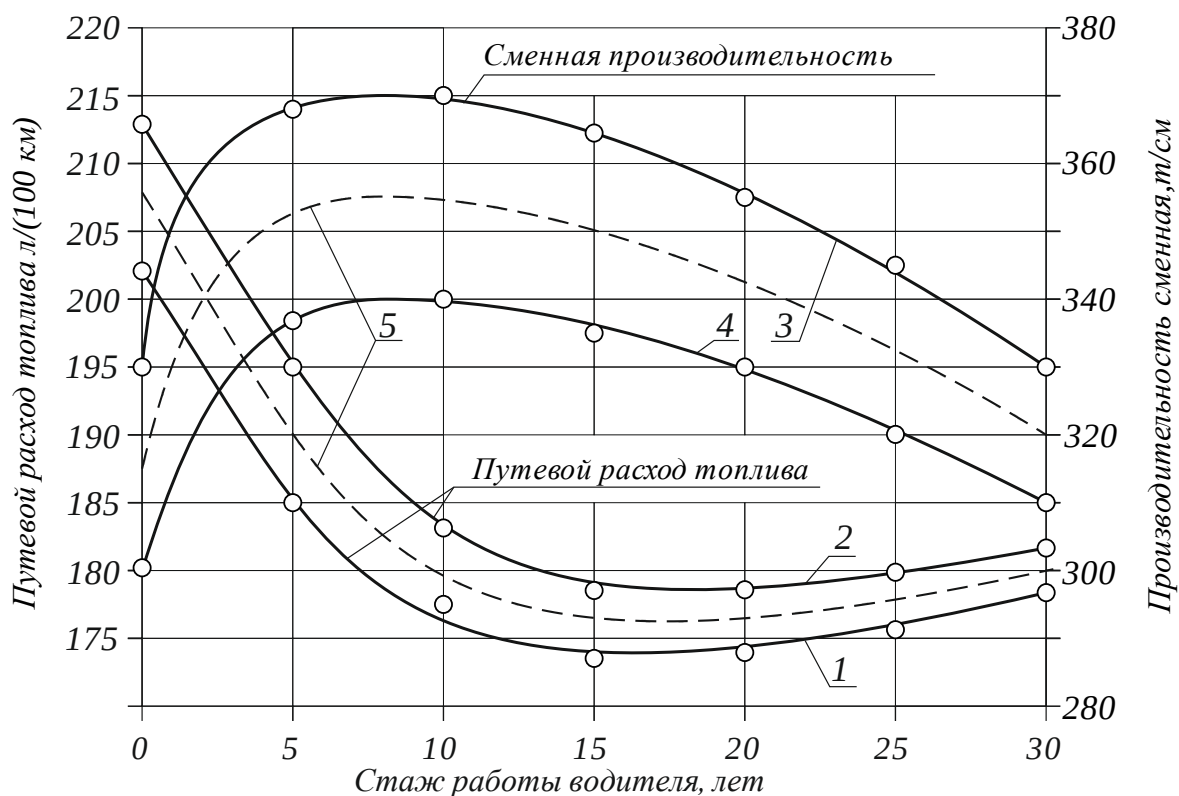


Рисунок 2.3 – Зависимость путевого расхода топлива и сменной производительности от стажа работы водителя: 1 и 3 – бережливый стиль вождения; 2 и 4 – агрессивный стиль вождения; 5 – средние значения показателей

Ключевой роль отводится эффективности управления автомобилем по экономическому показателю $\mathcal{E}_{\text{эк}}$, что приобретает особую важность в горных и высокогорных условиях эксплуатации автомобиля.

Данный показатель можно косвенно определить по сменной производительности автомобиля в зависимости от стиля вождения.

Установлено, что в горных условиях функционирования системы ВАДС наилучшие показатели сменной производительности грузоперевозок, при прочих равных условиях, наблюдается при управлении автомобилем, начиная с трехлетнего по шестнадцатилетний стаж работы водителя. При этом, максимальное значение производительности грузоперевозок отмечается на восьмом году стажа работы водителя.

Эффективность управления автомобилем по показателю материальных затрат $\mathcal{E}_m$ можно оценить по расходу запасных частей и ремонтно-эксплуатационных материалов (рис. 2.4).

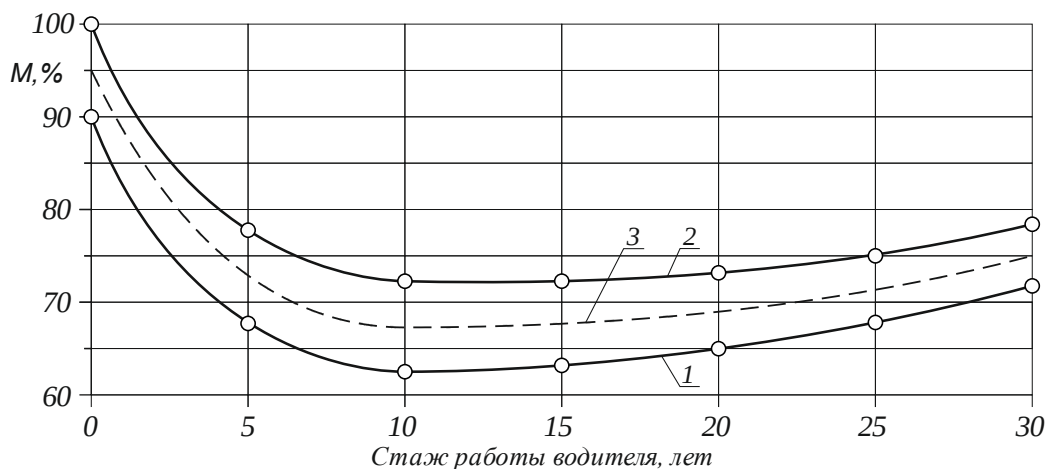


Рисунок 2.4 – График зависимости расхода запасных частей и материалов (ремонтных и эксплуатационных) от стажа работы водителя: 1 и 2 – бережливый и агрессивный стили вождения; 3 – среднее значение показателя

Показатели эффективности водителя при управлении автомобилем в суровых горных условиях по показателю надежности $\mathcal{E}_n$ могут быть определены на основе экономических критериев безотказности и долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости автомобиля (рис. 2.5).

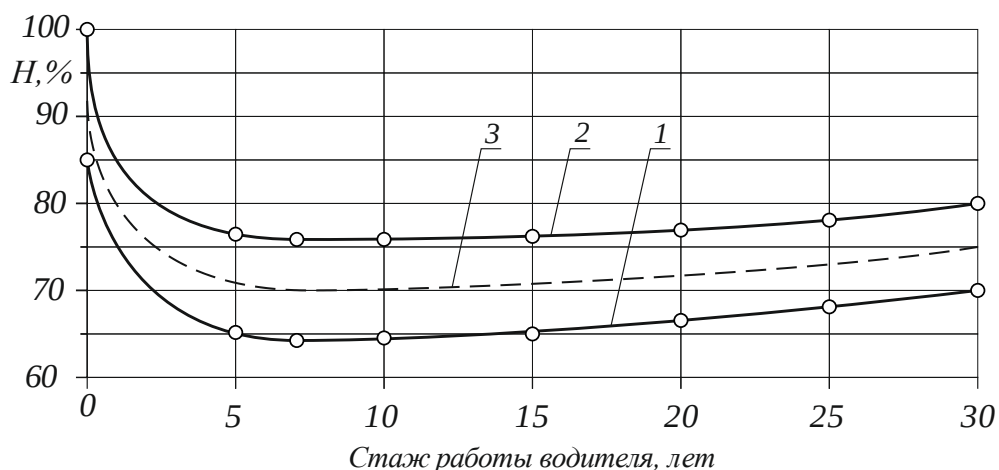


Рисунок 2.5 – График зависимости показателей надежности автомобиля-самосвала БелАЗ-7540, эксплуатируемого в горных карьерных условиях, от стажа работы водителя: 1 и 2 – соответственно бережливый и агрессивный стили вождения; 3 – среднее значение показателя

Управление автомобилем – это сложный физический, умственный и эмоциональный процесс, эффективность $\mathcal{E}_B$ которого в течении смены меняется в значительных пределах и может быть определена как произведение нескольких показателей: энергетического $\mathcal{E}_{\text{эн}}$, экономического $\mathcal{E}_{\text{эк}}$, надежностного $\mathcal{E}_{\text{н}}$, показателей, а также с учетом материальных затрат $\mathcal{E}_{\text{м}}$

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = \prod_{i=1}^n \cdot \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{\text{эн}} \cdot \mathcal{E}_{\text{эк}} \cdot \mathcal{E}_{\text{н}} \cdot \mathcal{E}_{\text{м}}. \quad (2.10)$$

Эффективность водителя по энергетическому показателю $\mathcal{E}_{\text{эн}}$ рассчитывается как отношение минимального путевого расхода Q_{min} к текущему его значению Q_i по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эн}} = \frac{Q_{\text{min}}}{Q_i}. \quad (2.11)$$

Эффективность водителя по экономическому показателю $\mathcal{E}_{\text{эк}}$ рассчитывается как отношение максимальной производительности Π_{max} к текущему его значению Π_i по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{эк}} = \frac{\Pi_{\text{max}}}{\Pi_i}. \quad (2.12)$$

Эффективность водителя по показателю надежности $\mathcal{E}_{\text{н}}$ определяется из отношения

$$\mathcal{E}_{\text{н}} = \frac{H_{\text{max}}}{H_i}, \quad (2.13)$$

где H_{max} и H_i – соответственно, максимальное и текущее значения оценочного показателя надежности автомобиля.

Эффективность водителя по материальным затратам $\mathcal{E}_{\text{м}}$ определяется из отношения

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = \frac{M_{\text{min}}}{M_i}. \quad (2.14)$$

где M_{min} и M_i – соответственно, минимальное и текущее значения материальных затрат в зависимости от стиля вождения автомобилем.

При замене множителей в выражении (2.10) на соответствующие отношения (2.11 – 2.14) получается

$$\mathcal{E}_B = \frac{Q_{\text{min}}}{Q_i} \cdot \frac{\Pi_{\text{max}}}{\Pi_i} \cdot \frac{H_{\text{max}}}{H_i} \cdot \frac{M_{\text{min}}}{M_i}. \quad (2.15)$$

Результаты оценки эффективности управления большегрузными карьерными автомобилями–самосвалами БелАЗ-7540В при строительстве Рогунской ГЭС, определенные в соответствии с последним выражением сведены в табл. 2.1.

Результаты расчетов согласно выражению (2.11) с использованием данных многолетних наблюдений представлен в виде графика зависимости эффективности управления большегрузным карьерным автомобилем–самосвалом от стажа работы водителя (рис. 2.6).

Таблица 2.1 – Результаты оценки эффективности управления большегрузными карьерными автомобилями–самосвалами БелАЗ-7540В при строительстве Рогунской ГЭС

Показатель	Стаж работы водителя, лет							
	0	5	8	10	15	20	25	30
Путевой расход топлива Q_i , л/(100 км)	208,0	190,0	182,0	179,5	176,5	176,5	178,0	180,0
Q_{min} / Q_i	0,845	0,930	0,970	0,980	1,000	1,000	0,992	0,981
Производительность грузоперевозок P_i , т/см	315,0	353,0	355,0	354,0	350,0	343,0	333,0	320,0
P_{max} / P_i	0,887	0,999	1,000	0,997	0,986	0,966	0,938	0,901
Материальные затраты, M_i	95,0	80,0	68,0	67,0	68,0	39,0	71,0	75,0
M_{min} / M_i	0,705	0,838	0,985	1,000	0,985	0,971	0,944	0,893
Надежность автомобиля, H_i	90,0	71,0	70,0	70,0	71,0	72,0	73,0	75,0
H_{max} / H_i	0,778	0,986	1,000	1,000	0,986	0,972	0,959	0,933
Эффективность управления автомобилем, $\mathcal{E}_B$	0,413	0,763	0,956	0,980	0,958	0,912	0,842	0,737

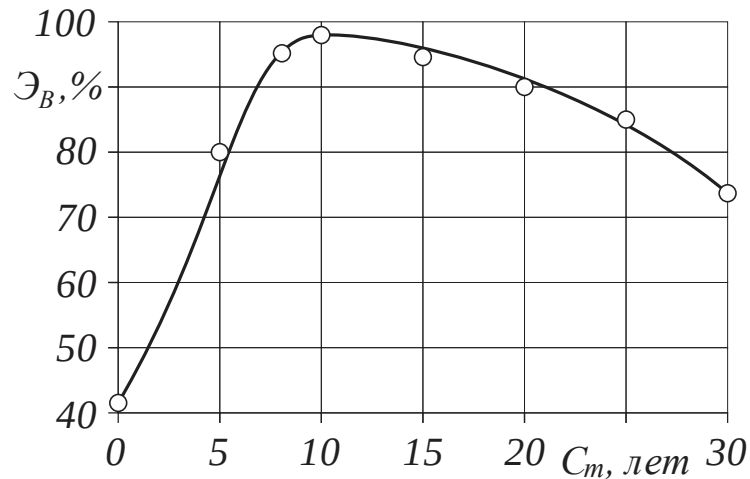


Рисунок 2.6 – График зависимости эффективности управления автомобилем-самосвалом БелАЗ-7540В в горных карьерных условиях от стажа работы водителя

По результатам обработки эмпирических данных об эффективности управления большегрузным карьерным автомобилем-самосвалом БелАЗ-7540В, эксплуатируемым на строительстве Рогунской ГЭС, представлено уравнение регрессии в виде интерполяционного многочлена Лагранжа

$$\mathcal{E}_B = 0,00886 t^3 + 0,582 t^2 + 10,63 t + 41,31, \quad (2.16)$$

где t – стаж работы водителя, лет.

2.3 Концептуальная модель оценки эффективности системы ВАДС

На сегодня не существует однозначного определения эффективности системы ВАДС. Следовательно, не существует единой и всеохватывающей концептуальной модели оценки эффективности системы ВАДС. Концептуальность модели можно оценить по имеющему ведущему замыслу и основной точке зрения в определенном виде деятельности [73, 225, 236].

Концептуальность предлагаемой модели оценки эффективности системы ВАДС подтверждается рядом положений:

- концептуальность разработанной модели для оценки эффективности системы ВАДС заключается в том, что он предполагает оценку эффективности системы ВАДС по энергетическому показателю. На сегодня имеются достаточно

моделей, связанных с оценкой и повышением надежности и эффективности функционирования системы ВАДС и ее подсистем. При этом, согласно предложенной модели, оценка осуществляется на основе комплексного показателя функционирования системы ВАДС, каковым является ее эффективность;

- существенным и ведущим замыслом предложенной концепции тождественен с исследованием и оценкой эффективности функционирования системы ВАДС на основе фундаментальных законов природы, в данном случае, на основе закона сохранения энергии;

- концепция энергетической оценки эффективности системы ВАДС разработана с учетом вероятностной природы преобразования и передачи энергии между подсистемами и между элементами подсистемы. Исходя из этого, предлагается применять вероятностно-статистические методы оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

- эффективность функционирования системы ВАДС отождествляется эффективностью последовательного преобразования энергии в отдельных ее подсистемах, а также их взаимной обусловленностью и определяется как отношение полезной работы, выполненной системой ВАДС к общему количеству затраченной энергии, необходимой для ее функционирования т.е.

$$\mathcal{E} = (A_{\text{п}}/Q) \cdot 100\% , \quad (2.17)$$

где $A_{\text{п}} = P_T \cdot S \cdot \cos \alpha$, – полезная работа, выполненная системой ВАДС, Дж;
 $Q = g_{\text{л}} \cdot H_{\text{у}} \cdot S$ – общее количество энергии, затраченной на выполнении полезной работы, Дж [61].

Следовательно, выражение (2.17) можно преобразовать в виде нижеследующего отношения

$$\mathcal{E} = \frac{P_T \cdot S \cdot \cos \alpha}{g_{\text{л}} \cdot H_{\text{у}} \cdot S} \cdot 100\% = \frac{P_T \cdot \cos \alpha}{g_{\text{л}} \cdot H_{\text{у}}} \cdot 100\%. \quad (2.18)$$

Здесь P_T – тяговое усилие автомобиля, Н; S – пройденный путь, км; α – угол между направлениями силы тяги и перемещением автомобиля, град; $g_{\text{л}}$ –

номинальный путевой расход топлива, кг/(100 км); H_u – низшая теплотворная способность топлива, МДж/кг.

Тяговое усилие автомобиля P_T определяется как сумма сил сопротивления качению автомобиля P_f , сопротивления при движении автомобиля на подъем P_i , инерции поступательно движущихся и вращающихся масс автомобиля P_j и сопротивления воздуха P_w

$$P_T = P_f + P_i + P_j + P_w. \quad (2.19)$$

Сила сопротивления качению автомобиля рассчитывается по формуле

$$P_f = f \cdot G_a, \quad (2.20)$$

где f – коэффициент качения колес автомобиля, обусловленный типом и состоянием дорожного покрытия, типом, состоянием и конструктивными особенностями автомобильной шины.

Сила сопротивления при на подъем определяется произведения

$$P_i = G_a \cdot \sin \alpha, \quad (2.21)$$

где α – угол наклона дороги.

При углах наклона дороги, не превышающих 9° , можно принимать

$$\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx i, \quad (2.22)$$

где i – коэффициент уклона дороги.

В автомобильных дорогах, проложенных в горных и высокогорных карьерах, угол подъема (спуска) дороги нередко достигает 12° градусов, а в отдельных случаях подъемы (спуски) могут превышать указанный предел. В связи с этим расчеты силы сопротивления на подъем рекомендуется вести согласно формуле (2.21).

На практике, обычно при расчетах суммарной силы сопротивления движению автомобиля, удобно пользоваться суммарным коэффициентом дорожного сопротивления ψ , который учитывает совокупные потери энергии на качение и подъем

$$\psi = f + \sin \alpha. \quad (2.23)$$

С учетом формулы (2.23) суммарная сила сопротивления дороги определяется из выражения

$$P_{\psi} = \psi \cdot G_a. \quad (2.24)$$

Силы инерции P_j поступательно движущихся и вращающихся масс автомобиля определяется из выражения

$$P_j = \pm m_a \cdot \delta_m \cdot dv/dt, \quad (2.25)$$

где m_a и δ_m – соответственно, движущиеся поступательно и вращающиеся массы автомобиля.

Коэффициент учета вращающихся масс автомобиля δ_m , определяется из выражения

$$\delta_m = 1,04 + 0,05 i_{kn}^2, \quad (2.26)$$

где i_{kn} – передаточное число коробки перемены передач.

При эксплуатации автомобилей в условиях горных карьеров можно не принимать во внимание силу сопротивления воздуха по двум причинам: из-за разреженности воздуха и скорости движения автомобиля, среднее значение которого, как правило, не превышающего 20 км/ч.

С учетом формул (2.20 ... 2.26) формулу (2.19) можно переписывать как

$$P_T = P_{\psi} + P_j = \psi \cdot G_a \pm m_a \cdot \delta_m \cdot dv/dt = m_a (\psi g \pm \delta_m \cdot dv/dt). \quad (2.27)$$

Подставляя значение тягового усилия P_T автомобиля из выражения (2.27) в формулу (2.18), получим дифференциальное уравнение для расчета эффективности системы ВАДС

$$\mathcal{E} = P_T \cdot \cos \alpha / (g_{\text{л}} \cdot H_u) \cdot 100\% = m_a (\psi \cdot g \pm \delta_{np} \cdot dv/dt) \cdot \cos \alpha / (g_{\text{л}} \cdot H_u) \cdot 100\%. \quad (2.28)$$

Установлено, что в условиях функционирования системы ВАДС (водитель – автомобиль БелАЗ-7540В – карьерная дорога – среда) при строительстве Рогунской ГЭС показатели, характеризующие ее эффективность, варьируют в следующих пределах:

- стаж работы водителя до 30 лет;
- скорость движения автомобиля – $V_a = 0 \dots 20$ км/ч;
- масса перевозимого груза (для автомобилей БелАЗ-7540В)

$m_c = 23 \dots 37$ т, при этом среднее арифметическое значение массы перевозимого груза равняется $m_{cp} = 32,17$ т, среднее квадратическое отклонение – $\sigma = 1,93$ т, а коэффициент вариации – $v = 6\%$;

- фактический путевой расход топлива от 215 до 225 л/(100 км);
- продольный уклон дороги варьирует в пределах от 0 до 12 град.;
- обобщенный динамический коэффициент дорги $K_D = 0,120 \dots 0,128$;
- температура воздуха от -25 до $+40^\circ\text{C}$;
- высота н.у.м. от 1000 до 1500 м;
- длина ездки от 9 до 15 км.

2.4 Моделирование расхода топлива в процессе грузоперевозок в горных условиях эксплуатации

Большегрузные карьерные самосвалы в условиях Республики Таджикистан эксплуатируются, в основном, на строительстве гидротехнических сооружений, горнодобывающих и горно-обогатительных предприятиях. Ввиду того, что 93% территории Республики Таджикистан занимают горы, то большое число из названных сооружений и предприятий расположены в горных и высокогорных регионах республики. Следовательно, из-за сложности геометрии автомобильных дорог, низкой их надежности, изменчивости условий внешней среды, круглосуточная – трехсменная их эксплуатация, а также из-за значительной высоты над уровнем моря, автомобили эксплуатируются в суровых, близких к экстремальным условиям. Условия эксплуатации карьерных самосвалов в Республике Таджикистан, однозначно, можно отнести к наиболее суровым, из всех условий, где на Земном шаре эксплуатируются подобные автомобили. Суровость же условий эксплуатации карьерных самосвалов обуславливает соответствующую надежность системы ВАДС. В связи с вышеизложенным, условия эксплуатации карьерных самосвалов в горных регионах Республики Таджикистан можно отнести к экстремально суровым.

Несмотря на суровость условий эксплуатации можно принимать меры по предупреждению снижения надежности системы ВАДС. Автомобили самосвалы БелАЗ-7540В, HOWO-336 и SHACMAN-360 вполне оправдали себя как надежные автомобили в условиях Республики Таджикистан. Для оценки и

повышения эффективности эксплуатации автомобилей в условиях Республики Таджикистан возникает необходимость исследования их технико-экономических показателей.

Важным параметром, обуславливающим эффективность эксплуатации автомобилей в условиях Республики Таджикистан, является путевой расход топлива, который в отдельных случаях может превышать два и более раза от номинального (базового) значения. Например, для автомобиля БелАЗ-7540В в условиях эксплуатации на горных карьерах этот показатель в особо сложных участках маршрута при движении на подъем, может достигать до 330 л/(100км) и выше.

Из множества факторов, формирующих путевой расход топлива, доминирующими факторами выступают сложность дорожных условий, масса перевозимого груза и высота н.у.м., влияние которых на расход топлива практически невозможно снизить путем организационно-технических мероприятий.

Путевой (линейный) расход топлива – это расход топлива на единицу пройденного пути автомобилем или другой мобильной машиной. Обычно для автомобилей путевой расход топлива измеряется как л/(100 км) или кг/(100 км). По сути, путевой расход топлива – это удельный расход топлива, отнесенный к единице пройденного пути автомобилем или другой мобильной машиной. Для характеристики эффективности работы ДВС, обычно, пользуются удельным эффективным расходом топлива (g_e), равным отношению часового расхода топлива (G_T) к эффективной мощности двигателя (N_e) т.е. $g_e = 10^3 G_T / N_e$, г/(кВт·ч). Другими словами, удельный расход топлива – это расход топлива, отнесенный на единицу выполненной работы

$$g_e = \frac{G_T}{3,6 \cdot N_e}, \frac{\text{г}}{\text{кДж}}. \quad (2.29)$$

Несмотря на важность показателя g_e , на практике, для расчета расхода топлива, удобно пользоваться путевым расходом топлива.

Расход топлива автомобилем нормируется на основе путевого расхода топлива. Путевой расход топлива можно определить по формулам

$$G_{\Pi} = \frac{G_T}{100 \cdot V} = \frac{Q}{S}, \frac{\text{кг}}{(100 \text{ км})}, \quad (2.30)$$

$$\text{или} \quad G_{\Pi} = \frac{G_T}{100 \cdot V \cdot \rho_T} = \frac{Q}{S \cdot \rho_T}, \frac{\text{л}}{(100 \text{ км})}, \quad (2.31)$$

где G_T – часовой расход топлива, кг/ч; V – скорость движения автомобиля, км/ч; Q – расход топлива за промежуток времени t , кг; S – путь, пройденный автомобилем за то же времени t , км; ρ_m – плотность дизельного топлива, кг/л.

Для автомобиля-самосвала марки БелАЗ-7540В, оснащенного V-образным 12-и цилиндровым (V12) дизелем марки ЯМЗ-240М2-1 и ГМП 3+1, развивающего номинальную мощность 265 кВт (360 л.с.) путевой расход топлива составляет – 132,5 л/(100 км) или 113,95 кг/(100 км) при работе на летнем дизельном топливе плотностью 0,860 кг/л. Для автомобилей-самосвалов марок HOWO-336 и SHACMAN-360 определены расчетным путем. В различных карьерах на территории Республики Таджикистан, а также при эксплуатации автомобилей-самосвалов в одних и тех же карьерах, но в различных эксплуатационных условиях этот показатель может варьировать в довольно широких пределах. Для карьерных самосвалов к основным критериям, характеризующим условия эксплуатации, можно отнести следующие: природно-климатические условия (высота над уровнем моря, температура окружающей среды и др.); дорожные условия; плечо маршрута перевозки; нагрузочный и скоростной режимы движения; техническое состояние автомобиля, связанного с своевременностью и качеством проведения ТО и ремонта; качества применяемого топлива и др. [227].

На основе результатов экспериментальных исследований для определения путевого расхода топлива автомобилями – самосвалами в горных условиях предлагается эмпирическая формула

$$\sum Q_{\text{пут.}} = Q_B + 0,012 \cdot h \pm 18 \cdot i + k_d \cdot Q_B + 1,5 \cdot m_{\text{гр.}}, \quad (2.32)$$

где Q_B – базовый путевой расход топлива автомобилем (для автомобиля-самосвала БелАЗ-7540В $Q_B = 132,5$ л/(100 км), а для автомобилей-самосвалов HOWO-336 и SHACMAN-360 базовые значения путевого расхода топлива определены расчетным путем; h – высота н.у.м., м; i – среднее значение уклона

дороги; k_d – динамический коэффициент, учитывающий сложность условий эксплуатации, значение которого зависит от состояния дорожного полотна, геометрии дороги, интенсивности движения, соотношения установившегося и неуставившегося движений и т.д. (для условий строительства Рогунской ГЭС можно принимать $k_d = 0,12-0,13$); $m_{гр}$ – масса перевозимого груза.

Выражение (2.32) можно переписать в нижеследующем виде

$$\sum Q_{\text{пут.}} = (1 + k_d) \cdot Q_B + 0,012 \cdot h \pm 18 \cdot i + 1,5 \cdot m_{гр}. \quad (2.33)$$

Предложенная эмпирическая формула хорошо согласуется с результатами экспериментального исследования для условий строительства Рогунской ГЭС. В предложенной эмпирической формуле не учитывается влияние температуры и сопротивления воздуха на путевой расход топлива. Дело в том, что в условиях строительства Рогунской ГЭС среднегодовое значение температуры воздуха составляет $8,2^\circ\text{C}$, а среднее значение скорости движения автомобилей-самосвалов в условиях строительства Рогунской ГЭС варьирует в пределах $10...30$ км/ч.

Для большегрузных автомобилей-самосвалов в горных условиях эксплуатации путевой расход топлива для одной ездки можно определить по эмпирической формуле

$$\sum Q_{\text{пут.}} = 1,125 \cdot Q_B + 0,012 \cdot h + 0,75 \cdot m_{гр}. \quad (2.34)$$

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

В качестве объектов исследования были выбраны большегрузные автомобили-самосвалы марок БелАЗ-7540В, HOWO-336 и SHACMAN-360, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС.

Целью экспериментальных исследований являлась сравнительная оценка топливно-экономических показателей, показателей качества, надежности, производительности и эффективности функционирования системы ВАДС и отдельных ее компонентов. Экспериментальные исследования проводились, в основном с большегрузными автомобилями-самосвалами марок БелАЗ-7540В,

HOWO-336 и SHACMAN-360 в дорожно-климатических условиях горных карьеров при строительстве гидротехнических сооружений. При этом энергетическая эффективность функционирования системы ВАДС экспериментально определялась по транспортному расходу топлива, измеряемого в л/(ткм).

Для достижения поставленной цели предполагалось решение следующих задач:

1. Установление закономерности изменения показателей топливной экономичности большегрузных автомобилей-самосвалов, эксплуатируемых в горных условиях, в зависимости от: массы перевозимого груза, высоты н.у.м., уклона дороги, режима движения, условий погрузки и выгрузки, вида и частоты маневров и т.п., учитываемого коэффициентом динамизма.

2. Условия экспериментальных исследований (метеорологические и дорожные условия, характеристика режимов движения, уклон дороги) выбирались в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58137-2018 и ГОСТ 20306-90. Показатели энергетической эффективности устанавливались согласно требованиям ГОСТ Р 58557-2014. Экспериментальные исследования показателей надежности автомобилей проводились в соответствии с ГОСТ 27.002-89 и ГОСТ 27.002-2015, а показатели надежности автомобильной дороги проводились в соответствии с ГОСТ Р 59120-2021 и ГОСТ 32960-2014, а также технического регламента ТР134-03.

Каждый опыт по определению топливно-экономических показателей автомобилей-самосвалов марок БелАЗ-7540В, HOWO-336 и SHACMAN-360 проводился в трехкратной последовательности на каждом из маршрутов движения, средние значения результатов испытаний при движении автомобилей с грузом, без груза, а также результаты расчетов путевого расхода топлива, определенные по формулам (4), (5) сведены в табл. 2.2 и 2.3. Средние значения результатов испытаний за езду автомобилей, а также результаты расчетов путевого расхода топлива, определенные по формуле (6) сведены соответственно в табл. 2.4 и 2.5.

Таблица 2.2 – Результаты испытаний автомобилей-самосвалов на топливную экономичность при движении с грузом в горных условиях

Марка самосвального автомобиля	Снаряженная масса автомобиля, т	Масса груза, т	Фактический расход топлива, л	Высота над уровнем моря, м	Плечо перевозки, км	Время движения с грузом, мин	Средний уклон дороги i , %	Время погрузки, мин	Фактическая скорость движения автомобиля, км/ч	Норма путевого расхода топлива, л/(100 км)	Фактический путевой расход топлива, л/(100 км)	Расчетное значение путевого расхода топлива л/(100 км)	δ , %	Фактический транспортный расход топлива, л/(100 т км)
БелАЗ-7540В	22,9	30,5	10,1	1180	4,5	26	0,60	5,0	10,4	132,5	224,4	220,8	1,6	7,4
БелАЗ-7540В	22,9	30,0	12,3	1100	5,5	30	0,58	5,5	11,0	132,5	223,6	218,7	2,2	7,4
БелАЗ-7540В	22,9	28,8	12,9	1120	6,0	32	0,63	5,0	11,25	132,5	215,0	218,1	1,4	7,5
HOWO 336	15,2	19,4	6,0	1180	4,5	13	0,60	4,5	20,8	75*	133,3	128,2	3,2	6,9
HOWO 336	15,2	22,2	7,4	1100	5,5	18	0,58	5,5	18,3	75*	134,5	131,6	2,2	6,1
HOWO 336	15,2	21,3	8,0	1120	6,0	20	0,63	5,0	18,0	75*	133,3	131,0	1,8	6,3
SHACMAN 360	14,13	26,4	6,8	1180	4,5	19	0,60	4,5	14,2	81*	151,1	146,6	3,1	5,7
SHACMAN 360	14,135	25,2	8,1	1100	5,5	22	0,58	4,0	15,0	81*	147,3	144,0	2,3	5,8
SHACMAN 360	14,135	24,7	8,9	1120	6,0	23	0,63	4,0	15,6	81*	148,3	144,0	3,0	6,0

Таблица 2.3 – Результаты экспериментальных исследований большегрузных автомобилей-самосвалов на топливную экономичность при движении без груза в горных условиях

Марка автомобиля-самосвала	Снаряженная масса автомобиля, т	Фактический расход топлива, л	Высота над уровнем моря, м	Плечо перевозки, км	Время движения без груза, мин	Средний уклон дороги i , %	Фактическая скорость движения автомобиля., км/ч	Норма путевого расхода топлива, л/(100 км)	Фактический путевой расход топлива, л/(100 км)	Расчетное значение путевого расхода топлива, л/(100 км)	δ , %
БелАЗ-7540В	22,9	6,7	1180	4,5	14	– 0,60	19,3	132,5	148,9	151,2	1,5
БелАЗ-7540В	22,9	8,2	1100	5,5	16	– 0,58	20,6	132,5	149,1	150,6	1,0
БелАЗ-7540В	22,9	9,2	1120	6,0	18	– 0,63	20,0	132,5	153,3	149,9	2,3
HOWO 336	15,2	3,9	1180	4,5	7	– 0,60	25,9	75*	86,7	85,6	1,3
HOWO 336	15,2	4,8	1100	5,5	10	– 0,58	30,3	75*	87,3	85,3	2,3
HOWO 336	15,2	5,2	1120	6,0	12	– 0,63	30,0	75*	88,3	84,8	4,1
SHACMAN 360	14,135	4,2	1180	4,5	10	– 0,60	27,0	81*	93,3	92,4	1,0
SHACMAN 360	14,135	5,2	1100	5,5	11	– 0,58	30,0	81*	94,5	92,1	2,6
SHACMAN 360	14,135	5,6	1120	6,0	12	– 0,63	30,0	81*	93,3	91,6	1,8

Таблица 2.4 – Результаты экспериментальных исследований на топливную экономичность автомобиля-самосвала БелАЗ7540В за одну езду в горных условиях (базовая норма путевого расхода топлива 132,5 л/(100 км) при снаряженной массе 22,9 т.)

Масса груза, т	Высота над уровнем моря, м	Плечо перевозки, км	Время движения за езду, мин	Общее время погрузки и выгрузки, мин	Средняя скорость движения автомобиля за езду, км/ч	Фактический расход топлива за езду, л	Фактический путевой расход топлива за езду, л/(100 км)	Расчетное-значение путевого расхода топлива за езду, л/(100 км)	$\delta, \%$	Фактический транспортный расход топлива за езду, л/(100 т км)
30,5	1180	4,5	48	8,0	11,2	16,8	186,7	186,0	0,4	6,1
30,0	1100	5,5	55	9,0	12,0	20,5	186,4	185,3	0,6	6,1
28,8	1120	6,0	68	8,0	10,6	22,1	184,2	184,0	0,1	6,4
29,8	1150	5,3	57	8,3	11,3	19,8	185,8	185,1	0,4	6,2

Таблица 2.5 – Результаты экспериментальных исследований на топливную экономичность автомобиля-самосвала HOWO 336 за одну езду в горных условиях (базовая норма путевого расхода топлива 75 л/(100 км) при снаряженной массе 14,135 т.)

Масса груза, т	Высота над уровнем моря, м	Плечо перевозки, км	Время движения за езду, мин	Общее время погрузки и выгрузки, мин	Средняя скорость движения автомобиля За езду, км/ч	Фактический расход топлива заездку, л	Фактический путевой расход топлива за езду, л/(100 км)	Расчетное-значение путевого расхода топлива за езду, л/(100 км)	$\delta, \%$	Фактический транспортный расход топлива за езду, л/(100 т км)
19,4	1180	4,5	26	6,0	20,8	9,9	110,0	106,9	2,9	5,7
22,2	1100	5,5	35	7,0	18,8	12,2	110,9	108,4	2,3	5,0
21,3	1120	6,0	39	7,0	18,5	13,2	110,0	107,9	1,9	5,2
20,97	1150	5,3	33,3	6,7	19,4	11,8	110,3	107,7	2,4	5,3

2.5 Оценка эффективности горной дороги

Автомобильные дороги, являясь объектом транспортной инфраструктуры, относятся к энергоемкой, материалоемкой подсистемой в системе ВАДС, что связано с ее строительством, производством асфальтобетонных смесей, гравия и др. материалов, а также их транспортированием, содержанием, ремонтом и т.д. Они в значительной мере влияют на формирование эффективности функционирования системы. Автомобильная дорога вступает важным элементом (фактором), формирующим эффективность ее функционирования. Это в двойне значимо для условий эксплуатации большегрузных автомобилей в горных дорогах.

Автомобильные дороги, проложенные в горных и высокогорных регионах, отличаются более высокой энергоемкостью, сложностью строительных работ, в разы превышающих транспортные затраты, что связано с перевозкой материалов и оборудования. Что касается затрат, связанных с содержанием и ремонтом автомобильных дорог в горных условиях, то эти показатели тоже существенно превышают нормативы, установленные для дорог, проложенных равнинных условиях. Эти показатели еще более значимы для горных и высокогорных карьерных дорог, предназначенных для эксплуатации большегрузных автомобилей-самосвалов при строительстве гидротехнических сооружений, где суммарные затраты, на их строительство и содержание составляют 6-10% от затрат, связанных с перевозкой горной массы или 2-5% от полной стоимости открытой добычи. Причем не менее двух третей от них идет на содержание и ремонт автомобильной дороги [217, 230].

Эти и другие обстоятельства способствуют снижению показателей качества и надежности, а в целом и к снижению эффективности функционирования системы ВАДС.

В качестве основных особенностей, снижающих транспортно-эксплуатационные качества, и как следствие, эффективность горной карьерной автомобильной дороги, следует отметить следующие обстоятельства:

– горные карьерные автодороги эксплуатируются в суровых климатических условиях, обусловленных, прежде всего, высотой н.у.м.;

– горные карьерные автодороги имеют грунтовое покрытие, поверхности которых засыпаны дресвяными и щебенистыми обломками горных пород, выпавших из кузова самосвала при перевозке горной породы (рис.2.7);

– дресвяные и щебенистые обломки горных пород, состоящие из мелкодробленных вскрышных пород и галечников, засыпаны случайным образом на поверхности дороги, причем наиболее плотно они засыпаны на поворотах, подъемах, на участках дорог с неровностями, на колеях дороги;

– на поверхности дорог имеются выступающие булыжники, валуны и глыбы, а на обочинах имеются скопление камней различных размеров (крупных, средних и мелких), дресвяных и щебенистых обломков горных пород;

– дресвяные и щебенистые обломки горных пород на поверхности карьерных дорог, разбросаны на твердую основу дорожного полотна, что приводит к увеличению интенсивности отказов и сокращению ресурса автомобильных шин.



Рисунок 2.7 – Фрагмент участка горной карьерной автодороги, на поверхности которой засыпаны дресвяные и щебенистые обломки горных пород, а на обочинах имеются скопление камней различных размеров (крупных, средних и мелких)

Дорожные поверхности горных автодорог в основном засоряются гравийными (размером 2... 50 мм) и галечниковыми (размером 10...200 мм) частицами различной породы и форм, получаемых в результате разрушения горной породы, при вскрышных работах и загрузке грунта.

Основу горного гравия составляют шероховатые частицы неправильной формы, перемешанные с очень неоднородным составом и множеством загрязнений, таких как глина, пыль.

Гранулированный анализ горных пород, засыпанных на поверхности дороги, осуществлен методом ситового анализа [56, 59, 98, 150], результат которого представлен на рис.2.8

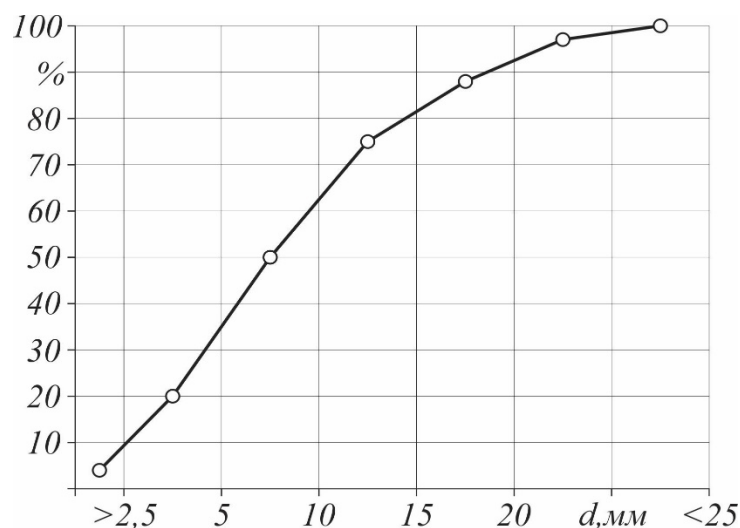


Рисунок 2.8 – График зависимости процентного состава размеров горной породы, засыпанного на поверхности дороги методом гранулированного анализа путем просеивания на ситах

Горные породы, состоящие из дресвяных и щебенистых обломков и засыпанные по твердой поверхности дорожного полотна, а также камни различных размеров и гравий, скопленные на обочине дороги, служит причиной механического повреждения шины автомобиля (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Механические повреждения автомобильной шины на горной карьерной дороге, засоренной обломками горных пород

Важной характеристикой, участвующей в формировании эффективности автомобильной дороги является ее неровность, которая характеризует недостаточную ровность дороги. Неровность дороги приводит к колебаниям внешних нагрузок, действующих на автомобиль, и тем самым способствует снижению энергетических и надежности показателей автомобиля и водителя [228].

В горных условиях Республики Таджикистан встречаются продольные и поперечные виды неровностей дороги. Продольные неровности автомобильных дорог обусловлены обильными дождями и снегопадом. Кроме того, продольные неровности горных дорог могут образоваться из-за течения вдоль дороги ручеек, образованных талыми водами или берущими начало от горных родников. Продольные неровности в виде колеи могут иметь длину от нескольких десятков до сотни метров, ширину до 50 и более см, а глубину до 10 и более см.

Поперечные неровности дорог характеризуются макро- и микронеровностями, а также шероховатостью поверхности дороги. Макронеровности дорог характеризуются длиной волны, достигающих 5 м и

более. Длины волн микронеровностей дорожной поверхности составляют от 10 см до 5 м, а шероховатости поверхности имеют длину волны до 10 см. В горных дорогах широко распространены различные виды неровностей, совокупное влияние которых вызывают значительные колебания автомобиля на подвеске [55,57,187,336], снижают технико-экономические и энергетические показатели автомобиля.

Измерения неровностей поверхности автомобильных дорог в горных условиях при строительстве Рогунской ГЭС осуществлялось при помощи универсальной дорожной рейки РДУ «Кондор» (рис. 2.10) согласно требованиям ГОСТ 33101-2014 и других нормативно-технических документов [40].



Рисунок 2.10 – Процесс измерения неровностей дорожной одежды при помощи универсальной дорожной рейки РДУ «Кондор»

В формировании эффективности функционирования системы ВАДС немаловажное значение отводится засоренности поверхности дороги инородными предметами, такими как крупные или мелкие камни, древесные и щебенистые обломки горных пород, металлические и др. предметы.

На отдельных участках горных карьерных дорог при строительстве Рогунской ГЭС плотность частиц горной породы на 1 м² площади дороги, превышает 120 шт. При этом, суммарный объем частиц, засыпанных на 1 м² площади дороги доходит до 400-500 см³, с общей массой – 1,0-1,2 кг/м².

Удельное количество частиц N_n горной породы на поверхности дороги, отнесенное на 1 км пути при средней ширине проезжей части, равной 12 м, определяется по формуле

$$N_n = S_0 \cdot \rho_z, \text{ шт/км} \quad (2.35)$$

где S_0 – площадь 1-го километра пути, м^2 ; ρ_z – число частиц горной породы, засыпанной на поверхности дороги, отнесенное к 1м^2 площади, шт/ м^2 .

При средней ширине проезжей части карьерной дороги, равной 12 м [13, 41], получим

$$S_0 = 1000 \cdot 12 = 12000 \text{ м}^2.$$

По результатам измерений удельная плотность распределения гравийных и галечниковых частиц на поверхности дороги, отнесенное на 1м^2 площади ρ_z , меняется в широких пределах ($\rho_z = 10 \dots 122$ шт/ м^2). При этом среднее значение названного показателя равняется $\rho_{z, \text{cp}} = 64,4$ шт/ м^2 (рис. 2.11).

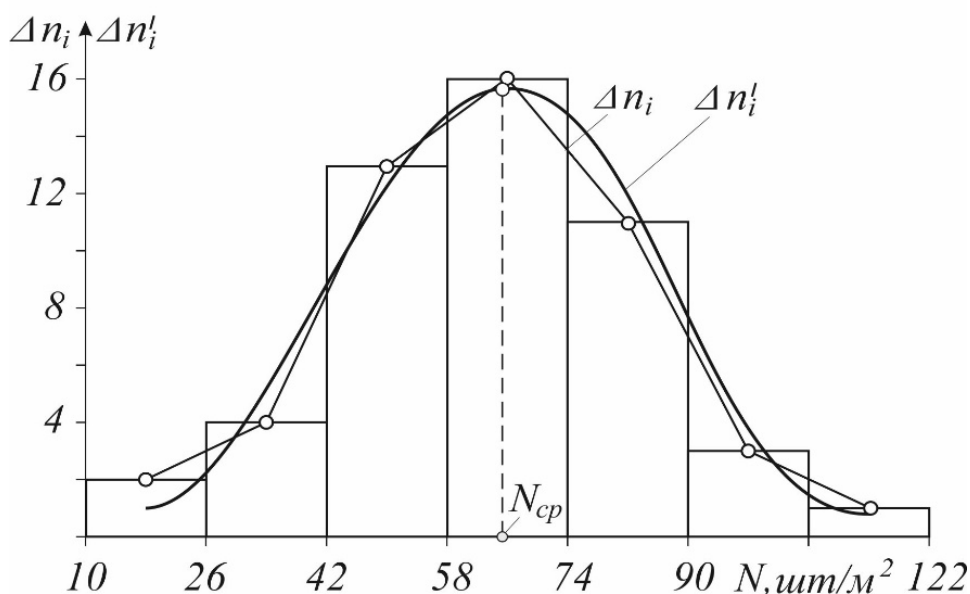


Рисунок 2.11 – Графики результатов статистической обработки удельной плотности распределения гравийных и галечниковых частиц на поверхности дорожного полотна: $N_{cp} = 64,4$ шт/ м^2 ; $\sigma = 20,36$ шт/ м^2 ; $v = 31,6\%$

Удельное число частиц N_k на поверхности дороги длиной в 1 км, контактируемых при движении автомобиля-самосвала БелАЗ-7540В с протектором шины, определяется из выражения

$$N_k = S_k \cdot \rho_z = B_{ш} \cdot L \cdot \rho_z, \text{ шт/км}, \quad (2.36)$$

где S_k – площадь контакта протектора шины на пути в 1 км, м²; $B_{ш}$ – ширина протектора шины, мм (для шины типоразмера 18.00-25 $B_{ш} = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$) [9, 42]; L – длина пути, км.

Расчеты проводились при $L = 1 \text{ км}$, $\rho_z = 10 \dots 122 \text{ шт/м}^2$, а $\rho_{ср} = 64,4 \text{ шт/м}^2$.

Установлено, что число частиц N_k горной породы на поверхности дороги длиной в 1 км, контактируемых с протектором шины типоразмера 18.00-25 автомобиля-самосвала БелАЗ-7540В горных карьерных условиях достигают от 5 000 до 64 400 шт/км, при среднем значении показателя равным 32 200 шт/км.

С учетом большого разнообразия факторов, влияющих эффективность карьерной автомобильной дороги, а также сложностью учета значимости каждого отдельного фактора, для оценки эффективности автомобильной дороги предлагается обобщающий динамический коэффициент k_D , при помощи которого учитывается совместное влияние факторов.

Обобщающий динамический коэффициент эффективности функционирования автомобильной дороги определяется по формуле

$$k_D = 1 - k_d, \quad (2.37)$$

где k_d – динамический коэффициент, учитывающий сложность условий эксплуатации, значение которого зависит от состояния дорожного полотна, геометрии дороги, интенсивности движения, соотношений установившегося и неуставившегося движений и т.д. (по результатам экспериментально-теоретических исследований установлено, что для условий строительства Рогунской ГЭС значение обобщенного динамического коэффициента можно принимать $k_d = 0,12 \dots 0,13$).

Следовательно, эффективность автомобильной дороги $\mathcal{E}_{АД}$ можно определять из выражения

$$\mathcal{E}_{АД} = \mathcal{E}_A \cdot k_D = \mathcal{E}_A \cdot (1 - k_d) = \mathcal{E}_{ДВС} \cdot \eta_{тр} (1 - k_d), \quad (2.38)$$

где $\mathcal{E}_A$ – эффективность автомобиля; $\mathcal{E}_{ДВС}$ – эффективность ДВС; $\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии.

2.6 Обобщенный динамический коэффициент

Для комплексной оценки эффективности автомобильной дороги предлагается обобщенный динамический коэффициент, учитывающий совокупное влияние факторов.

Динамический коэффициент k_{di} автомобильной дороги определяется из отношения

$$k_{di} = \Pi_{\partial i} / \Pi_{\partial n}, \quad (2.39)$$

где $\Pi_{\partial i}$ – обобщённый показатель качества дороги для i -го маршрута; $\Pi_{\partial n}$ – нормативное значение обобщённого показателя качества дороги.

Обобщённый показатель качества дороги $\Pi_{\partial i}$ для i -го маршрута определяется как произведение комплексного показателя транспортно-эксплуатационного качества дороги $K\Pi_{\partial i}$, показателя инженерного оборудования $K_{об i}$ и обустройства или уровня эксплуатационного содержания дороги $K_{э i}$

$$\Pi_{\partial i} = K\Pi_{\partial i} \cdot K_{об i} \cdot K_{э i}. \quad (2.40)$$

Данные показатели $K\Pi_{\partial i}$, $K_{об i}$, $K_{э i}$ являются критериями оценки качества i -го маршрута дороги.

Нормативные значения обобщённого показателя качества дороги определяется из выражения

$$\Pi_{\partial n} = K\Pi_{\partial n} \cdot K_{об n} \cdot K_{э n}, \quad (2.41)$$

где $K\Pi_{\partial n}$ – комплексный показатель транспортно-эксплуатационного качества дороги; $K_{об n}$ – коэффициент, учитывающий нормативные величины инженерного оборудования и обустройства дороги; $K_{э n}$ – коэффициент, учитывающий нормативную величину показателя уровня эксплуатационного содержания дороги. Значения коэффициентов $K_{об n}$ и $K_{э n}$ в расчетах принимается: $K_{об n} = 1$ и $K_{э n} = 1$.

Зависимость комплексного показателя качества i - того участка дороги $K\Pi_{\partial i}$ от ее отдельных параметров и характеристик установлены с учетом частных

коэффициентов обеспеченности расчётной скорости на каждом характерном участке.

Комплексный показатель транспортно-эксплуатационного качества дороги $KП_{di}$ определяется с учетом коэффициента обеспеченности расчётной скорости $K_{psi}^{итог}$ и длины участка дороги, которая характеризуется значением коэффициента обеспеченности расчётной скорости l_i и длиной маршрута L в км

$$KП_{di} = \sum_{ш=1}^n K_{psi}^{итог} \cdot l_i / L. \quad (2.42)$$

Числовые значения показателя качества и обобщенного динамического коэффициента дороги для горных карьерных условий сведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6 – Показатели качества дороги и значения обобщенного динамического коэффициента

Номер участка эксперимента	Показатель			
	$П_{дн}$	$П_{di}$	k_{di}	$k_D = 1 - k_{di}$
1	0,25	0,219	0,876	0,124
2	0,25	0,218	0,872	0,128
3	0,25	0,220	0,880	0,120
4	0,25	0,219	0,876	0,124

Обобщенный динамический коэффициент характеризует сложность дорожных условий и зависит от неровности дорожного полотна, скорости движения автомобиля, частоты и характера манёвров, а также высоты расположения дороги н.у.м. (рис. 2.12).

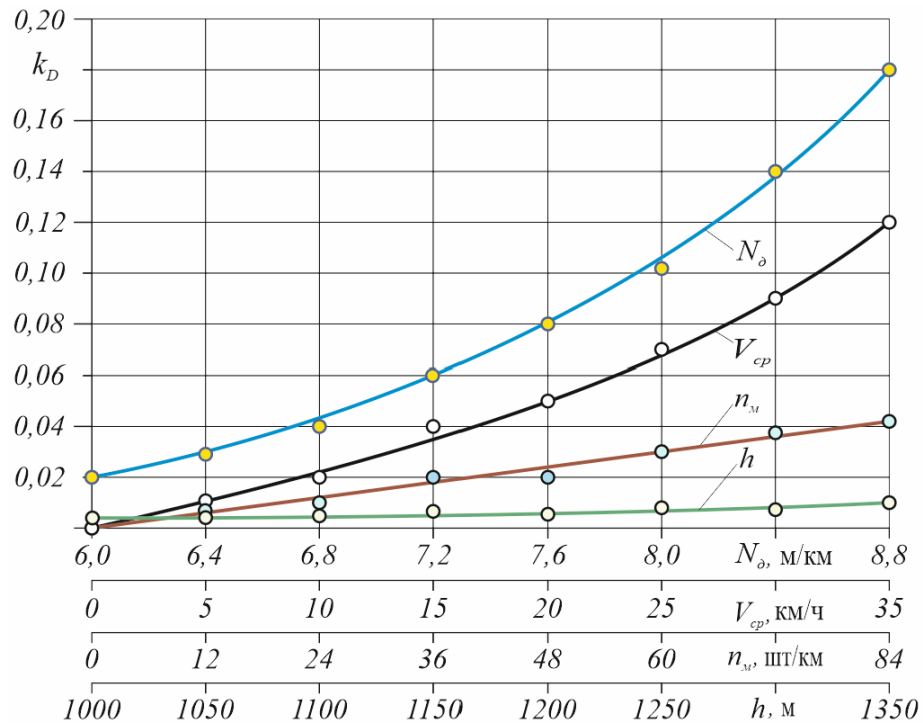


Рисунок 2.12 – Зависимости обобщенного динамического коэффициента k_D от средней скорости движения автомобиля-самосвала за езду $V_{ср}$, неровности дорожного полотна N_δ , числа маневров n_m и высоты над уровнем моря h

2.7 Оценка эффективности функционирования автомобиля в горных условиях эксплуатации

Из всего многообразия процессов и факторов, обуславливающих эксплуатационные параметры автомобилей и их двигателей, принято выделить динамичность нагрузок или их неустановившейся характер, определяемый, как правило, степенью неравномерности внешних воздействий, продолжительностью их эксплуатации, вероятностным характером внешних воздействий и эксплуатационными условиями.

Эффективность функционирования системы ВАДС можно оценить по производительности автомобиля, расходу топлива, энергетическим, трудовым и материальным затратам, а также по надежности системы ВАДС, экономическим, экологическим и другим показателям. Из всего многообразия перечисленных показателей можно предполагать, что производительность перевозочных процессов является наиболее важным технико-экономическим показателем оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

Производительность можно выразить через мощность автомобиля, так как эти оба показателя по своей сути выражают удельную работу, отнесенную на единицу времени. Иначе они характеризуют скорость или быстроту выполнения работы. Исходя из сказанного, можно предполагать, что между этими двумя показателями существует тесная корреляционная связь. Несмотря на это, производительность и мощность выражаются в различных единицах измерения. Для того, чтобы производительность автомобиля выразить через мощность двигателя необходимо пользоваться переводным коэффициентом. При этом производительность грузового автомобиля через эксплуатационную мощность двигателя выражается формулой

$$W_{ткм} = C_{ткм} \cdot N_{э}, \text{ ткм/ч} \quad (2.43)$$

где $C_{ткм}$ – по сути своей, это удельный грузооборот транспортного средства, отнесенный к единице затраченной энергии или выполненной работе, ткм/(кВт·ч); $N_{э}$ – эксплуатационная мощность ДВС, кВт.

Удельный грузооборот транспортного средства $C_{ткм}$ для различных транспортных средств и технологических машин выражается различным образом.

Для грузовых автомобилей он равняется

$$\begin{aligned} C_{ткм} &= 3,6 \cdot \eta_m \cdot \tau_{см} \cdot \gamma_0 \cdot \beta \cdot l_{ер} \cdot f_k^{-1} \cdot (l_{ер} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np})^{-1} = \\ &= 3,6 \cdot \eta_m \cdot \tau_{см} \cdot \gamma_0 \cdot \beta \cdot l_{ер} \cdot [f \cdot (l_{ер} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np})]^{-1}, \text{ ткм/(кВт·ч)} \end{aligned} \quad (2.44)$$

где 3,6 – переводной коэффициент единиц измерения скорости движения – м/с в км/ч; η_m – тяговый КПД автомобиля; γ_0 – динамический коэффициент грузоподъемности, т.е. отношение фактических тонно-километров на возможные тонно-километры при полном использовании грузоподъемности (тонно-километр является единицей измерения грузооборота транспорта); β – коэффициент использования пробега, т.е. отношение производительного пробега (пробега с грузом) к общему пробегу автомобиля; $l_{ер}$ – средняя длина ездки с грузом, км; f_k – коэффициент сопротивления качению; V_T – техническая скорость движения автомобиля, км/ч; t_{np} – время простоя транспортного средства под погрузкой и выгрузкой или время простоя под грузовыми операциями, ч;

Техническая скорость движения автомобиля выражается как отношение общего пробега $L_{общ}$ к времени автомобиля в движении $t_{дв}$, т.е.

$$V_T = L_{общ}/t_{дв} = (L_{гр} + L_n + L_o), \quad (2.45)$$

где $L_{гр}$, L_n , L_o – соответственно, расстояния пробега с грузом, без груза (порожного автомобиля) и нулевой пробег, т.е. расстояние пробега до места работы и возврата автомобиля в гараж после работы, км.

Для определения эксплуатационной мощности $N_{э}$ автомобиля можно пользоваться формулой, предложенной профессором С. А. Иофиновым [90, 91], в виде произведения эффективной мощности N_e ДВС по стендовой (детерминированной) характеристике на динамический коэффициент λ_d , предложенной академиком В.Н. Болтинским [20], который учитывает снижение мощности автомобиля при неустановившихся нагрузках, временной коэффициент λ_t , предложенной профессором Ю.К. Киртбая [110, 111], учитывающий снижение мощности ДВС, вызванное износом, разрегулировками и старением последнего и вероятностного коэффициента λ_v , предложенный профессором С.А. Иофиновым, который учитывает изменение мощности ДВС, вызванное вероятностным характером внешних факторов, действующих на автомобиль

$$N_{э} = N_e \cdot \lambda_d \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v, \text{ кВт} \quad (2.46)$$

Немаловажным фактором, значимо влияющим на формирование эксплуатационной мощности ДВС в горных и высокогорных условиях, является высота н.у.м., влияние которой в формуле (2.46) не принимается во внимание. Для учета ухудшения основных технико-экономических показателей ДВС (снижения мощности, повышения расхода топлива и др.), эксплуатируемых в горных и высокогорных условиях, предлагается ввести коэффициент λ_h , учитывающий влияние высоты н.у.м. на снижения эксплуатационной мощности двигателя.

Для учета зависимости мощности ДВС от высоты н.у.м. формулу (2.46) можно переписать в виде

$$N_{э} = N_e \cdot \lambda_d \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v \cdot \lambda_h, \text{ кВт} \quad (2.47)$$

где λ_h – коэффициент, учитывающий снижение мощности от высоты н.у.м.

Для горных условий эксплуатации зависимость между неустановившимся режимом работы и снижением мощности ДВС можно выразить с учетом степени неравномерности момента сопротивления на валу двигателя δ_m , значение которой в суровых горных и высокогорных условиях эксплуатации при строительстве гидротехнических сооружений (ГТС) может достигать до 0,25

$$\lambda_d = (1 - 0,75 \cdot \delta_m). \quad (2.48)$$

Значение показателя δ_m определяется из отношения $\delta_m = 2A_m / M_{cp}$.

Среднее значение момента сопротивления на валу ДВС определяется как

$$M_{cp} = (M_{max} + M_{min})/2, \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (2.49)$$

где M_{max} и M_{min} – максимальное и минимальное значения момента сопротивления на валу двигателя, Н·м.

График зависимости эксплуатационной мощности ДВС и линейного расхода топлива от степени неравномерности момента сопротивления на коленчатом валу ДВС представлен на рис. 2.13

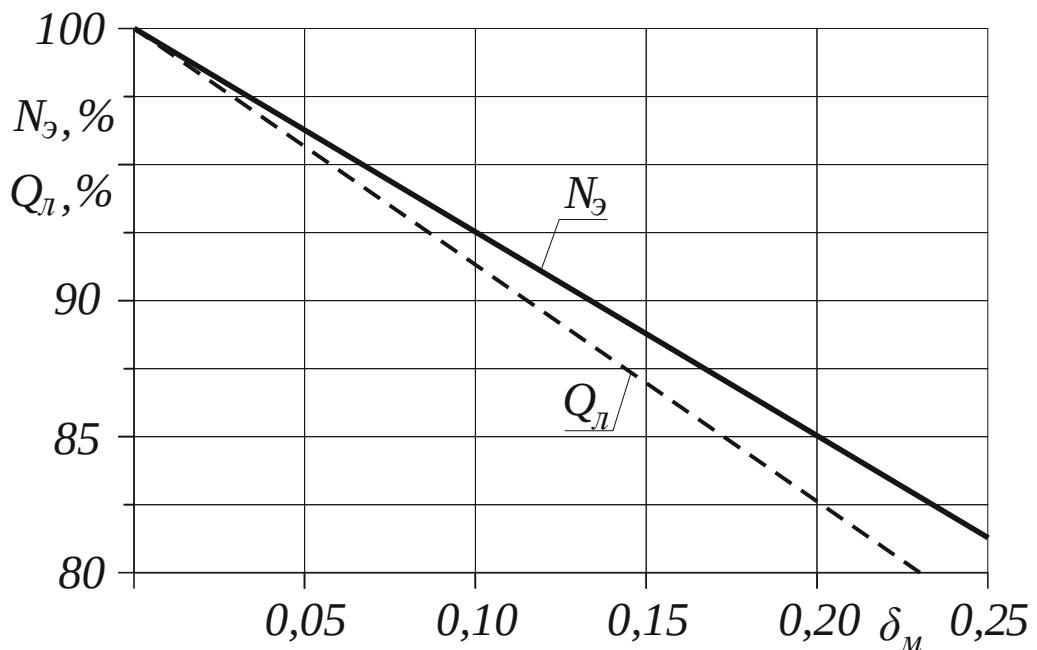


Рисунок 2.13 – График зависимости эксплуатационной мощности ДВС и линейного расхода топлива от степени неравномерности момента сопротивления на коленчатом валу ДВС

Временной коэффициент λ_t , предложенный профессором Ю.К. Киртбая, учитывает снижение мощности двигателя, вызванное износом, разрегулировками в механизмах и сопряжениях машин, а также их старением.

Значение временного коэффициента может быть определено из выражения

$$\lambda_t = (1 - 0,75t), \quad (2.50)$$

где t – продолжительность эксплуатации (срок службы) объекта, для автомобилей и его агрегатов и узлов измеряется в годах.

Рациональный срок службы для автомобилей установлено в пределах 6-7 лет.

Зависимость временного коэффициента, учитывающего снижение мощности двигателя (автомобиля, трактора), вызванное износом, разрегулировками и старением от срока службы t : t_n – продолжительность приработки (обкатки); t_{nno} – продолжительность предпродажного обслуживания представлена на рис. 2.14

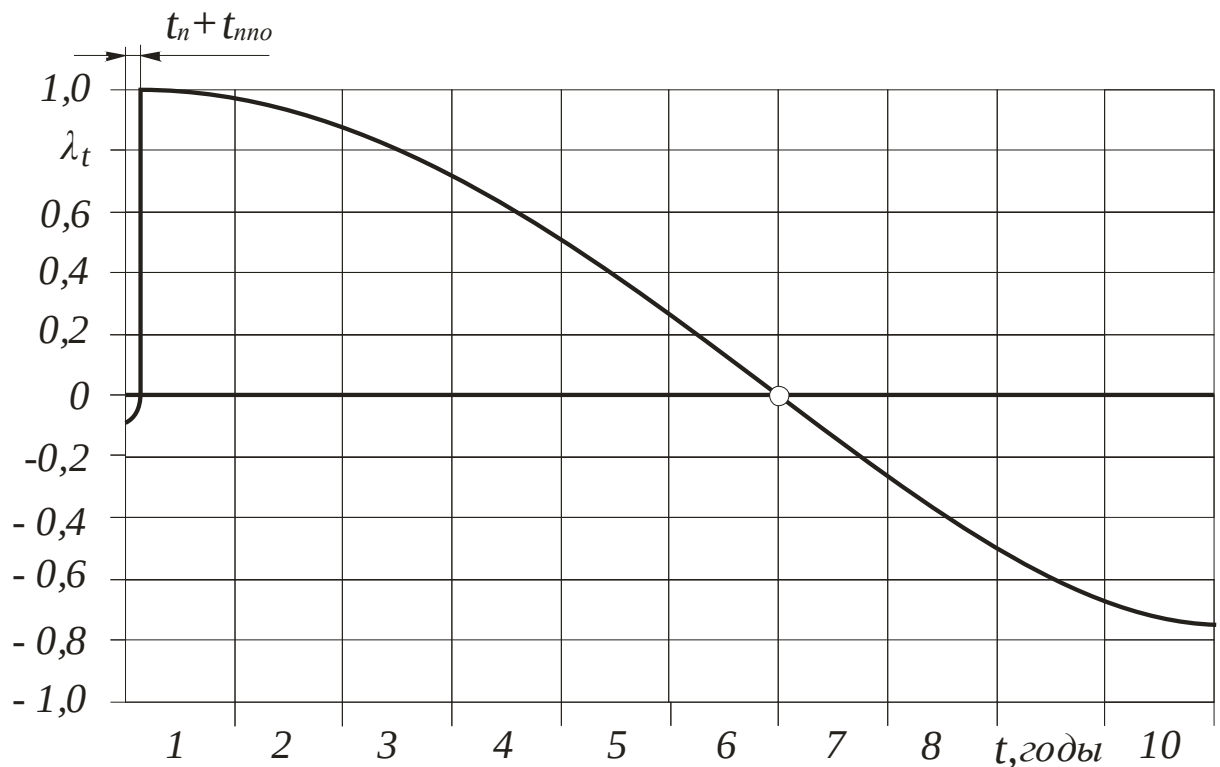


Рисунок 2.14 – Зависимость временного коэффициента, учитывающего снижение мощности двигателя (автомобиля, трактора), вызванное износом, разрегулировками и старением от срока службы t : t_n – продолжительность приработки (обкатки); t_{nno} – продолжительность предпродажного обслуживания

Влияние вероятностного характера внешних воздействий на снижение мощности ДВС грузового автомобиля можно определить из выражения

$$\lambda_v = (1 - 0,65 \nu), \quad (2.51)$$

где ν – коэффициент вариации внешних воздействий на ДВС в относительных единицах. Установлено, что влияние внешних нагрузок на показатели работы ДВС распределяется по нормальному закону (закону Гаусса) со значениями коэффициента вариации внешней нагрузки при эксплуатации грузовых автомобилей от 0,07 в горных автомобильных дорогах до 0,15 и более в горных карьерных условиях при строительстве ГТС.

График зависимости эксплуатационной мощности ДВС от коэффициента вариации внешней нагрузки представлен на рис. 2.15.

Установлено, что с увеличением высоты н.у.м. на каждые 1000 м мощность ДВС снижается от 10 до 14% [172, 336]. Такой размах варьирования снижения мощности связано, в основном, конструктивными особенностями ДВС.

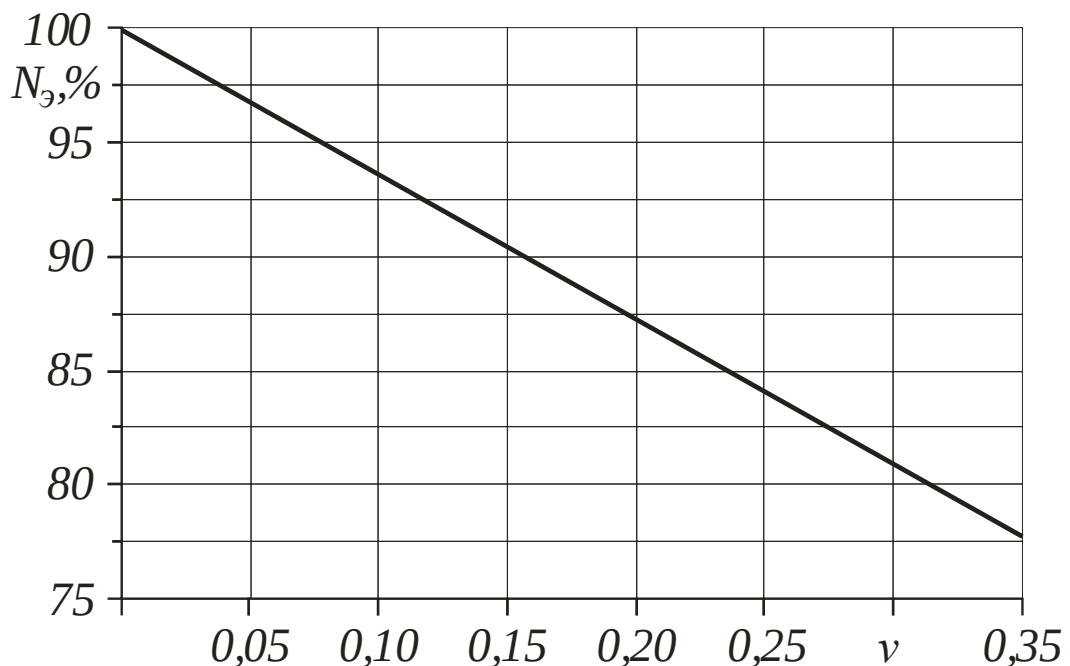


Рисунок 2.15 – График зависимости эксплуатационной мощности от коэффициента вариации внешней нагрузки

С учетом среднего значения снижения мощности ДВС от высоты н.у.м. значение коэффициента λ_h можно определить из выражения

$$\lambda_h = (1 - 0,12h), \quad (2.52)$$

где h – высота н.у.м., м. В условиях Республики Таджикистан автомобили эксплуатируются на высотах н.у.м. от 300 м в низовьях Амударьи до 4655 м на седле перевала Акбайтал на Памирском тракте.

График зависимости эксплуатационной мощности ДВС от высоты н.у.м. представлен на рис. 2.16.

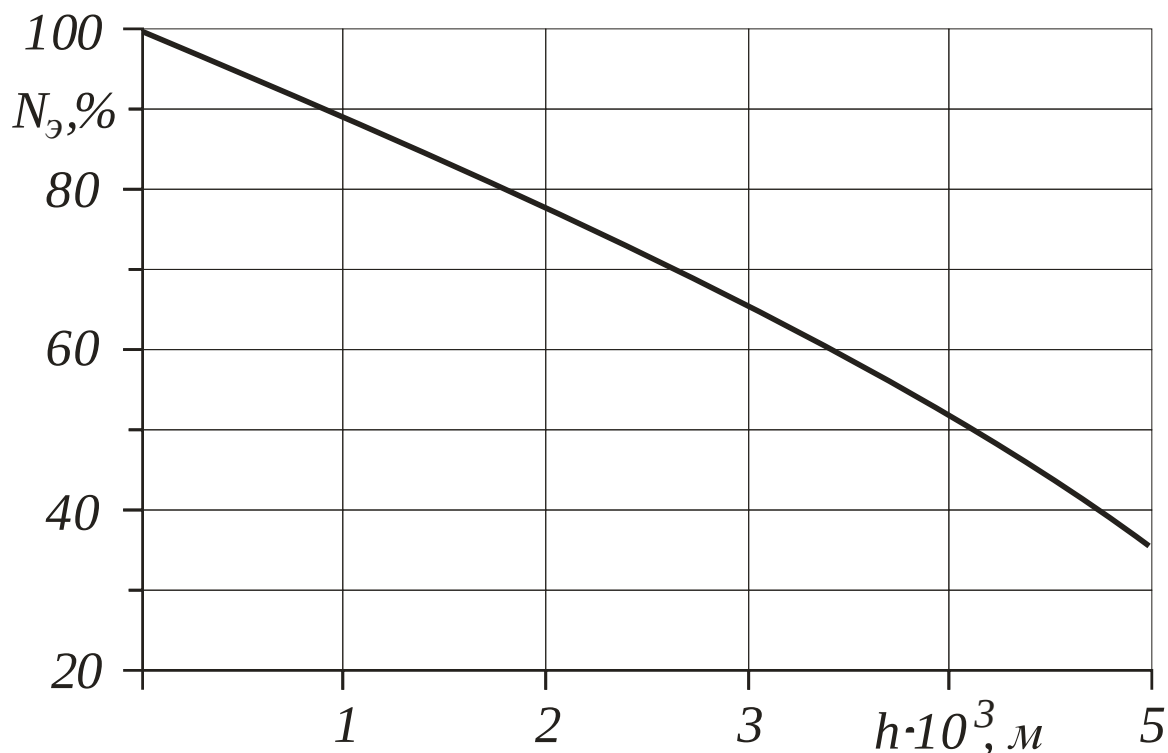


Рисунок 2.16 – График зависимости эксплуатационной мощности ДВС от высоты н.у.м.

Для большей наглядности графики (2.13 - 2.16) зависимости коэффициентов, учитывающих снижение эксплуатационной мощности автомобиля при их эксплуатации в горных и высокогорных условиях, объединены в виде общего графика зависимости динамического, временного, вероятностного и высотного коэффициентов от срока службы автомобиля t , высоты h н.у.м., коэффициента вариации внешних воздействий v , степени неравномерности момента сопротивления на валу двигателя δ_m (рис.17).

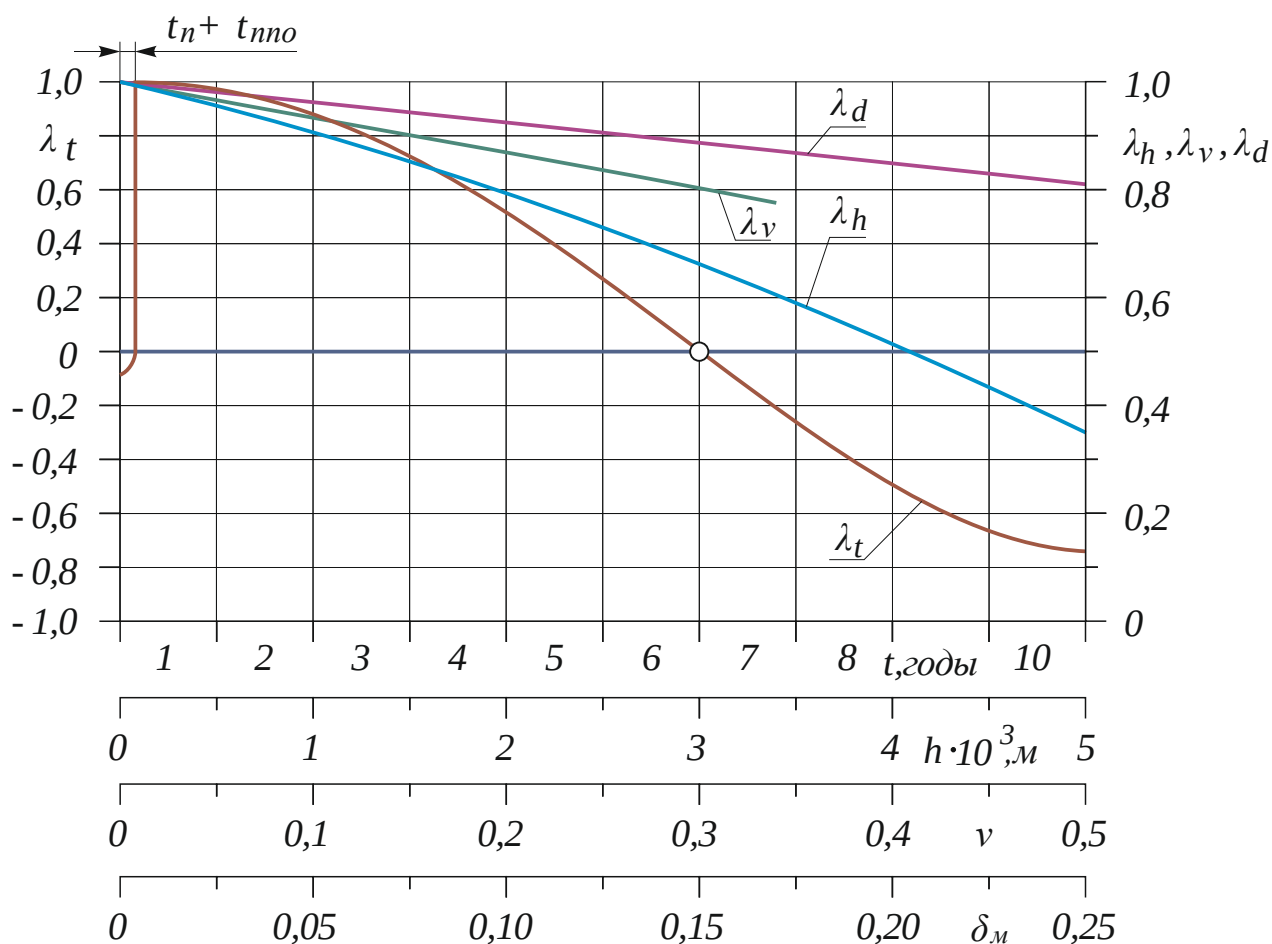


Рисунок 17 – График зависимости динамического (λ_d), временного (λ_t), вероятностного (λ_v) и высотного (λ_h) коэффициентов, учитывающих снижение эксплуатационной мощности от срока службы автомобиля (t), степени неравномерности момента сопротивления на валу двигателя (δ_m), коэффициента вариации внешних воздействий (v) и высоты н.у.м. (h)

2.8 Комплексная оценка энергетической эффективности функционирования системы ВАДС

Сегодня очевидна взаимосвязь между эффективностью системы ВАДС со многими отраслями и сферами человеческой деятельности. В горных условиях Республики Таджикистан автомобильный транспорт занимает доминирующую позицию в рамках единой транспортной системы, на долю которого приходится свыше 95% пассажиров – и грузоперевозок.

В данных условиях трудно преувеличить значимость эффективности функционирования системы ВАДС, как основного фактора формирования эффективности народного хозяйства страны.

На сегодня достаточно полно изучены вопросы, связанные с оценкой и изысканием путей повышения отдельных подсистем системы ВАДС. При оценке эффективности функционирования системы ВАДС целесообразным является методика комплексной оценки или же применение системного подхода в решение подобных задач. Исследование эффективности системы ВАДС связано с изучением особенностей:

- функционирования отдельных элементов системы ВАДС и оценка их эффективности в горных условиях;
- функционирования системы ВАДС в целом и комплексный (системный) анализ ее эффективности в горных условиях;
- системного энергетического подхода для оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

Показатели эффективности функционирования системы ВАДС можно оценить по ряду признаков, среди которых наиболее существенными являются следующие (табл. 2.7):

Таблица 2.7 – Основные признаки и показатели эффективности функционирования системы ВАДС

Признак оценки эффективности	Показатели эффективности
1	2
Энергетический	Эффективность функционирования системы ВАДС по энергетическим показателям (транспортный расход топлива, производительность и др.)
Надежности компонентов системы	Эксплуатационная надежность функционирования системы ВАДС (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость компонентов системы, параметр потока отказов, срок службы и др.)

1	2
Экономический	Экономическая эффективность функционирования системы ВАДС (энергетическая, денежная, материальная, трудовая и прочие затраты на единицу наработки и др.)
Экологический	Экологическая эффективность функционирования системы ВАДС (концентрация вредных веществ, пыли, вибрация, шум и др.)
Безопасности	Эффективность безопасного функционирования системы ВАДС (активная, пассивная, послеаварийная и экологическая безопасности, число и тяжесть ДТП и др.)
Эргономический	Эргономическая эффективность функционирования системы ВАДС, характеризуемая размерами пространства в кабине автомобиля, удобством посадки и доступа к органам управления, параметрами среды (температура и влажность воздуха, шум, вибрация, запыленность и др. загрязнения воздуха), внешней и внутренней информативностью автомобиля.

Из перечисленных признаков наиболее универсальным и обобщенным является оценка эффективности функционирования системы ВАДС по энергетическому признаку.

Энергетическая эффективность функционирования системы ВАДС формируется из энергетических эффективностей ДВС, трансмиссии, преобразования энергии между автомобильным колесом и поверхностью дороги, а также деятельности водителя и прочих преобразований энергий, связанных с функционированием системы ВАДС. Схема для оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС представлена на рис. 2.18.



Рисунок 2.18 – Схема для оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС (разработано автором)

При этом важным этапом преобразования энергии выступает автомобильная дорога, которая характеризуется категорией, типом дорожной одежды, коэффициентами сцепления и сопротивления качению, неровностью и шероховатостью поверхности дороги, геометрией дороги и погодными условиями.

Эффективность функционирования системы ВАДС $\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$ по энергетическому признаку можно выразить как сумму

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = Q_o - (E_{\text{ЭМ}} + E_{\text{ЭТ}} + E_{\text{ЭД}} + E_{\text{ЭВ}} + E_{\text{ЭП}}), \text{ Дж/с}, \quad (2.53)$$

где Q_o – общее количество тепловой энергии, получаемая при сжигании топлива за единицу времени, Дж/с; $\mathcal{E}_{\text{ЭМ}}$ – потери тепловой энергии сгорания топлива в ДВС (снижение уровня суммарной энергетической эффективности при преобразовании тепловой энергии сгорания топлива в механическую работу в ДВС), Дж/с; $\mathcal{E}_{\text{ЭТ}}$ – потери энергетической эффективности системы ВАДС при передаче крутящего момента от вала двигателя к колесам через трансмиссию автомобиля, Дж/с; $\mathcal{E}_{\text{ЭД}}$ – потери энергетической эффективности системы ВАДС в контакте автомобильной шины с поверхностью дороги, Дж/с; $\mathcal{E}_{\text{ЭВ}}$ – потери энергетической эффективности в системе ВАДС, связанные с деятельностью (мастерством) водителя, Дж/с; $\mathcal{E}_{\text{ЭП}}$ – потери энергетической эффективности, связанные с прочими преобразованиями энергии на автотранспорте, Дж/с.

Общее количество теплоты, введенной в двигатель с топливом, определяется из уравнения внешнего теплового баланса двигателя

$$Q_o = Q_e + Q_z + Q_g + Q_{н.с} + Q_{ост.} = H_u \cdot G_m / 3,6, \quad \text{кДж/с}, \quad (2.54)$$

где Q_e – теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя, кДж/с; Q_z – теплота, потерянная с отработавшими газами, кДж/с; Q_g – теплота, передаваемая охлаждающей среде за единицу времени, кДж/с; $Q_{н.с.}$ – потеря теплоты, из-за химической неполноты сгорания топлива за единицу времени, кДж/с; $Q_{н.с.}$ – неучтенные потери теплоты за единицу времени, кДж/с; H_u – низшая теплотворная способность сгорания топлива, МДж/кг [115, 116]; G_m – часовой расход топлива, кг/ч.

Значения абсолютных значений, составляющих теплового баланса, позволяют осуществить количественную оценку распределения теплоты в двигателе. Если же необходимо сравнить распределение теплоты в различных двигателях или оценить степень теплоиспользования конкретного двигателя, то составляющие теплового баланса удобнее представлять в относительных величинах, например, в процентах по отношению ко всей теплоте, подведенной с топливом

$$q_o = q_e + q_z + q_g + q_{н.с} + q_{ост.} = 100\%. \quad (2.55)$$

С учетом уравнения (2.55) выражение (2.53) можно переписывать в виде

$$\varepsilon_{ВАДС} = q_o - (E_{эм} + E_{зм} + E_{эд} + E_{эв} + E_{эн}), \% \quad (2.56)$$

Эффективность функционирования системы ВАДС постепенно снижается, начиная с вала двигателя до контакта автомобильного колеса с поверхностью дороги и далее в процессе управления автомобилем водителем, а также под действием прочих факторов, учитывать каждого из которых в отдельности не представляется целесообразным из-за их малой значимости. Следовательно, энергетическую оценку эффективности функционирования системы ВАДС практичнее вести поэтапно согласно схеме, представленной на рис. 2.18.

Первый этап снижения или потери энергетической эффективности системы ВАДС связан с преобразованием тепловой энергии сгорания топлива в

механическую работу в ДВС. Уровень снижения энергетической эффективности системы ВАДС на данном этапе определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{эм} = q_o \cdot \eta_e, \quad \%, \quad (2.57)$$

где η_e – эффективный КПД ДВС: для современных дизелей без турбонаддува $\eta_e = 0,35 \dots 0,40$, с турбонаддувом – $\eta_e = 0,45 \dots 0,50$ [115].

Следующий этап снижения или потери энергетической эффективности системы ВАДС связан с передачей крутящего момента от коленчатого вала двигателя к колесам автомобиля, т.е. с потерей энергии на трансмиссии. Уровень энергетической эффективности в системе ВАДС на данном этапе, с учетом ее потери при преобразовании в ДВС и передаче крутящего момента от двигателя к колесам, т.е. совместные потери в ДВС и трансмиссии автомобиля определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{эм} = q_o \cdot \eta_{mp} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp}, \quad \%, \quad (2.58)$$

где η_{mp} – КПД трансмиссии.

Движение автомобиля сопровождается преобразованием значительного количества энергии в контакте автомобильной шины с поверхностью дороги, существенно снижая уровень энергетической эффективности в системе ВАДС на данном этапе. Уровень энергетической эффективности в системе ВАДС на данном этапе, т.е. после преобразования энергии в контакте автомобильной шины с поверхностью дороги определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{эд} = \mathcal{E}_{эм} \cdot k_D = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot k_D, \quad \%, \quad (2.59)$$

С учетом выражения (2.59) формулу (2.38) можно переписывать в виде

$$\mathcal{E}_{АД} = \mathcal{E}_{эд} \cdot k_d = \mathcal{E}_{эд} = \mathcal{E}_{эм} \cdot k_{дор} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d). \quad \%. \quad (2.60)$$

Другим этапом снижения энергетической эффективности системы ВАДС является этап преобразования энергии, связанный с деятельностью водителя, вернее взаимодействием автомобиля, дороги и водителя. Уровень энергетической эффективности в системе ВАДС на данном этапе можно представить в виде

$$\mathcal{E}_{эв} = \mathcal{E}_{эм} \cdot k_e, \quad \%, \quad (2.61)$$

где k_e – коэффициент энергетической эффективности водителя.

С учетом выражения (2.60) формулу (2.61) можно переписывать в виде

$$\mathcal{E}_{эв} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d) \cdot k_e \cdot \% . \quad (2.62)$$

По результатам исследований установлено, что значение коэффициента энергетической эффективности водителя варьирует в довольно широких пределах, т.е. $k_e = 0,82 \dots 0,96$. Для горных условий функционирования системы ВАДС значение коэффициента энергетической эффективности водителя можно принимать равным $k_e = 0,86 \dots 0,94$. Достаточно высокое значение коэффициента энергетической эффективности водителя связано с тем, что водители грузовых автомобилей являются, в основном, более или менее обученными, опытными, с достаточно высоким уровнем профессионализма [336].

Завершающий этап снижения энергетической эффективности связан с прочими преобразованиями энергии в процессе функционирования системы ВАДС. На данном, этапе преобразования и передачи энергии, уровень энергетической эффективности равняется полной энергетической эффективности функционирования системы ВАДС и выражается произведением

$$\mathcal{E}_{ВАДС} = \mathcal{E}_{эв} \cdot k_{np}, \quad \% \quad (2.63)$$

где k_{np} – коэффициент эффективности прочих преобразований энергии, связанных с функционированием системы ВАДС. По результатам многолетних исследований установлено, что для горных условий строительства гидротехнических сооружений значение коэффициента энергетической эффективности прочих преобразований энергии, связанных с функционированием системы ВАДС варьирует в пределах $k_{np} = 0,87 \dots 0,94$.

С учетом выражения (2.53), окончательно получим математическую модель для оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС

$$\mathcal{E}_{эв} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d) \cdot k_e \cdot k_{np}, \quad \% . \quad (2.64)$$

На практике для комплексной оценки энергетической эффективности системы ВАДС в горных условиях при строительстве ГТС по линейному расходу топлива целесообразно пользоваться выражением

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДСQ}} = Q_n / [(1 - k_d) \cdot k_\epsilon \cdot k_{np}], \quad \text{л} / 100 \text{ км}, \quad (2.65)$$

где Q_n – нормативный линейный расход топлива, л/100 км.

Комплексные энергетические оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях при строительстве ГТС, определенные по формуле (2.64) для различных моделей самосвалов представлены в табл. 2.8.

Таблица 2.8 – Комплексные энергетические оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях строительства ГТС

Автомобиль	q_o , %	k_d	η_ϵ	η_{np}	k_ϵ	k_n	$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}, \%$
БелАЗ-7540В	100	0,13- 0,12	0,40-0,45	0,80-0,85	0,88-0,92	0,88-0,90	21,6-27,8
SHACMAN-SX3256DR384			0,40-0,45	0,80-0,92	0,86-0,90	0,87-0,92	20,8-30,1
XOWO-336			0,40-0,45	0,80-0,92	0,86-0,94	0,87-0,93	20,8-31,8
DongFeng DFL 3251A			0,40-0,45	0,80-0,92	0,86-0,94	0,87-0,93	20,8-31,8
КамАЗ-5511			0,40-0,45	0,80-0,92	0,90-0,94	0,90-0,94	23,5-32,1
МАЗ-5549			0,40-0,45	0,80-0,92	0,90-0,94	0,90-0,94	23,5-32,1

Сравнительные оценочные показатели комплексной энергетической эффективности системы ВАДС в горных условиях строительства ГТС по линейному расходу топлива, определенные по формуле (2.65), представлены в табл. 2.9.

Таблица 2.9 – Сравнительная оценка комплексной энергетической эффективности системы ВАДС в горных условиях строительства ГТС по линейному расходу топлива

Автомобиль	k_d	k_g	k_n	Линейный расход топлива, л/(100 км)			$\delta_Q, \%$
				нормативный $Q_{лн}$	расчетный $Q_{лр}$	опытный $Q_{лэ}$	
БелАЗ-7540В	0,12-0,13	0,88-0,92	0,88-0,90	132,5	189,0	185,8	1,7
SHACMAN-SX3256DR384	0,12-0,13	0,86-0,90	0,87-0,92	81,0	117,5	120,4	2,5
XOWO-336	0,12-0,13	0,86-0,94	0,87-0,93	60,0	84,2	82,3	2,3
DongFeng DFL 3251A	0,12-0,13	0,86-0,94	0,87-0,93	52,0	73,4	71,3	2,9
КамАЗ-5511	0,12-0,13	0,90-0,94	0,90-0,94	30,0	40,3	39,3	2,5
МАЗ-5549	0,12-0,13	0,90-0,94	0,90-0,94	27,0	36,2	35,2	2,8

Следует отметить, что проведенные до сих пор исследования, связанные с изучением эффективности системы ВАДС, были связаны либо оценкой ее надежности, либо оценкой эффективности функционирования отдельных ее элементов. К тому же, подавляющее большинство исследований были направлены оценке показателей эффективности двигателя внутреннего сгорания или автомобиля. Достаточно проведены исследования в области оценки показателей автомобильной дороги или же состояния дорожного полотна и ее влияния на эффективность отдельных элементов системы ВАДС, на эффективность грузо – и пассажироперевозок, а также на безопасность дорожного движения. Встречаются исследования взаимодействия отдельных элементов системы ВАДС. На сегодня не существует методики комплексной оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

2.9 Энтропия системы ВАДС

Энтропии является фундаментальным свойством любой системы с неопределенной, неоднозначной или вероятностной природой взаимодействия и отношений между ее компонентами. По своей сути энтропия есть мера неопределенности, беспорядка, хаоса, дезорганизованности для вероятностных систем любой природы является всеобщей [38].

Среди различных видов энтропий различают физическую, структурную, термодинамическую, информационную, биологическую, социальную, политическую, экологическую, экономическую, историческую и др. В их число можно уверенно добавить и транспортную энтропию или энтропию транспортной системы, которая по значимости вовсе не уступает или незначительно уступает перечисленным выше видам энтропии. В энтропии транспортной системы отражаются фрагменты таких видов энтропий как: физическая, структурная, термодинамическая, политическая, экологическая, экономическая и др. Энтропия – это фундаментальное свойство произвольной, состоящей из многих элементов системы, для которой характерна неоднозначность и/или случайность поведения, каким является и система ВАДС, являющейся подсистемой транспортной системы, в тоже время являвшейся и важной самостоятельной системой [48, 69].

Есть множество типов систем - технические, экономические, биологические, информационные и многие другие. При этом система ВАДС является одновременно биологической (водитель), технической (автомобиль и дорога), экономической, экологической, информационной и т.п.

Эффективность функционирования любой системы зависит от качества структуры связей. Существует и универсальный показатель, определяющий это качество, каким является энтропия. В упрощенном понимании энтропия – это количественный показатель беспорядка. В разных научных дисциплинах имеются свои понятия энтропии - термодинамическая, информационная, статистическая и другие, но между ними имеется глубокая внутренняя связь.

Фактически все эти виды - различные интерпретации одного понятия.

Энтропию системы ВАДС также, как и в статической физике, можно трактовать как меру вероятности пребывания системы в данном состоянии. Чем больше беспорядка в системе, тем больше ее энтропия. Для системы ВАДС вполне приемлемо и такое определение энтропии как мера неопределенности состояния системы, получившее наибольшее распространение при исследовании живых, социальных и технических систем. Система ВАДС, как и любая система, постепенно переходит к своему наиболее вероятному состоянию. В ней увеличивается беспорядок, нарастает хаос, а значит и увеличивается энтропия. Чем меньшим значением обладает энтропия системы, тем большей стабильностью характеризуется деятельность этой системы. Для системы ВАДС чем больше стабильность, тем выше эффективность ее функционирования. И, наоборот, чем большим значением обладает энтропия системы, тем более хаотичным является функционирование такой системы.

В чем же заключается беспорядок или хаос в функционировании системы ВАДС? Энтропия системы ВАДС складывается из энтропий отдельных ее подсистем. Она связана с нетрудоспособностью водителя, отказами автомобилей и дороги, а также нарушениями экологического равновесия. Снижение неопределенности или повышение энтропии системы ВАДС связано с вероятностями отказа ее элементов (P_B , P_A , P_D , P_C) и связано нижеследующими обстоятельствами:

- автомобилями управляют большое число водителей, имеющих различные уровни надежности или вероятности отказа;
- парк автомобилей, состоит из различных видов и марок автомобилей, имеющих различные технические состояния;
- автомобили эксплуатируются в различных категориях дорог, где каждый отдельный маршрут или отдельный его участок можно рассматривать как подэлемент элемента дороги в системе ВАДС;
- среда эксплуатации тоже характеризуется неопределенностью, которую нельзя отнести к категории простой и однозначной.

Система ВАДС как и любая открытая система, обменивается с внешней средой энергией, веществом, информацией и поэтому их энтропия во времени может как расти $dE > 0$, так и убывать $dE < 0$, а энтропия открытой системы выражается как сумма двух слагаемых

$$dE = dE_i + dE_e, \quad (2.66)$$

где dE_i – изменение энтропии, обусловленное необратимыми процессами внутри системы (увеличение беспорядка); dE_e – изменение энтропии, обусловленное обменом с внешней средой веществом, энергией, информацией, и может быть как положительным $dE_e > 0$, так и отрицательным $dE_e < 0$ (увеличение порядка).

В подсистеме автомобиль – это износ, коррозия, ухудшение механических и эксплуатационных свойств элементов автомобиля и автоэксплуатационных материалов, нарушение регулировок и другие нарушения, способствующие, так или иначе, снижению эффективности функционирования системы ВАДС.

В системе ВАДС к необратимым процессам внутри системы, обуславливающим изменение энтропии или увеличение беспорядка, можно отнести такие процессы, происходящие как внутри отдельных элементов, так и процессы, происходящие в результате межэлементного взаимодействия. К таким процессам относятся: износ, коррозия, ухудшение механических и эксплуатационных свойств элементов автомобиля и автоэксплуатационных материалов, нарушение регулировок и другие неопределенности, способствующие снижению эффективности функционирования системы ВАДС.

Энтропию в системе ВАДС можно рассматривать как обратную функцию эффективности ее функционирования, т.е.

$$E_{\text{ВАДС}} = k_{\text{Э}} / \mathcal{E}_{\text{ВАДС}}, \quad (2.67)$$

где $E_{\text{ВАДС}}$ – энтропия системы ВАДС; $k_{\text{Э}}$ – переводной коэффициент; $\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$ – эффективность функционирования системы ВАДС.

Энтропия рассматривается как количественная мера неопределенности (беспорядка, свободы, разнообразия) характеристик системы и определяется числом ее допустимых состояний S

$$E = \ln S. \quad (2.68)$$

Увеличение энтропии в системе ВАДС соответствует росту дезорганизованности или снижению эффективности ее функционирования, а уменьшение – упорядочению (организованности) или повышению эффективности функционирования системы ВАДС. Система с абсолютно жесткой структурой характеризуется тем, что она является полностью определенным и имеет единственно допустимое состояние $S=1$. При этом ее энтропия равняется нулю, т.е. $E = \ln 1 = 0$. Однако, стремление к нулевой энтропии или к полной определенности в системе ВАДС, как и в любых технических системах, а также в природе и обществе бессмысленно – это недопустимо дорого.

Система ВАДС – большая и сложная, энтропия отдельных элементов которого формируются неоднозначно. Некоторое снижение уровня энтропии автомобиля в начале эксплуатации нового или отремонтированного автомобиля связано с протеканием процессов приработки, а резкое увеличение в конце – аварийным износом (рис. 2.19).

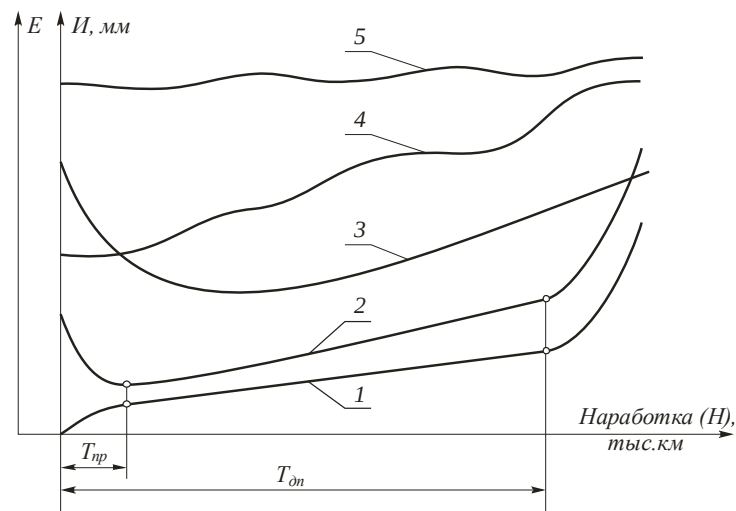


Рисунок 2.19 - Типовые кривая износа (И) детали автомобиля (1) и кривая энтропий (E) элементов системы ВАДС (водителя – 2, автомобиля – 3, автомобильной дороги – 4 и среды эксплуатации – 5)

Что касается энтропии водителя, то характер ее формирования обусловлена повышением мастерства вождения в начале трудовой деятельности, приводящем к снижению энтропии, а последующее повышение энтропии

связано со старением и снижением надежности водителя.

Извилистость кривой роста энтропии автомобильной дороги является результатом изменяющейся неопределенности эксплуатационных свойств или перепадом эффективности ее функционирования в различные времена года. При всем этом, наблюдается сложный характер постоянного роста энтропии автомобильной дороги. Такая же динамика роста энтропии присуща и к среде, некоторое увеличение которой объясняется снижением надежности среды за счет ухудшения экологических показателей.

2.10 Энтропийная модель оценки функционирования системы ВАДС на основе статистики Цаллиса

Построение и применение транспортной энтропийной модели является важным и целесообразным подходом для оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях. Предложенная энтропийная модель разработана на основе формализма неэкстенсивной статистики для одноцелевых поездок, связанных с транспортированием горной породы от карьера до места предварительного отвала, выполняемого однородной группой большегрузных автомобилей-самосвалов. Для описания функционирования сложной системы ВАДС в условиях горных карьеров приняты негиббсовы распределения, которые способствуют адекватному моделированию больших и сложных систем. В основу разработки энтропийной модели оценки функционирования системы ВАДС в горных карьерах лежит неэкстенсивная энтропия Цаллиса и степенные распределения, зависящие от меры неаддитивности сложной системы.

До сих пор энтропийный подход применяется для исследования большого количества разнообразных по своей природе систем, в том числе различных коммуникационных систем. Он нашел широкое применение при исследовании городского, междугородного и регионального транспорта и т.д.

В настоящее время важное теоретическое и практическое значения приобретает применение энтропийного подхода при исследовании

эффективности функционирования системы ВАДС в горных и высокогорных карьерных условиях при строительстве гидротехнических сооружений.

Сушность энтропийного подхода для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных и высокогорных карьерных условиях заключается в том, что его основу составляет предположение о состоянии устойчивого равновесия системы.

Устойчивое равновесие системы достигается при максимуме, который характеризуется энтропией Больцмана-Гиббса-Шеннона. Такая оценка производится в установленных рамках дополнительных ограничений о конечности ресурса компонентов системы и их неоднозначных сочетаний.

Концептуальные основы применения энтропийного подхода для установления наиболее вероятного распределения ездов между конкретными пунктами назначения (i, j) , которое производится при однородной цели ездов, заданных объёмах выездов, въездов и фиксированных полных затратах, были впервые сформулированы в работе.

К настоящему времени разработаны множество энтропийных подходов, предназначенных для оценки показателей различных систем, на основе моделей транспортных процессов, различных по сложности [240, 336].

Теоретические и методологические основы моделей транспортных процессов разработаны на базе классической статистики, предложенной Больцманом-Гиббсом-Шенноном, которые основаны на предположение о полном перемешивании потока «фазовых точек» в фазовом пространстве в соответствии с гипотезой молекулярного хаоса. Понятие энтропии в статистической механике тесно связано с теорией информации. Имеется прямая связь распределения Больцмана-Гиббса с максимумом информационной энтропии Шеннона

Суть предложенного предположения заключается в том, что, при $t \rightarrow \infty$ всякий выбранный участок фазового пространства приобретает настолько хорошо развитую хаотическую структуру, что при этом отдельные элементы сложной системы могут находиться в любой её конечной части [240].

Из анализа существующих энтропийных подходов можно сделать вывод о том, что в классической статистике не существуют ограниченно запрещенные состояния фазовых пространств, которые обусловлены рядом обычных свойств, такими как непрерывность, гладкость, евклидовость. Применительно к оценке эффективности функционирования системы ВАДС в горных карьерных условиях нужно принимать во внимание то, что процесс грузоперевозок обладает вероятностной природой со свойственным ему марковским характером.

При этом, гипотеза перемешивания, предположительно с бесконечным числом степеней свободы, перерастает к каноническому (экспоненциальному) распределению вероятности состояний Больцмана-Гиббса-Шеннона [114, 240].

Вместе с тем, предполагается, что система ВАДС рассматривается как коммуникационная система, функционирование которой оценивается ее неаддитивностью.

В этих условиях стохастичность поведения системы ВАДС обусловлена определенным беспорядком фазового пространства, с характерным проявлением произвольности. Как следствие, проявления существенного свойства системы, т.е. произвольности характера фазового пространства взаимодействия элементов системы ВАДС в горных карьерных условиях, вступают нередко встречающиеся случаи ограничения пропускной способности дороги, обусловленные такими характерными обстоятельствами как: обледенение участка дороги, покрытие толстым слоем грязи дорожного полотна, чрезмерная неровность дороги, сопровождаемая абразивностью, размыв карьерной дороги из-за ливневых дождей, и др.

В процессе функционирования система ВАДС, в условиях горных карьеров при строительстве ГТС, имеет место значительное взаимодействие между ее отдельными элементами с выраженным динамизмом (не характерное для функционирования ВАДС в равнинных условиях), проявляется немарковость процесса ее функционирования (например, поведение абразивных частиц обломков горной породы в вязкой среде толстой грязи, покрывшей

поверхность дороги, изменения средней температуры, влажности и др., а вообще, принципиально немарковскими процессами являются случайные процессы в сложных системах, куда относится и система ВАДС), чем обусловлено, в конечном счёте, нарушение гипотезы полного хаоса и неаддитивности её характеристик (например, энтропии).

Исходя из вышеприведенных причинно-следственных связей, можно предполагать, что методы классической статистики не в полной мере соответствуют для адекватной оценки эффективности функционирования сложной системы ВАДС в суровых горных карьерных условиях при строительстве ГТС. Тому причиной является то, что при помощи экспоненциального распределения адекватно оцениваются сугубо случайные процессы в простых системах, тогда как в сложных системах вероятность совпадает по степенному закону Парето.

В качестве теоретической основы адекватного моделирования транспортных процессов наилучшим образом подходит неаддитивная (неэкстенсивная) статистическая механика Цаллиса, при помощи которой может быть оценена как эффективность отдельных подсистем и компонентов сложной системы, так и комплексное влияние их сочетаний на эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Применение статистики Цаллиса вполне оправдано при изучении эволюции сложных коммуникационных систем (сетей), состоящих из большого числа объектов (узлов), которые определённым образом взаимодействуют друг с другом, в частности, когда каждый узел сети может взаимодействовать не только с несколькими ближайшими соседями, но и со многими удалёнными узлами. Несмотря на то, что основные положения статистической теории неаддитивных систем были разработаны К. Цаллисом в конце восьмидесятых годов прошлого века (точнее в 1988 г.) и нашли дальнейшее развитие в трудах засомониежных ученых и со стороны исследователей стран СНГ по неизвестным причинам этот раздел статистической механики пока не нашёл широкого распространения и для большинства исследователей остаётся все ещё экзотикой.

Имеются ряд проблем, связанных с применением статистической теории сложных систем, среди которых важное место отводится оценке эффективности функционирования системы ВАДС в суровых горных условиях.

Имеются ряд проблем, связанных с применением статистической теории сложных систем, среди которых важное место отводится оценке эффективности функционирования системы ВАДС в суровых горных условиях.

В связи с этим приобретает важное значение применение энтропийного подхода при разработке адекватных моделей функционирования сложных систем, базирующийся на формализме неаддитивной статистики Цаллиса.

Базовые элементы формализма деформированной статистики Цаллиса. Необходимо рассматривать вначале некоторые ключевые понятия статистики Цаллиса, которые будут использованы далее при конструировании обобщённой энтропийной транспортной модели. Деформированная статистическая механика сложных систем, подобно статистике простых физических систем, подчиняется вероятностным закономерностям, характеризующим систему большого числа «частиц» (случайных элементов) и проявляющимися в равновесных и неравновесных состояниях. Наиболее важное проявление подобных закономерностей в системе дискретных частиц состоит в их распределении по различным состояниям i , которое характеризуется фазовой плотностью распределения вероятностей p_i ($0 \leq p_i < \infty$). В работе К. Цаллис предложил для сложных неаддитивных статистических систем обобщить классическую формулу Больцмана-Гиббса-Шеннона для энтропии

$$S_{\text{БГШ}} = -k \sum_{i=1}^W p_i \ln p_i, \quad (2.69)$$

где $k > 0$ – постоянная Больцмана; W – статистический вес, определяющий число дискретных состояний i , определением

$$S_q = \frac{k}{q-1} \sum_{i=1}^W p_i (1 - p_i^{q-1}), \quad \sum_{i=1}^W p_i = 1, \quad (2.70)$$

где энтропийный индекс (параметр деформации) q представляет собой вещественное число, принадлежащее области $q \in \mathbb{R}$. Такая деформация логарифмической функции энтропии позволяет объяснить важную особенность поведения сложных систем (аномальных систем с длинной памятью и/или дальнедействующими взаимодействиями), когда вероятность реализации p_i больших значений состояний i убывает (при $q > 1$) не экспоненциально быстро, а степенным образом. Благодаря этому статистика Цаллиса может описывать события, практически не достижимые в простых системах, характеризуемых статистикой Больцмана-Гиббса-Шеннона. Легко показать, что в пределе $q \rightarrow 1$ (в пределе слабой связи) энтропия Цаллиса (2.70) переходит в каноническую формулу (2.70). Действительно, в пределе $q \rightarrow 1$ имеем:

$$p_i^{q-1} \exp\{(q-1)\ln p_i\} \rightarrow 1 + (q-1)\ln p_i, \text{ а энтропия } S_q \text{ сводится к форме}$$

$$S_q = \lim_{q \rightarrow 1} \frac{k}{q-1} \sum_{i=1}^W p_i (1 - p_i^{q-1}) = -k \sum_{i=1}^W p_i \ln p_i = S_{\text{БГШ}}. \quad (2.71)$$

Характерной особенностью энтропии Цаллиса является её неаддитивный характер

$$S_q(A \cup B) = S_q(A) + S_q(B) + \frac{1-q}{k} S_q(A) S_q(B), \quad (2.72)$$

где A и B – две независимые подсистемы, для которых полная вероятность составной системы $A \cup B$ подчиняется условию мультипликативности. Его подстановка в формулу $\sum_i p_i^q = 1 + S_q(1-q)/k_B$ даёт связь (2.72). Таким образом, параметр q – это мера неаддитивности системы, характеризующая целый класс различных статистик, соответствующих тем или иным статистически аномальным системам. Согласно гипотезе Цаллиса этот параметр характеризует некоторые дополнительные степени свободы, присущие сложным системам, и должен определяться *a posteriori*. Величина q ничем не ограничена и может принимать значения от $-\infty$ до $+\infty$, однако некоторые ограничения могут возникнуть в той или иной конкретной задаче; случаи $q < 1$, $q = 1$ и $q > 1$ соответственно, соотносятся с супераддитивностью, аддитивностью и субаддитивностью системы. Статистический ансамбль

неэкстенсивных систем реализуется двумя множествами: множеством всех его состояний и множеством случайных физических величин φ_i . Взвешенное значение $E_q(\varphi) \equiv \langle \varphi \rangle_q$ величины φ_i в статистике Курадо-Цаллиса [114], которой мы далее воспользуемся, определяется формулой

$$\langle \varphi \rangle_q = \sum_{i=1}^W \varphi_i p_i^q, \quad (2.73)$$

которая при $q = 1$ отвечает стандартному определению среднего значения. Для неслучайной постоянной величины C имеем равенство $\langle C \rangle_q = C \sum_i p_i^q$. При $C = 1$ следует $E_q(1) \neq 1$, что означает ненормированность данного взвешенного осреднения на единицу.

Следует отметить, что в неаддитивной статистике Цаллиса возможно осреднение по трём распределениям: p_i , p_i^q , $\frac{p_i^q}{\sum_i p_i^q}$ [10].

Заметим, что q -энтропия может быть представлена в канонической форме (2.69)

$$S_q = -k \sum_{i=1}^W p_i^q \ln_q p_i, \quad (2.74)$$

если использовать так называемый деформированный логарифм

$$\log_q x \equiv \frac{x^{1-q} - 1}{1-q} \quad (x \in \mathbb{R}^+; \quad q \in \mathbb{R}), \quad (2.75)$$

обратная функция к которому представляет собой экспоненту Цаллиса

$$\exp_q x \equiv [1 + (1 - q)x]_+^{\frac{1}{1-q}} \quad (x \in \mathbb{R}; \quad q \in \mathbb{R}). \quad (2.76)$$

Здесь выражение, стоящее в квадратных скобках, либо положительно, либо равно нулю, $[y]_+ \equiv \max(y, 0)$; кроме этого, справедливо обычное соотношение $\exp_q \ln_q \exp_q x = x$.

Тогда энтропия Цаллиса S_q , будучи мерой беспорядка сложной статистической системы, представляет среднее по статистическому ансамблю микроскопической q -энтропии

$$s_q(p_i) \equiv \frac{k_B(1 - p_i^{q-1})}{(1 - q)} = -k_B \ln_q p_i:$$

$$S_q \equiv \langle s_q(p_i) \rangle = \sum_{i=1}^W p_i^q s_q(p_i) = -k \sum_{i=1}^W p_i^q \ln_q p_i = -k \langle \ln_q p_i \rangle_q. \quad (2.77)$$

Таким образом, неаддитивная статистика Цаллиса основывается на определении деформированных логарифмической и экспоненциальной функций равенствами (2.75) и (2.76), которые при параметре деформации $q \rightarrow 1$ приводят к обычным функциям:

$$\exp_1(x) \equiv \lim_{q \rightarrow 1+0} \exp_q(x) = \lim_{q \rightarrow 1-0} \exp_q(x) = \exp(x) \quad (\forall x),$$

$$\ln_1 x \equiv \lim_{q \rightarrow 1+0} \ln_q x = \lim_{q \rightarrow 1-0} \ln_q x = \ln x \quad (\forall x). \quad (2.78)$$

Определяя q -деформированные произведение и частное положительных величин x, y

$$x \otimes_q y \equiv [x^{1-q} + y^{1-q} - 1]_+^{\frac{1}{1-q}}; \quad x \oslash_q y \equiv [x^{1-q} - y^{1-q} - 1]_+^{\frac{1}{1-q}}; \quad (2.79)$$

$$x, y > 0,$$

легко убедиться, что они удовлетворяют обычным свойствам

$$\exp_q(x + y) = \exp_q(x) \otimes_q \exp_q(y),$$

$$\exp_q(x - y) = \exp_q(x) \oslash_q \exp_q(y). \quad (2.80)$$

Кроме этих формул, мы далее будем использовать следующие соотношения

$$\frac{d(\ln_q x)}{dx} = \frac{1}{x^q}, \quad \frac{d(\exp_q x)}{dx} = (\exp_q x)^q;$$

$$1/\exp_q x = \exp_{2-q}(-x), \quad -\ln_{2-q}\left(\frac{1}{x}\right) = \ln_q x \quad (\forall x; \forall q). \quad (2.81)$$

Экстремум энтропии и равновесные состояния. В данной работе использована, основанный на теории информации, наиболее простой способ определения равновесного состояния $(p_i)^{eq}$, которое не меняется с течением времени. Проиллюстрируем его на физической дискретной системе, элементы которой обладают запасом внутренней энергии ε_i . Равновесная функция распределения для сложных систем в статистике Цаллиса может быть определена, как и в классическом случае, из экстремума (максимума – при $q > 1$

и минимума – при $q < 1$) энтропии S_q при выполнении дополнительных условий: постоянства нормировки распределения вероятности

$$\sum_{i=1}^W p_i = 1 \quad (2.82)$$

и постоянства полной энергии системы

$$\mathcal{E}_q = \langle e_i \rangle = \sum_{i=1}^W e_i p_i^q = const, \quad (2.83)$$

(здесь ε_i – энергия i -го состояния). Следуя методу множителей Лагранжа, можно найти безусловный экстремум лагранжиана

$$\mathcal{L}_q(p, \alpha, \beta) = -k \langle \ln_i p_i \rangle - \alpha (\sum_{i=1}^W p_i - 1) - \beta (\sum_{i=1}^W \varepsilon_i p_i^q - \mathcal{E}_q),$$

где α и β – множители Лагранжа.

В соответствии с теоремой Лагранжа вероятное распределение p_i , «экстремизирующее» энтропию Цаллиса $S_q(p) = -k \langle \ln_q p_i \rangle$, определяется из решения системы уравнений

$$\frac{\partial}{\partial p_i} \mathcal{L}_q(p, \alpha, \beta) = \frac{q k_B}{1-q} p_i^{q-1} - \left[\frac{k_B}{1-q} + \alpha + \beta \varepsilon_i p_i^{q-1} \right] = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, W),$$

откуда следует деформированное распределение Гиббса с параметрами q и β

$$p_i^{(eq)} = Z_q^{-1}(\beta) [1 - k^{-1}(1-q)\beta \varepsilon_i]^{-\frac{1}{1-q}} \equiv Z_q^{-1}(\beta) \exp_q \left\{ -\frac{\beta \varepsilon_i}{k} \right\}, \quad (2.84)$$

$$\text{где } Z_q(\beta) \equiv (1/q + (q-1)/kq\alpha)^{\frac{1}{1-q}} = \sum_{i=1}^W \exp \left\{ -\frac{\beta \varepsilon_i}{k} \right\} \quad (2.85)$$

– обобщённая статистическая сумма, определяемая из условия нормировки (2.82); постоянные Лагранжевы множители α (так называемая активность) и β (обратная эффективная температура) определяются из системы уравнений, получаемых подстановкой (2.84) в (2.82) и (2.83).

При условии $1 - k^{-1}(1-q)\beta \varepsilon_i > 0$ и $q \neq 1$ из (2.84) и (2.85) следует каноническое распределение Гиббса

$$p_i^{(eq)} = Z^{-1}(T) \exp \left\{ -\frac{\varepsilon_i}{kT} \right\}, \quad Z(T) = \sum_{i=1}^W \exp \left\{ -\frac{\varepsilon_i}{kT} \right\}$$

для аддитивных систем, находящихся в термостате с абсолютной температурой $T \equiv \beta^{-1}$. Легко видеть, что поведение распределения при больших значениях энергии отличается от канонического: в частности, при $q > 1$ имеет место степенное, а не экспоненциальное падение с ростом энергии. Если подставить распределение (2.84) в (2.70), то получим экстремальное (равновесное) значение q -энтропии

$$\begin{aligned}
 S_q &= \frac{k}{q-1} \left[1 - Z_q^{1-q} \sum_{i=1}^W \frac{p_i}{1 - k^{-1}(1-q)\beta\epsilon_i} \right] = \\
 &= \beta \left[\frac{k(1 - Z_q^{1-q})}{\beta(q-1)} + Z_q^{1-q} \sum_{i=1}^W \frac{p_i \epsilon_i}{1 - k^{-1}(1-q)\beta\epsilon_i} \right] = \\
 &= \beta \left[\frac{k(1 - Z_q^{1-q})}{\beta(q-1)} + \sum_{i=1}^W p_i^q \epsilon_i \right] = \beta \left[E_q - \frac{k(Z_q^{1-q} - 1)}{\beta(q-1)} \right] \equiv \beta(\mathcal{E}_q - \mathcal{F}_q), \\
 \mathcal{F}_q &\equiv \frac{k}{\beta(q-1)} (Z_q^{1-q} - 1) = \frac{1}{\beta} \left(\frac{k}{q(q-1)} - \frac{\alpha}{q} - \frac{k}{q-1} \right), \quad (2.86)
 \end{aligned}$$

где F_q – деформированная свободная энергия Гельмгольца, которая, как легко проверить, при $q=1$ совпадает со свободной энергией $F = -kT \ln Z(T)$ аддитивной физической системы. Здесь у всех термодинамических величин мы отбросили верхний индекс «eq».

С учетом выражения $Z_q(\beta) = [1 - k^{-1}\beta(1-q)F_q]^{1/1-q}$, вытекающего из (2.86), распределение (2.84) может быть переписано в эквивалентном виде

$$p_i^{(eq)} = \exp_q \left\{ -\frac{\epsilon_i}{kT_{ef}} \right\} / \exp_q \left\{ -\frac{\mathcal{F}_q}{kT_{ef}} \right\} = \left(\frac{1 - (1-q)\epsilon_i/kT_{ef}}{1 - (1-q)\mathcal{F}_q/kT_{ef}} \right)^{1/1-q}, \quad (2.87)$$

где $T_{ef} \equiv \beta - 1$ – так называемая эффективная температура экстенсивной системы, определяющая интенсивность беспорядочного движения её элементов. Из (2.75.84) с учетом (2.86) могут быть получены, в частности, известные

$$\mathcal{E}_q - T_{ef} S_q = \mathcal{F}_q, \quad 1/T_{ef} = \partial S_q / \partial \mathcal{E}_q, \quad \mathcal{E}_q = \mathcal{F}_q - T_{ef} \partial \mathcal{F}_q / \partial T_{ef}.$$

2.11 Двухточечная энтропийная модель оценки функционирования системы ВАДС при одноцелевых поездках однородной группы автомобилей

Для исследования эффективности функционирования системы ВАДС можно пользоваться энтропийным моделированием, построенного на базе классической статистики Больцмана-Гиббса-Шеннона. При этом функционирование системы ВАДС на строительстве горных ГТС следует рассматривать как коммуникационную систему, состоящую из достаточно большого числа однотипных элементов: водителей, автомобилей и маршрутов движения (дорожных участков). Для дальнейших расчетов необходимо разбить территорию строительства ГТС (в данном случае ДАО «Основное строительство» ОАО «Рогунская ГЭС») на определенные коммуникационные единицы или зоны с горными карьерами. Каждую такую условную зону обслуживает определенное число автомобилей и водителей, которую принято называть истоками. Истоки принято обозначить индексом i , который указывает на номер зоны с расположением на ней карьеров. Индексом j обозначено номер зоны с фиксированным числом карьеров, называемой стоком и характеризуемой объемом грузоперевозок, в соответствии с которым для обслуживания каждого карьера выделяется определенное число автомобилей. Номера зоны могут принимать: $i=1 \dots n$ и $j=1 \dots m$.

Для детерминированной системы все входные и выходные параметры связаны между собой коммуникациями, причём такая связь для каждой пары (i, j) элементов единственная. Для такой системы известны некоторые характеристики ε_{ij} (так называемые обобщённые затраты, в качестве которых могут выступать производительность грузоперевозок, ее стоимость, время передвижения, географическое расстояние, высота н.у.м. и т.д.). Это характерно для случая равновероятности реализации выбора элементов детерминированной системы той или иной пары (i, j) . В реальных горных условиях

функционирования система ВАДС характеризуется стохастичностью параметров, для которой реализация выбора элементом системы той или иной пары (i, j) далека от равновероятности. Для упрощенных систем с равновероятностной реализацией выбора элементом транспортная задача оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях сводиться к установлению наиболее вероятного распределения потока между пунктами i и j .

Матрица потоков транспорта $X = \{x_{ij}\}$ из истоков истоков i в стоки j (из карьеров в отвал), при $x_{ij} > 0$ должны удовлетворять ограничениям:

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{ij} = q_i, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.88)$$

$$\frac{1}{N} \sum_{j=1}^m x_{ij} = r_i. \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (2.89)$$

Здесь $Q_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} = Nq_i$ – заданный «объем» источника, измеренный в элементах системы (например, полное число ездов автомобилей между зонами i и j); $\sum_{ij} x_{ij}$ – объем перевозимого груза из зоны i в j ; $R_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} = Nr_i$ – объем стока.

Дополнительное ограничение к ограничениям (2.79) и (2.80)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \varepsilon_{ij} = N\langle \varepsilon \rangle, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2.90)$$

где $\langle \varepsilon \rangle$ – средние обобщённые затраты на перевозку горной массы; $N\langle \varepsilon \rangle$ – полные транспортные затраты.

Транспортная модель, связанная с функционированием системы ВАДС в горных условиях при строительстве ГТС, сводится к задаче о нахождении

$$\max_{x_{ij}} \ln W(\{x_{ij}\}), \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = N, \quad x_{ij} > 0, \quad (2.91)$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = Ns_i, \quad (1) \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = Nr_i, \quad (2) \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \varepsilon_{ij} = N\langle \varepsilon \rangle. \quad (2.92)$$

Равновесная матрица потоков, решающая эту задачу, имеет вид [3]

$$(x_{ij})^{eq} = \alpha_i \beta_j s_i r_j \exp(-\beta \varepsilon_{ij}), \quad (2.93)$$

где α_i и β_j – коэффициенты:

$$\alpha_i \equiv \frac{\exp(-1 - \lambda_i^{(1)})}{s_i} = N \left[\sum_{j=1}^m \beta_j r_j \exp(-\beta \varepsilon_{ij}) \right]^{-1}, \quad (2.94)$$

$$\beta_j \equiv \frac{\exp(-\lambda_j^{(2)})}{r_j} = N \left[\sum_{i=1}^n \alpha_i s_i \exp(-\beta \varepsilon_{ij}) \right]^{-1}, \quad (2.95)$$

где $\lambda_i^{(1)}$ и $\lambda_j^{(2)}$ – наборы множителей Лагранжа, характеризуемые балансовые ограничения (2.92), соответственно для источников (для стоков); β – множитель Лагранжа, соответствующий ограничению по затратам.

Логарифм количества состояний (2.93) системы ВАДС получен на основе формулы Стирлинга $\ln x_{ij}! = x_{ij} \ln x_{ij} - x_{ij} = x_{ij} (\ln x_{ij} - 1)$ т.е.

$$\begin{aligned} \ln W(\{x_{ij}\}) &= \ln N! + N - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \ln x_{ij} = (\ln N! + N - N \ln N) - \\ &- N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} = \ln N! + N - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \ln x_{ij} = \\ &= (\ln N! + N - N \ln N) + SN, \end{aligned} \quad (2.96)$$

где $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{N}$ – величины, которые могут интерпретироваться в качестве распределения вероятностей.

Мера энтропии S вероятностного распределения параметров, необходимая для поиска равновесного состояния системы ВАДС, вполне может быть определена из выражения

$$S = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij}. \quad (2.97)$$

Ввиду того, что S и $\ln W$ связаны между собой линейной зависимостью, то максимизация энтропии S при ограничениях (2.92) приводит к нахождению наиболее вероятной матрицы потоков $\{x_{ij}\}^{eq}$.

Следует отметить, что использование энтропии S для поиска $(p_{ij})^{eq}$ является более предпочтительным, поскольку при этом не используется приближенная формула Стирлинга, а оценка p^{ij} по максимуму энтропии S даёт, по меньшей мере, возможность последовательно анализировать сложные транспортные системы. Другими преимуществами энтропийного двухточечного моделирования транспортных процессов являются ее простота, а также то, что в ходе максимизации энтропии можно достичь более адекватных результатов, нежели обычный статистический анализ при построении динамических моделей для оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

2.12 Энтропийная транспортная модель, основанная на максимизации деформированной энтропии Цаллиса

Большие и сложные системы, в том числе и система ВАДС, содержать управляемые и неуправляемые элементы. При моделировании коммуникационной системы (в частности, системы ВАДС) для того чтобы охватить большое число неуправляемых элементов необходимо деформировать энтропию Больцмана-Гиббса-Шеннона (2.97) таким образом, чтобы она давала характерный для неё степенной закон Парето распределения вероятности состояний. Далее следует исходить из следующего представления энтропии Цаллиса в двухиндексном случае

$$S_q \equiv k \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} (1 - p_{ij}^{q-1}) \right)}{(q-1)} = -k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij}^q \ln_q p_{ij} = -k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q, \quad (2.98)$$

Для системы ВАДС поиск ее устойчивого или равновесного остояния функционирования сводится к решению задачи, связанной с определением распределения вероятностей p_{ij} , которое бы обеспечивало

$$\max_{p_{ij}} (-k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q), \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} = 1, \quad p_{ij} \geq 1, \quad i \in S, \quad j \in R \quad (2.99)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} = r_i, \quad \sum_{j=1}^m p_{ij} = s_i \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij}^q \varepsilon_{ij} = E_q, \quad (2.100)$$

где ε_{ij} – величина, характеризующая меру сопротивления передвижению автомобиля между истоком i и стоком j . При оценке или исследовании эффективности функционирования системы ВАДС в качестве величины ε_{ij} могут быть рассмотрены такие показатели как: расстояние за езду, геометрия дороги в плане и профиле, неровность дороги, абразивность дорожного полотна, толстый слой абразивной грязи на поверхности дороги после обильных осадков, высота н.у.м., агрессивная езда, связанная с недостаточностью мастерства управления автомобилем, ограниченная обзорность и видимость в горных условиях, несоответствие технического состояния автомобиля его агрегатов и систем требованиям технических условий, время передвижения, затраты на передвижение, или, что часто бывает более эффективным, взвешенная комбинация подобных факторов.

Совместность функционирования системы ВАДС возможна при условии

$$\sum_{i=1}^n s_i = \sum_{j=1}^m r_j = 1, \quad (2.101)$$

где $\sum_{i=1}^n s_i$ и $\sum_{j=1}^m r_j$ – суммарное число автомобилей, выезжающих из зоны i и въезжающих в зону j , соответственно.

После максимизации функционала, можно получить максимизирующую q -энтропию $S_q = -k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q$ матрицу $\{p_{ij}\}$

$$L_q(p, \lambda, \beta) \equiv -k \langle \ln_q p_{ij} \rangle_q + \sum_{i=1}^n \lambda_i^{(1)} (s_i - \sum_{j=1}^m p_{ij}) + \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(2)} (r_j - \sum_{i=1}^n p_{ij}) + \beta (E_q - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \varepsilon_{ij} p_{ij}^q), \quad (2.102)$$

где $\lambda_i^{(1)}$, $\lambda_j^{(2)}$ и β – множители Лагранжа.

Как следует из последнего максимум выражения $L_q(p, \lambda, \beta)$ в основном зависит от p_{ij} . Следовательно, дифференцируя $L_q(p, \lambda, \beta)$ по p_{ij} , получим

$$\frac{\partial}{\partial p_{ij}} L_q(p, \lambda, \beta) = -\frac{qk}{q-1} p_{ij}^{q-1} + \frac{k}{q-1} - \lambda_i^{(1)} - \lambda_j^{(2)} - \beta q \varepsilon_{ij} p_{ij}^{q-1} = 0 \quad (2.103)$$

$$i = 1, 2 \dots n \text{ и } j = 1, 2 \dots m.$$

Откуда

$$\left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \left(1 + (1-q) \frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right)^{\frac{1}{1-q}} (p_{ij})^{eq} = \left(1 + (1-q)(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij})\right)^{\frac{1}{1-q}},$$

С учетом деформированного логарифма $\log_q x \equiv \frac{x^{1-q} - 1}{1-q}$ ($x \in \mathbb{R}^+$; $q \in \mathbb{R}$),

обратная функция к которому представляет собой экспоненту Цаллиса

$$\exp_q x \equiv [1 + (1-q)x]_+^{\frac{1}{1-q}} \quad (x \in \mathbb{R}; \quad q \in \mathbb{R})$$

получим

$$\left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \exp_q \left[\frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right] (p_{ij})^{eq} = \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \quad (2.104)$$

$$(p_{ij})^{eq} = Z_{ij}^{-1} \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}), \quad (2.105)$$

где

$$Z_{ij} = \left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \left(1 + (1-q) \frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right)^{\frac{1}{1-q}} = \left(\frac{1}{q}\right)^{\frac{1}{1-q}} \exp_q \left[\frac{1}{k} (\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})\right]. \quad (2.106)$$

При $q > 0$, условие $p_{ij} \geq 0$, т.е. неотрицательности распределения вероятностей выполняется автоматически. Далее с учетом понятия q -деформированного произведения двух положительных величин и свойства $1/\exp_q x = \exp_{2-q}(-x)$ деформированной экспоненты

$$\exp_{2-q} \left[-(\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})/k \right] = \exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k).$$

Уравнение (2.105) для равновесного распределения вероятности можно переписывать в виде

$$\begin{aligned} (p_{ij})^{eq} &= q^{\frac{1}{1-q}} \exp_{2-q} \left[-(\lambda_i^{(1)} + \lambda_j^{(2)})/k \right] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}) = \\ &= q^{\frac{1}{1-q}} \left[\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k) \right] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \end{aligned} \quad (2.107)$$

Коэффициенты $\lambda_i^{(1)}$ и $\lambda_j^{(2)}$ определяется путем подстановки уравнения (2.98) в (2.91)

$$r_j = q^{\frac{1}{1-q}} \sum_{i=1}^n \left[\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k) \right] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}), \quad (2.108)$$

$$s_i = q^{\frac{1}{1-q}} \sum_{i=1}^m [\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k) \otimes_{2-q} \exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k)] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \quad (2.109)$$

Введем калибровочные коэффициенты

$$\alpha_i(q) = \frac{\exp_{2-q}(-\lambda_i^{(1)}/k)}{s_i} = \frac{1}{s_i} \left[1 - k^{-1}(q-1)\lambda_i^{(1)} \right]^{\frac{1}{q-1}}, \quad (2.110)$$

$$\beta_j(q) = \frac{\exp_{2-q}(-\lambda_j^{(2)}/k)}{r_j} = \frac{1}{r_j} \left[1 - k^{-1}(q-1)\lambda_j^{(2)} \right]^{\frac{1}{q-1}}. \quad (2.111)$$

С учетом введенных калибровочных коэффициентов равновесное распределение вероятности выражается уравнением

$$(p_{ij})^{eq} = q^{\frac{1}{1-q}} r_j s_i [\alpha_i \otimes_{2-q} \beta_j] \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}), \quad (2.112)$$

где $\alpha_i \otimes_q \beta_j = [\alpha_i^{1-q} + \beta_j^{1-q} - 1]_+^{\frac{1}{1-q}}$;

$$\exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}) = (1 - k^{-1}(1-q)\beta\epsilon_{ij})_+^{\frac{1}{1-q}}. \quad (2.113)$$

Для определения калибровочных коэффициентов α_i и β_j в соответствии с выражениями (2.107 и 2.108), имеем следующие уравнения

$$q^{\frac{1}{q-1}} = \sum_{i=1}^n [\beta_j(q) \otimes_{2-q} \alpha_i(q)] s_i \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}); \quad (2.114)$$

$$q^{\frac{1}{q-1}} = \sum_{j=1}^m [\alpha_i(q) \otimes_{2-q} \beta_j(q)] r_j \exp_q(-k^{-1}\beta\epsilon_{ij}). \quad (2.115)$$

В последних уравнениях $i=1, \dots, n$ и $j=1, \dots, m$.

Для определения численных значений калибровочных коэффициентов α_i и β_j при использовании деформированной энтропии Цаллиса для моделирования эффективности функционирования системы ВАДС, точно также как и в традиционном случае, определяются на основе специальных процедур согласно методике, изложенной в [240]. При этом множитель Лагранжа β может быть определена обычными методами калибровки, так как значение величины $\mathcal{E}$ неизвестно априори.

Далее, подставляя распределение (2.105) в (2.98) находим экстремальное (равновесное) значение q -энтропии, т.е.

$$S_q = \frac{k}{q-1} \left\{ 1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{p_{ij} Z_{ij}^{1-q}}{1 - k^{-1}(1-q)\beta\epsilon_{ij}} \right\} =$$

$$\begin{aligned}
&= \beta \left\{ \frac{k}{\beta(q-1)} \left(1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} Z_{ij}^{1-q} \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m \frac{p_{ij} Z_{ij}^{1-q} \varepsilon_{ij}}{1-k^{-1} (1-q) \beta \varepsilon_{ij}} \right\} = \\
&= \beta \left\{ \frac{k}{\beta(q-1)} \left(1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} Z_{ij}^{1-q} \right) + \varepsilon_q \right\} = \beta (\varepsilon_q - \mathcal{F}_q). \quad (2.116)
\end{aligned}$$

$$\text{Здесь } \mathcal{F}_q = \frac{k}{\beta(q-1)} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} Z_{ij}^{1-q} - 1 \right). \quad (2.117)$$

Последнее соотношение (2.117) есть выражение деформированной свободной энергии Гельмгольца для неаддитивной системы ВАДС. Из выражения (2.116) с учетом соотношения (2.117) вытекают известные дифференциальные соотношения равновесной энтропии

$$\mathcal{F}_q = \varepsilon_q - \frac{S_q}{\beta}; \quad \beta = \frac{\partial S_q}{\partial \varepsilon_q}; \quad \varepsilon_q = \frac{\partial(\beta \mathcal{F}_q)}{\partial \beta}. \quad (2.118)$$

С учетом выражений (2.105 и 2.106) соотношение (2.118) примет следующий эквивалентный вид

$$\begin{aligned}
\mathcal{F}_q(\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \beta) &= \frac{k}{\beta(q-1)} \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Z_{ij}^{-q} \exp_q(-\beta \varepsilon_{ij}/k) - 1 \right) = \\
&= \frac{1}{\beta q} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} (\lambda^{(1)} + \lambda^{(2)} - k) = \frac{1}{\beta q} \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i^{(1)} s_i + \sum_{j=1}^m \lambda_j^{(2)} r_j - k \right). \quad (2.119)
\end{aligned}$$

На основе последнего выражения получим

$$\frac{\partial(\beta \mathcal{F}_q)}{\partial \lambda_i^{(1)}} = \frac{1}{q} s_i, \quad \frac{\partial(\beta \mathcal{F}_q)}{\partial \lambda_j^{(2)}} = \frac{1}{q} r_j. \quad (2.120)$$

Анализируя последние уравнения следует отметить, что их левые части заданы, а свободная энергия $\mathcal{F}_q(\lambda^{(1)}, \lambda^{(2)}, \beta)$ определяемая из выражения (2.119), особым образом зависит от $\lambda_i^{(1)}$ и $\lambda_j^{(2)}$. Следовательно, соотношения (2.120) можно рассматривать как точную форму системы уравнений для определения коэффициентов Лагранжа λ .

Вторая вариация функционала (2.102) определяется из выражения

$$\delta^2 \mathcal{L} = -kq \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [1 - (1-q)\beta \varepsilon_{ij}] p_{ij}^{q-2} \delta^2 p_{ij} \right\}. \quad (2.121)$$

Из второй вариации функционала (2.112) следует, что экстремум соответствует максимуму и минимуму рассматриваемого функционала соответственно при $q > 0$ ($\delta^2 \mathcal{L} < 0$) и $q < 0$ ($\delta^2 \mathcal{L} > 0$). Таким образом, распределение (2.105) максимизирует или минимизирует энтропию Цаллиса (2.98).

Энтропийный подход для исследования вопросов, связанных с оценкой и повышением эффективности системы ВАДС базируется на статистике Гиббса-Больцмана. Основу такого подхода составляет гипотеза о том, что состояние устойчивого равновесного состояния в системе достигается при максимуме характеризующей её классической энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона при выполнении некоторых дополнительных условий, учитывающих конечность ресурса, содержащегося в системе.

Впервые концепция энтропии для исследования транспортных процессов при определении наиболее вероятного распределения поездок между зонами (i, j) (при однородной цели поездок, при заданных объёмах выездов, въездов и фиксированных полных затратах) была сформулирована в работе [250]. В настоящее время существует огромное количество различных по сложности моделей, основанных на этом подходе.

В данной работе впервые исследованы возможности применения энтропийного подхода для оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях. Функционирование системы ВАДС в горных условиях характеризуется более сложным (неэкстенсивным) поведением.

Для системы ВАДС свойственна относительно слабая хаотизация фазового пространства, при которой экспоненциально быстрое перемешивание приобретает другой (во многих случаях степенной) характер, причём её поведение зачастую определяется практически недостижимыми состояниями.

С учетом того, что система ВАДС, как и любая транспортная система, относится к категории сложных (аномальных) систем, которая характеризуется интенсивным взаимодействием между её отдельными подсистемами, а характерная немарковость динамического процесса, в конечном счёте, приводит

к нарушению аддитивности энтропии. Именно в силу перечисленных причин моделирование эффективности функционирования системы ВАДС на основе классической энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона не является вполне адекватным.

Теоретическая база энтропийного подхода оценки функционирования системы ВАДС в горных условиях основывается на формализм неаддитивной статистики Цаллиса, которая, как раз, и предназначена для описания комплексного (совокупного) влияния элементов сложной коммуникационной системы ВАДС на формирование ее эффективности.

Установлено, что при функционировании системы ВАДС в горных карьерных условиях, наиболее вероятное распределение поездок большегрузных автомобилей-самосвалов, моделируемое в рамках деформированной статистики Цаллиса, определяется обобщёнными соотношениями, почти такими же по структуре, как и в случае транспортной модели, описанной в [240] и основанной на классической статистике Больцмана-Гиббса-Шеннона. При условии $q \rightarrow 1$ эти соотношения полностью эквивалентны традиционным. Вместе с тем развитый подход позволяет сконструировать энтропийные модели более сложных транспортных систем (например, модели оценки эффективности системы ВАДС в горных карьерных условиях при строительстве ГТС), для которых характерна относительно слабая хаотизация фазового пространства и которым присуще не экспоненциальное, а степенное поведение, известное как закон Парето (закон, определяющий степенное распределение вероятности реализаций состояния системы). Для подобных аномальных систем имеет место сильное взаимодействие между отдельными их элементами, немарковость динамических процессов, эредитарность (запаздывающая причинно-следственная связь), что приводит в конечном счёте к нарушению гипотезы полного перемешивания. Хотя в работе построена только простая модель для одноцелевых поездок и для однородной группы автомобилей, предложенный в ней метод может быть использован для конструирования более адекватных энтропийных транспортных моделей распределения, в которых учитывается ряд дополнительных

специфических факторов, таких как наличие корреспонденции между парой (i , j), расщепление маршрутов, расщепление типов коммуникаций, поведенческие гипотезы и т.д.

2.13 Качество функционирования системы ВАДС

Качество транспортных процессов является неотъемлемым атрибутом эффективности функционирования системы ВАДС.

Качество – совокупность свойств и характеристик функционирования системы ВАДС, которые придают ей способность удовлетворять потребности производства при разработке полезных ископаемых и строительстве ГТС. Бытует мнение о том, что повышение качества транспортных процессов связано с увеличением затрат трудовых ресурсов, энергетических, материальных и прочих затрат. На самом деле, низкое качество выполнения транспортных процессов неизбежно влечет за собой дополнительные затраты, перечисленные выше.

Основные параметры качества функционирования системы ВАДС в условиях горных карьеров:

1. Своевременность выполнения заданного объема грузоперевозок.
2. Надежность функционирования системы ВАДС и ее отдельных элементов.
3. Полнота выполнения грузоперевозок.
4. Возможность и эффективность погрузочно-разгрузочных работ и складирования грузов на отвалах.
5. Сохранность грузов в процессе грузоперевозок, так как высыпание горной массы из кузова автосамосвала приводит к значительному увеличению уровня абразивности и ухудшению качества поверхности дороги.
6. Объективность тарифов и регулярность информации о них.

Выбор оптимальной эффективности функционирования системы ВАДС определяется динамикой величины затрат. Оценка рационального уровня

эффективности функционирования системы ВАДС производится сопоставлением расходов, доходов и прибыли, реализуя принцип компромиссного решения, при котором достигается наилучшие соотношения между ценами и уровнем производительности труда, между расходами и доходами (рис. 2.20).

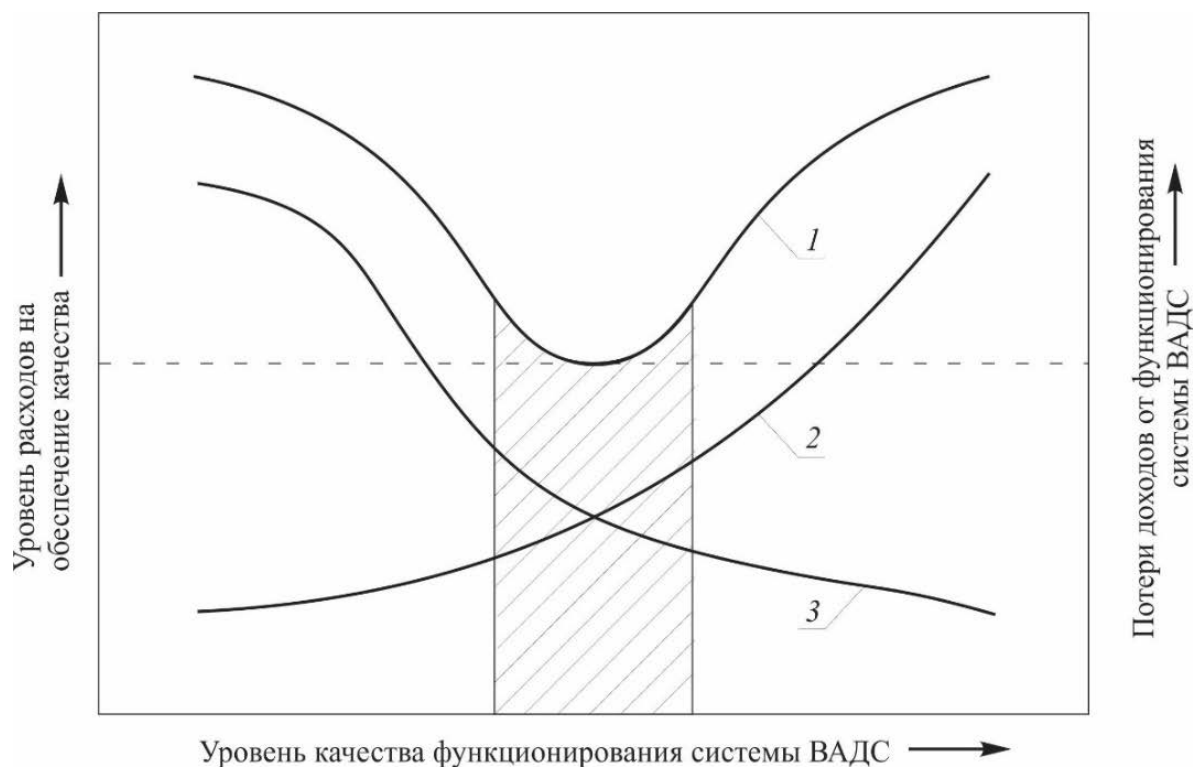


Рисунок 2.20 – График для определения оптимального уровня качества функционирования системы ВАДС: 1– результат суммирования роста расходов 2 и потери доходов 3 в зависимости от уровня качества функционирования системы ВАДС

Фактически процедура оценки рационального уровня эффективности функционирования системы ВАДС сводится к сопоставлению затрат, связанных с увеличением уровня эффективности функционирования системы с потерями доходов, которые растут при уменьшении качества транспортных процессов. В результате находят некоторый оптимум уровня оптимальности функционирования системы ВАДС

С увеличением уровня качества транспортных процессов наблюдается рост расходов по нему (2) и одновременно снижение потери доходов (3). Линия (1) получается суммированием координат линий (2) и (3), минимальная точка данной линии соответствует оптимальному уровню качества функционирования системы ВАДС. В связи со значительными трудностями поиска и практической реализации оптимального уровня качества функционирования системы ВАДС, особенно в горных условиях, обычно ориентируются на рациональное, «достаточное хорошее» решение, обозначенное заштрихованной областью на графике.

Эффективность, качество и надежность функционирования системы ВАДС являются ключевыми понятиями при управлении транспортным процессом. Между ними существует тесная связь: качество является частью системы оценки эффективности, а надежность частью системы оценки качества (рис. 2.21).



Рисунок 2.21 – Связь между эффективностью, качеством и надежностью

Следует отметить, что качество функционирования системы ВАДС формируется рациональным (оптимальным) сочетанием достаточно большого количества факторов и их элементов (рис. 2.22), взаимосвязь между которыми носит вероятностный характер и отличается сложностью.



Рисунок 2.22 – Схема факторов и их элементов, формирующих качество функционирования системы ВАДС

Оценка эффективности функционирования системы ВАДС, при выполнении грузоперевозок должна быть объективной и не должна зависеть от того, в чьих интересах и с точки зрения какого участника транспортного процесса она производится.

Что касается надежности системы ВАДС, то – это долгосрочный показатель ее работоспособности во всевозможных условиях ее

функционирования. Надежность системы ВАДС может быть определена также как совокупная характеристика водителя, автомобиля, дороги и среды, обеспечивающая функционирование этой системы в рамках, установленных для нее требований, а также как безотказность и восстанавливаемость элементов системы, их периодическую профилактику, безошибочность действий водителя, его медико-биологическая надежность, удовлетворение потребности в отдыхе, возможность восстановления работоспособного состояния, готовность технических средств и операторов к работе.

В качестве общего показателя надежности системы ВАДС может быть использована вероятность своевременного, безошибочного и безотказного функционирования антропотехнической системы. Надежность системы ВАДС зависит от условий и режимов ее функционирования, особенностей предусмотренных целей и задач, надежности и оптимальности сочетания отдельных ее элементов в соответствии с целями и задачами.

Оценка эффективности грузоперевозки или функционирования системы ВАДС может быть выполнена с помощью следующих показателей:

- объем перевезённого груза в натуральном выражении;
- затраты (энергетические, экономические, материальные, трудовые и др.), связанные с ее функционированием;
- удельные затраты единицу выполненной работы;
- величина дохода от выполненной работы;
- финансовый результат от функционирования системы ВАДС (прибыль

Π)

$$\Pi = D - Z, \quad (2.122)$$

где D – доходы, Z – расходы или затраты.

- рентабельность перевозок

$$R = \Pi / Z. \quad (2.123)$$

Надежность системы ВАДС, выступая как синоним гарантированности эффективности при минимуме рисков ее функционирования, зависит от

надежности ее элементов -значимых факторов и их сочетаний, организационно-технологического обеспечения, формирующих это свойство (рис. 2.23).

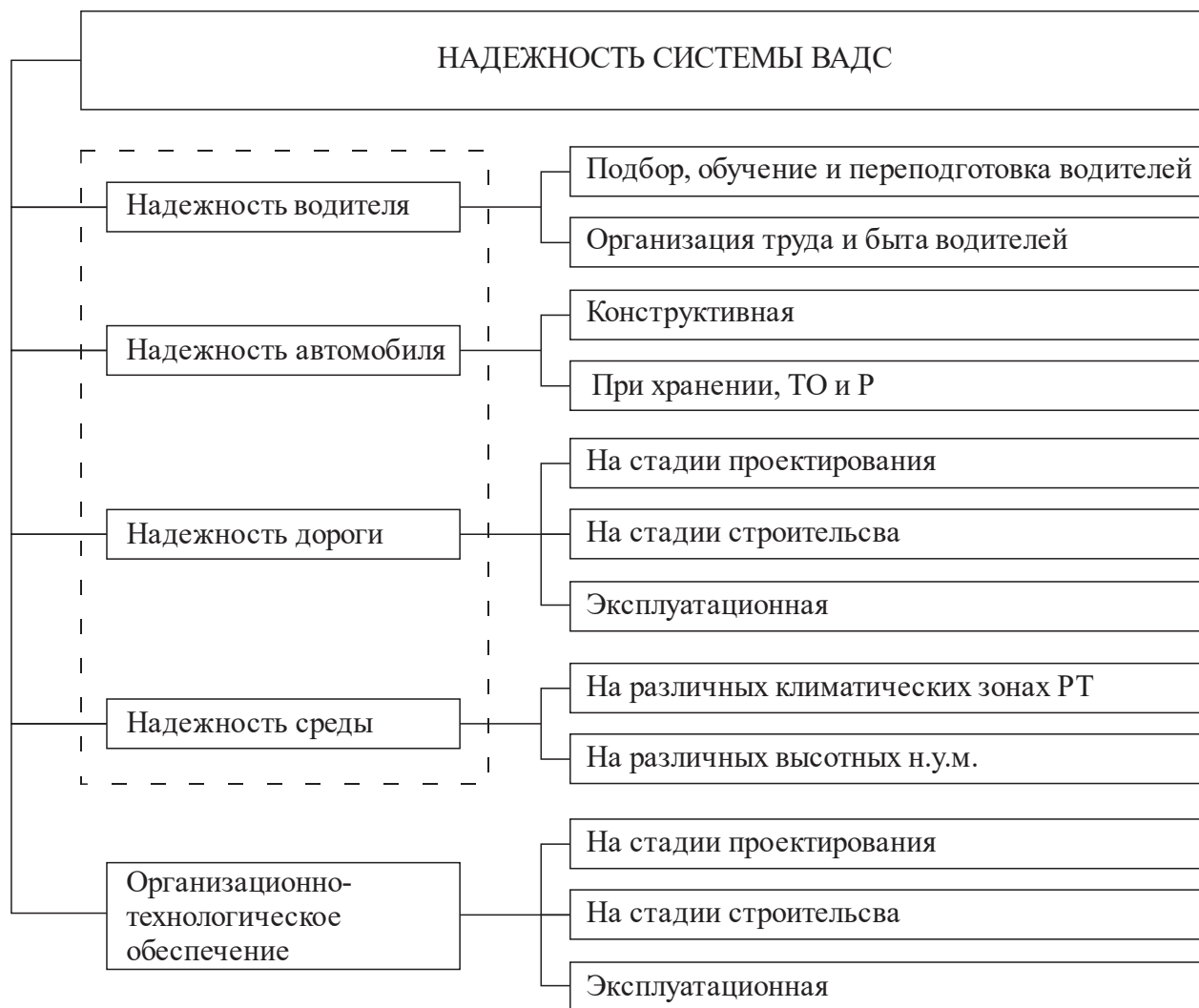


Рисунок 2.23 – Факторы, определяющие надежность системы ВАДС

Чем выше надежность процесса функционирования системы ВАДС, тем ниже риск невыполнения предусмотренных транспортных задач. При этом наиболее значимыми свойствами надежности выступают вероятности безотказности и долговечности ее функционирования.

Эффективность функционирования системы ВАДС может быть оценена натуральными, экономическими, энергетическими, локальными и комплексными критериями.

Основными составляющими натуральных критериев оценки являются: объем перевозок, время доставки, пробег подвижного состава и время его работы, потребность в транспортных средствах и т.д.

Затраты на перевозку, доход и прибыль от функционирования системы ВАДС, тариф на перевозку и т.д. являются стоимостными критериями оценки эффективности системы ВАДС.

Применительно к оценке эффективности технологических процессов, протекающих в системе ВАДС с учетом их энергосбережения, используют показатели их энергетической эффективности, основу которого составляет принцип энергетической системности. Суть принципа энергетической системности, применительно к системе ВАДС, заключается в том, что каждый отдельный ее элемент можно рассматривать как энергетический объект, который имеет тенденцию к объединению между собой и способные выступать как единое и сложное целое, результат функционирования которого не равен сумме результатов функционирования отдельных объектов системы.

Показатели энергосбережения характеризуют эффективность функционирования системы ВАДС на основе рационального использования и экономного расходования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на всех стадиях жизненного цикла системы.

Показатели энергосбережения используют при:

- планировании и оценке эффективности функционирования системы ВАДС по энергосбережению;
- проведении энергетических обследований (энергетического аудита) эффективности функционирования системы ВАДС, как потребителя энергоресурсов;
- формировании статистической отчетности по эффективности функционирования системы ВАДС.

Важным оценочным показателем является экономичность энергопотребления, которая выражается в абсолютной или удельной форме.

Абсолютная форма характеризует расход топливно-энергетических ресурсов в регламентированных условиях работы.

Удельная форма характеризует отношение расхода топливно-энергетических ресурсов к вырабатываемой или потребляемой энергии, произведенной продукции, произведенной работе в регламентированных условиях (режимах) работы.

В качестве энергетического критерия оценки эффективности системы ВАДС $E_{\text{ВАДС}}$ можно использовать удельный показатель экономичности энергопотребления, выражаемый количеством энергии, затрачиваемого на производство единицы работы

$$E_{\text{ВАДС}} = N/(QV) \rightarrow \min, \quad (2.124)$$

где N – мощность автомобиля, кВт; Q – грузоподъемность автомобиля, т; V – скорость движения автомобиля, км/ч.

Можно выделить следующие основные показатели энергетической эффективности функционирования системы ВАДС:

- экономичность потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР);
- энергетическая эффективность передачи (хранения) ТЭР;
- энергоемкость функционирования системы.

Классификация показателей энергетической эффективности функционирования системы ВАДС представлена в табл. 2.10.

Локальные (частные) критерии эффективности функционирования системы ВАДС применяют в том случае, когда сравниваемые варианты объемов выполненных работ отличаются по одному отдельно взятому показателю.

В качестве локальных критериев эффективности часто используют такие технологические показатели транспортного процесса как время доставки груза, время простоя транспортных средств и погрузочно-разгрузочных механизмов, интервалы прибытия транспортных средств в пункты погрузки и разгрузки, длина холостых пробегов, коэффициент использования грузоподъемности и др.

Таблица 2.10 – Классификация показателей энергетической эффективности системы ВАДС

Признак	Виды показателей, примеры, уточнения
1	2
По отдельным элементам системы	Примеры: показатели энергоэффективности, связанные с деятельностью водителя, работой автомобиля, эксплуатацией дороги и состоянием среды.
По виду используемых энергетических ресурсов	Примеры: показатели энергетической эффективности ТЭР, электрической энергии, топлива; тепловой энергии; сжатого газа и воды, которые находятся под давлением; энергии физических полей (электромагнитных, акустических, радиационных и др.) и т.п., необходимые для осуществления трудовой деятельности и быта водителя, для обеспечения надежности автомобиля дороги и среды.
По области использования	– прогнозируемые, планируемые и фактические показатели.
По методам определения показателей	– расчетно-аналитический метод, согласно которому расчетные значения показателей энергоэффективности подсистем системы ВАДС определяются с учетом суровости условий эксплуатации и в соответствии с целью и задачами функционирования системы; – опытно-экспериментальный метод, который основывается на данных специально организованных экспериментов с опытными образцами энергопотребляющего компонента системы. При этом предусматривается проведение специальных измерений показателей системы для оценки показателей ее энергетической эффективности;

1	2
	– статистический метод, согласно которому осуществляется сбор и обработка статистических данных, для оценки показателей энергоэффективности подсистем системы и их сочетаний; – приборный метод, который основывается на проведении специальных испытаний и измерений фактических значений показателей энергетической эффективности; – совокупный или комбинированный метод определения показателей энергетической эффективности системы ВАДС путем совмещения двух или большего числа вышеприведенных методов.
По уровню интегрированности системы ВАДС	Примеры: показатели эффективности системы энергоснабжения объекта и т.п.

Комплексные показатели эффективности применяют тогда, когда проводимые мероприятия одновременно меняют несколько характеристик транспортного процесса.

В качестве комплексных критериев эффективности функционирования системы ВАДС можно использовать следующие показатели:

- 1) производительность подвижного состава;
- 2) себестоимость единицы выполненной работы (затраты на перевозки);
- 3) прибыль от функционирования системы ВАДС;
- 4) доход от функционирования системы ВАДС;
- 5) рентабельность функционирования системы ВАДС;
- 6) трудоемкость обеспечения функционирования системы ВАДС.

Основу большинства из критериев оценки эффективности функционирования системы ВАДС составляет принцип сравнения затрат и полезного результата, на основе которого определяются такие удельные показатели как: себестоимость, рентабельность, трудоемкость функционирования системы ВАДС.

2.14 Оценка качества функционирования системы ВАДС

Качество – это большая и сложная система свойств, понятие абстрактное с неоднозначными взаимовлияниями и переплетениями составляющих его подсистем и элементов.

Существуют множество определений понятия «качество».

В стандарте ГОСТ 15467-79 качество определяется как совокупность свойств продукции, обуславливающих её пригодность удовлетворять определённые потребности в соответствии с её назначением.

В стандарте ИСО 8402–86 дается следующее определение: «Качество – совокупность свойств и характеристик продукции или услуги, которые придают им способность удовлетворять обусловленные или предполагаемые потребности потребителя».

Согласно Международного стандарта ИСО 9000-2000 [134] качество системы может быть определено как степень соответствие совокупности присущих характеристик объекта установленным требованиям».

Что касается требований, установленного в виде потребности или ожидания, обычно предполагается или является обязательным.

Основополагающее понятие качества изложено в трудах Ф. Энгельса, суть которого заключается в том, что качество объекта обнаруживается в совокупности его свойств. Отмечено, что объект не состоит из свойств и не является своего рода пучком свойств, а обладает ими, существуют не качества, а вещи, обладающие бесконечно многими качествами. Следовательно, понятие «качество» рассматривалось изначально как логическая категория,

составляющая различные ступени познания мира и вещей, как непосредственная характеристика бытия.

Из всего множества определений понятия «качество» основополагающим считается, определение данное Гегелем [47]: «Качество есть вообще тождественная с бытием непосредственная определенность...». «Нечто есть благодаря своему качеству то, что оно есть и, теряя своё качество, оно перестает быть тем, что оно есть...».

Обобщая существующие определения качества, В. Ю. Огвоздин в своих трудах [147] пишет, что качество продукции – это совокупность объективно присущих продукции свойств и характеристик, уровень или вариант которых формируется при создании продукции с целью удовлетворения существующих потребностей.

Качество системы ВАДС, как и для любой другой системы, определяется как множество существенных свойств, составляющих ее единство. К существенным свойствам системы ВАДС можно отнести такие как: энергетическая эффективность, производительность, экологическая безопасность, устойчивость, надежность, управляемость, обеспечение безопасности дорожного движения и т.п. При этом улучшение качества системы ВАДС является одним из важнейших направлений повышения эффективности ее функционирования в целом и, в частности, эффективности отдельных ее элементов.

Между эффективностью функционирования системы ВАДС и уровнем ее качества существует прямая зависимость. Повышение качества системы ВАДС способствует росту эффективности ее функционирования, приводит к снижению затрат и увеличению вышеперечисленных существенных свойств, определяющих систему ВАДС. Обеспечение высокого качества транспортного процесса может повлиять не только на снижение себестоимости грузоперевозок, но и на подъем экономики в целом уровня благосостояния населения.

Связи между качеством системы ВАДС и уровнем ее эффективности характеризуются значительным многообразием, обусловленным тем, что она

(система ВАДС) относится к категории больших и сложных, из-за чего эти связи характеризуются значительным многообразием. Все это обуславливает сложность управления качеством и, как следствие, эффективностью системы ВАДС. Следовательно, адекватная количественная оценка качества системы ВАДС является важным условием оценки повышения ее эффективности.

Исследование этой проблемы касательно транспортного процесса, при осуществлении грузоперевозок в горных условиях, имеет большое теоретическое и практическое значение в отношении повышения эффективности транспортного процесса.

Как правило, потребности к качеству и эффективности функционирования системы ВАДС не постоянны и меняются со временем, что предполагает проведение периодического их анализа. На практике для оценки качества объекта применяются такие понятия как «относительное качество», когда объекты классифицируются в сравнительном смысле, «уровень качества» – в количественном смысле и «мера качества», когда проводятся точные технические оценки.

Качество системы ВАДС, в том числе отдельных ее элементов, может быть определено как совокупность ее свойств, определяющих степень его пригодности по назначению, оцениваемая, прежде всего, свойствами, определяющими эффективность функционирования системы, а также степенью совершенства, которым обладает объект и устанавливаемая затратами на осуществление необходимых сочетаний свойств.

Предлагаемый алгоритм или способ для количественной оценке качества функционирования системы осуществляется с использованием универсальной и достаточно простой методики, которая может быть применена для оценки качества продукции, процессов и услуг в результате внесения соответствующих и необходимых корректировок в предложенную методику, а также разработанной на ее основе математической модели. Предложенная методика может быть применена для количественной оценки уровня качества систем, в

том числе больших и сложных, таких как система ВАДС. При этом оцениваемая система и ее элементы могут быть ремонтируемыми и не ремонтируемыми.

Уровень качества неремонтируемых изделий может быть определена из выражения (на примере грузового автомобиля)

$$Q = \frac{SW}{C}, \text{ ткм / сомони}, \quad (2.125)$$

где S – площадь под кривой $f(t)$, км; W – суммарная масса перевозимого груза за полный ресурс автомобиля, т; C – стоимость перевозки суммарной массы груза за полный ресурс автомобиля, сомони.

Площадь под кривой, характеризующей снижение ресурса (P , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) объекта в зависимости от его наработки (t , тыс. км), определяется интегрированием функции $f(t)$ (рис.2.24)

$$S = \int_0^t f(t)dt, \text{ тыс. км}, \quad (2.126)$$

где $f(t)$ – функция зависимости снижения ресурса (P , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) объекта от его наработки (t , тыс. км); t – аргумент функции, тыс. км.

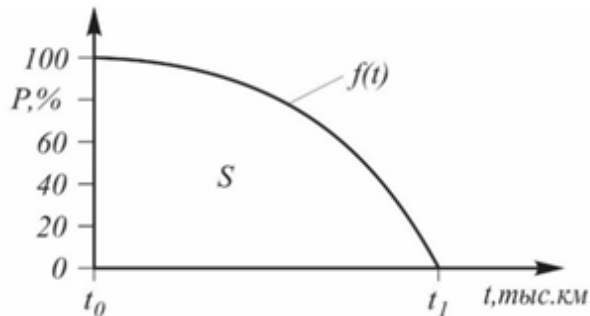


Рисунок 2.24 – Кривая зависимости снижения ресурса (P , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) объекта от его наработки (t , тыс. км)

Суммарная масса перевозимого груза за полный ресурс автомобиля определяется из отношения

$$W = \frac{O}{L} = \frac{\Gamma \cdot L \cdot D \cdot \Pi \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\Gamma}}{L} = \Gamma \cdot D \cdot \Pi \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\Gamma}, \text{ т}, \quad (2.127)$$

где O – объем автотранспортных работ, ткм; Γ – номинальная грузоподъемность одного автомобиля, т; L – среднесуточный пробег одного автомобиля, км; D – количество дней работы автомобиля в году на перевозке грузов;

Π – среднегодовое количество автомобилей данной марки; k_{Π} и k_{Γ} – коэффициенты использования пробега и грузоподъемности.

Количество дней работы автомобилей в году на перевозке грузов, среднесуточный пробег, коэффициенты использования пробега и грузоподъемности рассчитываются по данным отчета о работе грузового автотранспорта. Коэффициент использования пробега определяется делением годового пробега автомобилей с грузом на общий их пробег. Коэффициент использования грузоподъемности определяется отношением количества перевозимого груза за одну поездку к номинальной грузоподъемности автомобиля.

Среднесписочное количество автомобилей устанавливают на основе данных об их наличии на начало года, пополнении и выбытии автомобилей в течение года. При этом учитывают не только количество, но и сроки пополнения и выбытия автомобилей. За срок поставки условно принимают середину квартала.

Можно предполагать, что в условиях Республики Таджикистан среднесуточный пробег на одного автомобиля составляет примерно 70 ... 130 км. В среднем машина работает около 230 ... 280 дней в году. Коэффициент использования пробега составляет 0,45 ... 0,55. В среднем для всех классов грузов, перевозимых в сельском хозяйстве, коэффициент использования грузоподъемности равен примерно 0,75 ... 0,90.

Уровень качества ремонтируемых изделий определяется из выражения

$$Q = \frac{(S_1 + S_2)W}{C}, \text{ ткм /сомони}, \quad (2.128)$$

где S_1 и S_2 – соответственно площади под кривыми $f_1(t)$ и $f_2(t)$ с учетом ремонта или восстановления изделия, км; W – суммарная масса перевозимого груза за полный ресурс автомобиля до и после ремонта или восстановления изделия, т; C – стоимость перевозки суммарной массы груза за полный ресурс автомобиля до и после ремонта или восстановления изделия, сомони.

Площадь под кривой зависимости снижения ресурса (P , %) ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта до ремонта (восстановления) от его наработки (t , тыс. км) определяется интегрированием функции $f_1(t)$ (рис.1.25)

$$S_1 = \int_0^{t_1} f_1(t) dt, \text{ км}, \quad (2.129)$$

где $f_1(t)$ – функция зависимости снижения ресурса (P , %) ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта от его наработки (t , тыс. км).

Площадь под кривой зависимости снижения ресурса (P , %) ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта после ремонта (восстановления) от его наработки (t , тыс. км) определяется интегрированием функции $f_2(t)$ (рис. 2.25)

$$S_2 = \int_{t_1}^{t_2} f_2(t) dt, \text{ км}, \quad (2.130)$$

где $f_2(t)$ – функция зависимости снижения ресурса (P , %) ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта от его наработки (t , тыс. км) после ремонта (восстановления) изделия.

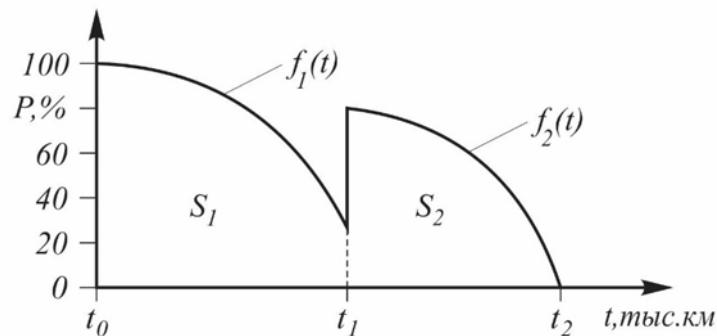


Рисунок 2.25 – Кривая зависимости снижения ресурса (P , %) ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта от его наработки (t , тыс. км)

Аналогично можно определить уровень эксплуатационного качества автобусов, легковых автомобилей, тракторов, комбайнов и прочих машин и оборудования, их агрегатов, узлов и деталей. Например, для грузовых автомобилей (автомобилей-самосвалов, цементовозов и др.) эксплуатационное качество определялось при испытаниях в реальных условиях эксплуатации в горных дорогах, проложенных на высотах над уровнем моря от 500 до 2500 м

согласно рекомендациям СЭВ РС 5514 – 76. В процессе экспериментальных исследований по установлению характеристик качества автомобилей вели учет основных параметров условий их эксплуатации, а также показателей надежности компонентов системы ВАДС (рис. 2.26).



Рисунок 2.26 – Основные показатели надежности

Эксплуатационные испытания по установлению характеристик качества системы ВАДС были проведены при участии автора совместно с сотрудниками

технологического парка Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими и инженерно-техническими работниками основного строительства ОАО «Рогунская ГЭС». На основании данных, полученных в ходе испытаний, разработаны рекомендации по оценке эффективности и установлены «сравнительное качество», а также «мера качества» для системы ВАДС в конкретных условиях ее функционирования.

Графики изменения уровня качества (Q) и затрат для обеспечения качества (C_q) в различных стадиях функционирования системы ВАДС представлены на рис. 2.27.

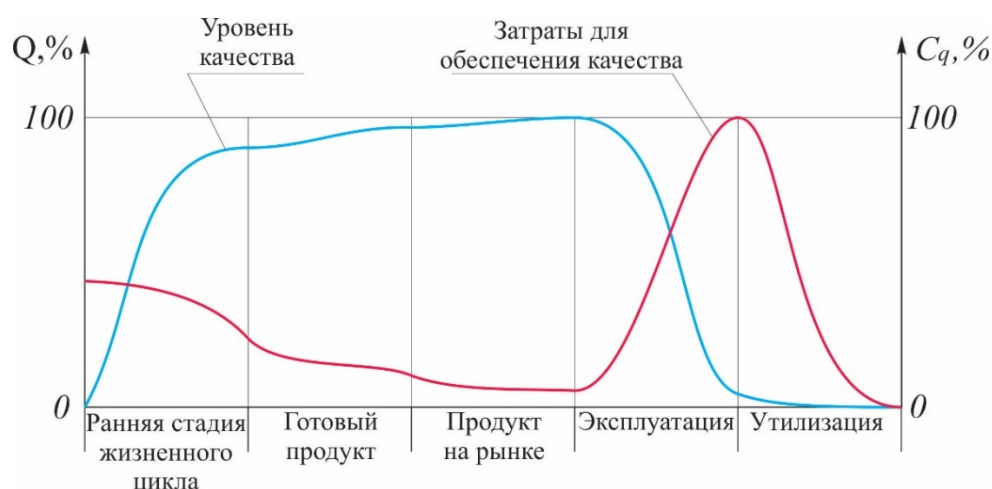


Рисунок 2.27 – Графики изменения уровня качества (Q) и затрат для обеспечения качества (C_q) в различных стадиях функционирования системы ВАДС

2.15 Методика количественной оценки качества ремонтируемых многомерных технических систем

Оценка качества технической системы является ключевым рычагом повышения эффективности ее функционирования. С учетом существующей прямой зависимости между качеством и эффективностью функционирования технических систем можно предполагать, что повышение качества функционирования системы неизбежно приводит к росту ее эффективности,

способствует к снижению себестоимости и возрастанию конкурентоспособности.

Связи между качеством технической системы с ее надежностью и эффективностью многообразны. Они недостаточно изучены и механизм этих связей до конца не выяснены. Исследование этой проблемы в отношении к техническим системам имеет большое теоретическое и практическое значение.

Связь между эффективностью и качеством функционирования технических систем очевидна. Качеством отдельных элементов обусловлена эффективность функционирования синтезированной из них технической системы. Качество технической системы в целом и, в частности, ее отдельных элементов является основой формирования эффективности как для самой системы, так и для ее отдельных подсистем. Изменение качества в технической системе неизбежно приводит к изменению эффективности ее функционирования.

Поскольку заданное функционирование системы может быть обеспечено только вполне определенным качеством, то проблема качества в управлении должна решаться в единстве, как с проблемой эффективности, так и с проблемой надежности.

Большую роль при исследовании качества играет переход к количественным оценкам. Здесь можно отметить, что среди всех работ, связанных с исследованиями эффективности, надежности и качества, подавляющее большинство из них посвящено именно количественным методам оценивания.

Проведенные нами исследования позволяют утверждать о том, что логически исходным понятием является понятие качества систем управления. Эффективность является следствием понятия качества там, где есть целесообразность. Развитием понятия меры является устойчивость, которая, в свою очередь, приводит к понятию надежности.

В Республике Таджикистан одним из важнейших и приоритетных секторов в развитии народного хозяйства страны является транспортный сектор, точнее

автомобильный транспорт, эффективность функционирования которого тесно связана с качеством автомобиля. Автомобиль, являясь системообразующим элементом, подсистемой сложной системы ВАДС, в тоже время относится к категории сложной технической системы. Автомобиль должен соответствовать всем условиям, параметрам, свойствам и требованиям безопасности, экономичности, экологичности и эргономичности, которые должны:

- закладываться при формировании системы со всеми ее атрибутами с учетом взаимной и закономерной взаимосвязи между ее элементами, а также единством и целостности оной;
- обеспечиваться в процессе подготовки водителя, изготовления автомобиля, строительства дорог с учетом особенностей среды их функционирования;
- поддерживаться на всем периоде функционирования системы.

Классификация показателей качества, на примере автомобиля, как системообразующего элемента системы ВАДС, представлена на рис. 2.28.

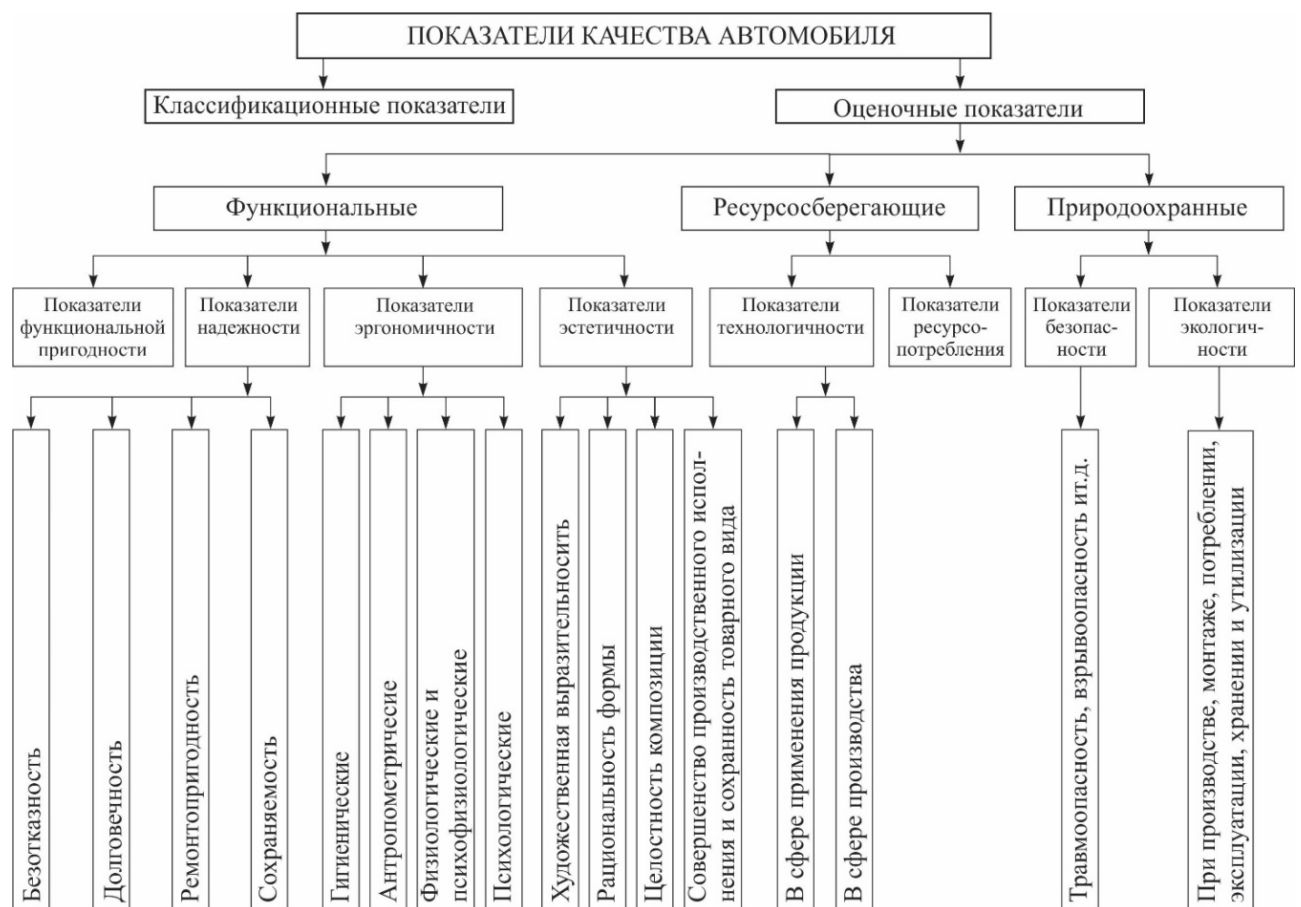


Рисунок 2.28 – Показатели качества автомобиля, как сложной системы

В реальных условиях эксплуатации качество автомобиля, как технической системы и ремонтируемого объекта, формируется под комплексным влиянием нескольких факторов, характер изменения которого в трехмерном измерении представлен на рис. 2.29.

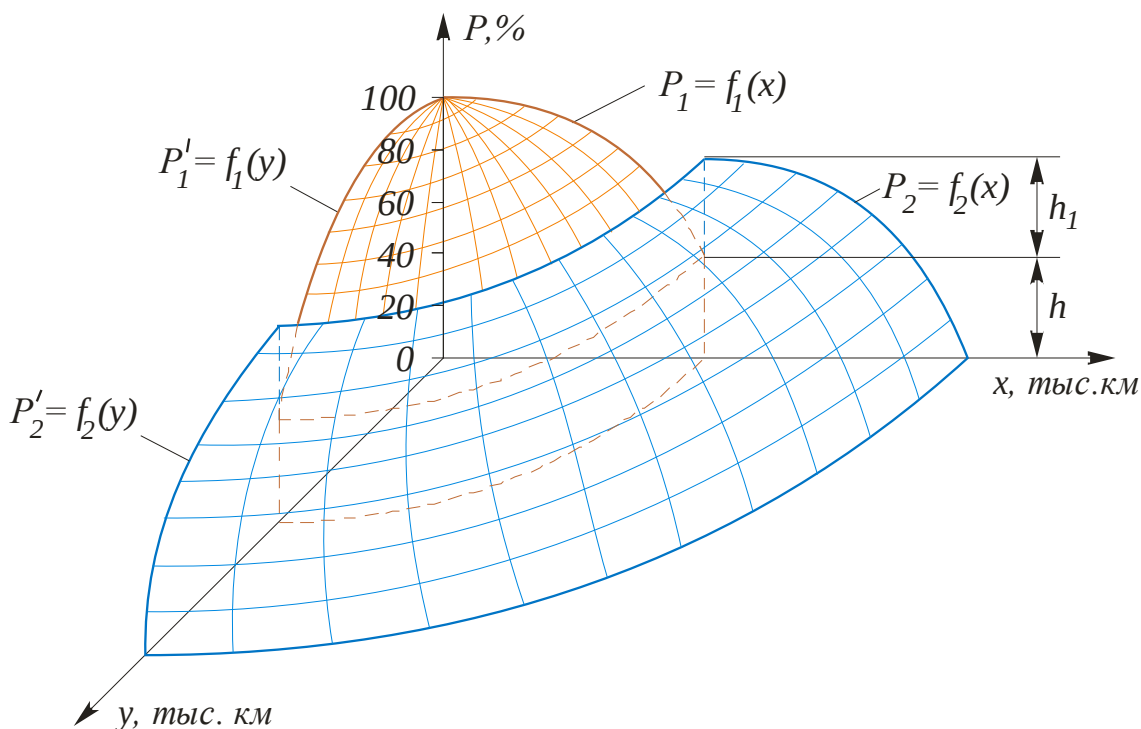


Рисунок 2.29 – Схема зависимости уровня качества ремонтируемой технической системы от двух значимых переменных факторов

Выбирая из достаточно большого числа факторов двух наиболее значимых, можно получить сложную геометрическую фигуру, по объему которой можно дать количественную оценку качества ремонтируемого изделия. С достаточной для практических расчетов точностью полный объем полученной фигуры, тождественной уровню качества изделия, в общем виде, можно выразить через объемы эллипсоидов вращения и объемы эллиптических цилиндров. Как следует из рисунка, полный объем сложной фигуры или количественную оценку уровня качества изделия V_k можно определить через одну восьмую сумму условно разделенных объемов отдельных фигур из выражения

$$V_k = 1/8(V_1 + V_2 + V_3 - V_4), \quad (2.131)$$

где V_1 и V_3 – объемы эллипсоидов вращения, характеризующие количественные оценки качества ремонтируемого объекта до и после ремонта; V_2 – объем эллиптического цилиндра с высотой h и параметрами a и b , соответствующими полуосям эллипсоида вращения до ремонта объекта; V_3 – объем эллиптического цилиндра с высотой h_1 и параметрами a_1 и b_1 , соответствующими полуосям эллипсоида вращения после ремонта объекта.

Объем эллипсоида вращения, характеризующего количественную оценку качества ремонтируемого объекта до ремонта определяется из общеизвестной формулы

$$V_1 = \pi \int_a^b y^2 dx, \quad (2.132)$$

где y определяется из уравнения эллипса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (2.133)$$

где a и b – полуоси эллипса, соответствующего полуосям эллипсоида вращения до ремонта изделия.

Из уравнения эллипса

$$y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx. \quad (2.134)$$

Подставляя значение y^2 из последнего уравнения в уравнение (2), получим

$$\begin{aligned} V_1 &= \pi \int_a^b \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx = \pi \frac{b^2}{a^2} \int_a^b (a^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx = \\ &= 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left(a^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^a = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left(a^3 - \frac{a^3}{3} \right) = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{2a^3}{3} = \frac{4}{3} \pi a b^2. \end{aligned} \quad (2.135)$$

Объем эллиптического цилиндра до ремонта объекта определяется по общеизвестной формуле

$$V_2 = \pi a b h, \quad (2.136)$$

где h – высота эллиптического цилиндра до ремонта, соответствующего остаточному ресурсу ремонтируемого объекта.

Объем эллипсоида вращения, характеризующего количественную оценку качества ремонтируемого объекта после ремонта определяется из общеизвестной формулы

$$V_3 = \pi \int_{a+a_1}^{b+b_1} y^2 dx. \quad (2.137)$$

Обозначая $a + a_1 = c$ и $b + b_1 = d$, напомним уравнения эллипса вращения

$$\frac{x^2}{c^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1, \quad (2.138)$$

где c и d – полуоси эллипса, соответствующего полуосям эллипсоида вращения после ремонта изделия.

С учетом произведенных обозначений и уравнения (2.135), формулу (2.125) аналогично формуле (2.123), перепишем в виде

$$\begin{aligned} V_3 &= 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left(c^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^c = \\ &= 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left(c^3 - \frac{c^3}{3} \right) = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \cdot \frac{2c^3}{3} = \frac{4}{3} \pi c d^2. \end{aligned} \quad (2.139)$$

Объем эллиптического цилиндра после ремонта объекта определяется по формуле

$$V_4 = \pi c d (h + h_1), \quad (2.140)$$

где $h+h_1$ – высота эллиптического цилиндра до линии пересечения с эллипсоидом вращения после ремонта, показывающая уровень восстановления ресурса ремонтируемого объекта от первоначального (от уровня нового объекта). Для тракторов, автомобилей, двигателей внутреннего сгорания и ряда других объектов нормативный уровень восстановления ресурса после капитального ремонта установлено равным 80% от первоначального их ресурса. Для нашего случая можно принимать $h+h_1 = 0,8a$.

Обозначив нормативный уровень восстановления ресурса объекта после капитального ремонта $h+h_1 = \theta$, получим формулу для определения объема эллиптического цилиндра после ремонта

$$V_4 = \pi c d \theta. \quad (2.141)$$

Подставив полученные значения объемов эллипсоидов вращения и эллиптических цилиндров в формулу (2.131), получим окончательную формулу для количественной оценки качества ремонтируемых объектов или технических систем

$$\begin{aligned}
 V_k &= \frac{1}{8} \left[2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx + \pi abh + 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx - \pi cd\theta \right] = \\
 &= \frac{1}{8} \left(\frac{4}{3} \pi ab^2 + \pi abh + \frac{4}{3} \pi cd^2 + \pi cd\theta \right) = \frac{\pi}{8} \left[ab \left(\frac{4}{3} b + h \right) + cd \left(\frac{4}{3} d + \theta \right) \right] = \\
 &= \frac{\pi}{24} [ab(4b + 3h) + cd(4d + 3\theta)]. \quad (2.142)
 \end{aligned}$$

Предложенная методика количественной оценки качества сложной ремонтируемой технической системы, примером которой является автомобиль, имеет важное теоретическое и практическое значение, когда оно формируется под комплексным влиянием двух независимых факторов. Эту же методику можно использовать для оценки качества неремонтируемых объектов, исключая двух последних составляющих из уравнения (2.142). Немаловажным является также то, что эту же методику можно будет применять для оценки и прогнозирования надежности и эффективности функционирования объектов исследования.

Выводы по главе 2

1. На основе оценки надежности функционирования системы ВАДС предложены уточненные классификационные схемы факторов, влияющих на надежность системы ВАДС с учетом особенностей горных условий по причинно-следственному признаку и по признаку упаравляемости.

2. Разработана методика моделирования и разработаны математические модели оценки эффективности управления автомобилем.

3. Разработана концептуальная модель оценки эффективности системы ВАДС, дано определение эффективности системы ВАДС и обоснованы концептуальность предлагаемой модели. На основе разработанной концептуальной модели предложено дифференциальное уравнение для расчета эффективности системы ВАДС.

4. Установлены закономерности изменения показателей топливной экономичности большегрузных автомобилей-самосвалов на основе моделирования расхода топлива в процессе грузоперевозок в горных условиях эксплуатации. Для определения путевого расхода топлива автомобилями – самосвалами в горных условиях выведены эмпирические зависимости, которые хорошо согласуются с результатами экспериментального исследования для условий строительства Рогунской ГЭС.

5. Для комплексной оценки эффективности автомобильной дороги в горных условиях предложен обобщенный динамический коэффициент k_D , учитывающий совокупное влияние факторов, свойственных горным дорогам. Для условий карьерных дорог при строительстве гидротехнических сооружений значение обобщенного динамического коэффициента k_D варьирует в пределах от 0,120 до 0,128.

6. На основе математической модели для определения эффективной мощности ДВС при неустановившемся режиме движения, предложенной академиком В.Н. Болтинским и уточненной профессорами Ю.К. Киртбая и С.А. Иофиновым с учетом срока службы машины и вероятностного характера нагрузки, предложено дополнительное уточнение с введением коэффициента, учитывающего снижение мощности от высоты н.у.м.

7. Предложена методика комплексной оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС.

8. Обоснована возможность применение энтропийной модели для оценки функционирования системы ВАДС на основе статистики Цаллиса.

9. Разработана методика количественной оценки качества многомерных технических систем

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС

3.1 Общие положения методики исследования

Эффективность компонентов системы ВАДС производится на основе определенного количественного фактора и устанавливается взаимная зависимость между ее элементами. В этой связи была произведена классификация факторов для объективного описания эксплуатационных показателей, их взаимную связь и влияние на эффективность системы ВАДС в горных условиях.

Адекватность теоретических предпосылок были установлены на основе лабораторно-стендовых, дорожных экспериментальных исследований, а также хронометражных наблюдений большегрузных карьерных автомобилей-самосвалов при строительстве Рогунской ГЭС.

В качестве объектов исследования были выбраны большегрузные карьерные автомобили-самосвалы (SHACMAN–SX3256DR384, XOWO 336 и БелАЗ–7540В).

Экспериментальные исследования осуществлялись с целью оценки и повышении эффективности функционирования подсистем системы ВАДС и различных их сочетаний, а также эффективности функционирования системы ВАДС в целом в условиях горных карьеров.

Для достижения цели экспериментальных исследований были сформулированы следующие задачи:

- выбор и обоснование параметров эффективности компонентов системы ВАДС при ее функционировании в горных условиях;
- выбор и обоснование параметров эффективности функционирования системы ВАДС в целом в условиях горных карьеров;
- установление закономерностей формирования эффективности системы ВАДС под комплексным влиянием отдельных ее компонентов на основе

технико-экономических, энергетических и др. показателей, а также на основе свойств надежности элементов системы ВАДС.

Экспериментальные исследования проводились в следующей последовательности:

1. Лабораторно-стендовые экспериментальные исследования проводились согласно требованиям ГОСТ 26899-86, в результате которых были установлены механические свойства и ситовой анализ обломков горных пород, засыпанных на поверхности карьерной дороги, а также их абразивность.

2. Дорожные испытания проводились на различных маршрутах и погодных условиях. В результате лабораторно-дорожных испытаний определены основные технико-экономические показатели (линейный расход топлива, снаряженная и полная массы автомобиля, техническая скорость движения автомобиля) и показатели надежности (показатели безотказности и долговечности), а также ровность дорожного покрытия, параметры, характеризующие геометрию автомобильной дороги в плане и профиле. Также были определены основные климатические параметры и высоты н.у.м. в горных условиях. Кроме этого, были установлены уровни бережливости и агрессивности управления автомобилем в горных условиях.

Хронометражные испытания проводились в различных маршрутах с различными геометриями дороги, качествами дорожного покрытия и длинами плеча грузоперевозок в условиях строительства Рогунской ГЭС. Определялись основные затраты времени, сменная производительность автомобиля и эффективность системы ВАДС.

По вопросам эффективности функционирования системы ВАДС и их элементов в горных условиях карьеров в течении многих лет ведутся научно-исследовательские работы со стороны ученых научной школы профессора Турсунова А.А., сотрудников Технологического парка ТТУ им. акад. Осими вместе с инженерно-техническими сотрудниками ООО «Рогунский ГЭС», основные достижения которых нашли практическое применение в

автотранспортных предприятиях Республики, в основном строительстве ООО «Рогунский ГЭС» и т.д.

Эффективность функционирования системы ВАДС в значительной степени зависит от показателей эффективности отдельных элементов системы и их сочетаний. Поэтому экспериментальные исследования проводились последовательно, рассматривая взаимное влияние отдельных элементов системы между собой, а потом совместное их влияние на эффективность системы ВАДС при ее функционировании в горных условиях.

Методика экспериментального исследования была разработана и усовершенствована для снижения погрешностей измерения, результатов опыта, затрат средств, труда и времени с учетом особенностей дорожно –климатических и рельефных условий эксплуатации и высоты н.у.м. в горных карьерах. В процессе экспериментальных исследований снижение погрешностей измерения и результатов эксперимента осуществлялось путем минимизации их систематических и случайных составляющих на основе конструктивно-технологических методов, устранением причинно-следственных связей между измерениями и их результатами. Все это было достигнуто путем обоснованного выбора средств измерения высокой точности и прошедших поверку, максимального исключения человеческого фактора и т.д.

При измерении показателей факторов, значимо характеризующих элементы системы ВАДС, использовались современные измерительные приборы.

Измерение характеристик дорожных условий осуществлялось с учетом технической категории дороги (согласно требованиям существующих СНиП), геометрии дороги в плане и профиле, типом рельефа местности, типом (на основе асфальтобетонных смесей, в том числе щебеночно-мастичных, облегченные и переходные) и состоянием (сухое, сырое, заснеженное, гололед, ровное, неровное, засыпанное обломками горных пород и др.) дорожного покрытия.

Климатические условия в горных карьерах характеризовались температурой и влажностью воздуха, состоянием окружающей среды

(облачность, туман, продолжительность светового дня, осадки в виде дождя, снега и града, уровень запыленности и др.).

Комплексное влияние различных сочетаний компонентов системы ВАДС на ее эффективность функционирования устанавливалось по производительности транспортного процесса и себестоимости грузоперевозок.

3.2 Теоретико-методические подходы и методика оценки качества функционирования системы ВАДС и повышения ее эффективности в горных условиях

Целью теоретико-методического подхода для оценки качества функционирования системы ВАДС и повышения ее эффективности в горных условиях является разработка методики установления и обоснования комплексного показателя качества и надежности грузоперевозок. Актуальность предлагаемой методики связана с необходимостью улучшения уровня качества и надежности системы с целью повышения эффективности системы ВАДС.

Достижение выдвинутой цели предполагает анализ действующих методик оценки эффективности системы ВАДС.

На сегодня широко распространена методика оценки качества функционирования системы ВАДС, основанная на балльной системе, построенная на сведениях, полученных эксплуатационными организациями в течении определенного времени. Данная система по сути своей является рейтинговой. В качестве недостатков метода можно указать то, что при его применении не представляется возможным полноценная, объективная количественная оценка качества функционирования системы ВАДС, хотя ей присущи такие преимущества, как простота, доступность и др.

Сегодня методика оценки качества функционирования системы ВАДС в горных условиях должна быть разработана согласно требованиям системы международных стандартов ISO 9000 и ISO 9001. Хотя согласованность методики с требованиями международных стандартов не является залогом или

необходимым условием повышения качества системы, все же соответствие требованиям этих документов является гарантией постоянства качества.

Условия названных международных стандартов придерживаются для обоснования требований к качеству транспортных процессов и составляют основу нормативно-правовой документации.

На основе представленной цели сформулированы основные задачи и структурные составляющие разрабатываемой методики.

Основные задачи методики оценки качества системы ВАДС:

- сбор и обработка количественных данных о качественных показателях функционирования системы ВАДС;
- прогнозирование возможных ситуаций и условий функционирования системы ВАДС;
- осмысление и обоснование фундаментальных основ оценки и управления качеством.

Основными структурными составляющими методики являются:

- анализ необходимых требований, обуславливающих повышение эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;
- синтез и обобщение достигнутых результатов как единая оценка качества системы ВАДС;
- оценка качества функционирования системы ВАДС по совокупности оценочных показателей;
- расчет уровня качества функционирования системы ВАДС с использованием математических методов и современного компьютерного программного обеспечения.

Информационную основу данной методики составляют входные и выходные потоки данных (информаций). Информация, полученная по результатам экспериментальных исследований, хронометражных наблюдений, социологических опросов, анкетирования и т.д., составляют входящий поток.

Информация на выходе модели, полученная на основе инициализации и структурирования входного потока, относится к выходящему потоку.

Выходящий поток информации путем сопоставления и обобщения математическими методами может быть использован для оценки, прогнозирования и повышения качества, в результате которых появляется возможность управления качеством функционирования системы ВАДС в целом и ее отдельных компонентов.

Суть методики можно рассматривать как последовательность определенных этапов:

1. Анализ данных, полученных в процессе экспериментальных исследований или государственного контроля об отдельных компонентах системы и различных их сочетаниях с учетом особенностей горных условий.

2. Обработка качественных и количественных данных с целью установления уровня эффективности системы ВАДС.

3. Контроль соблюдения законодательства и требований нормативно-технических актов, в области эксплуатации автомобильного транспорта.

4. Обработка данных с применением математического аппарата и соответствующих компьютерных программ.

5. Обобщение данных и представление их в виде комплексного показателя качества, который определяется в виде произведения отдельных показателей качества с присвоением им весомости.

В общем виде комплексный показатель качества S можно представить как функцию

$$S = f(S_1^{k_1}, S_2^{k_2}, S_3^{k_3}, \dots, S_n^{k_n}), \quad (3.1)$$

где $S_1, S_2, \dots, S_n$ – отдельные показатели качества; k_n – показатель весомости, присвоенный к n -му показателю уровня качества.

Целевая функция повышения эффективности функционирования системы ВАДС можно выразить условием

$$S = f(\mathcal{E}^B, \mathcal{E}^A, \mathcal{E}^D, \mathcal{E}^C), \quad (3.2)$$

где $\mathcal{E}^B$ – показатель обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС за счет качества деятельности водителя; $\mathcal{E}^A$ – показатель обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС за счет качества работы

автомобиля; $\mathcal{E}^D$ – показатель обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС за счет качества автомобильной дороги; $\mathcal{E}^C$ – показатель обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС за счет благоприятности условий среды.

Показатель обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС за счет качества деятельности водителя характеризуется уровнем бережливости (агрессивности) езды. Последнее, в практических целях, может быть выражена через стаж работы водителя.

Показатель обеспечения эффективности функционирования системы ВАДС за счет качества работы автомобиля характеризуется его надежностью, которая в практических целях может быть выражена через такие свойства как безотказность и долговечность автомобиля.

3.3 Алгоритм оценки и повышения эффективности системы ВАДС

Предлагаемый подход оценки эффективности функционирования системы ВАДС разработан на основе увязки качественных показателей транспортной системы с качеством жизни населения (рис. 3.1). Система измерения качества жизни населения недостаточно формализована, и чаще всего качество жизни рассматривается как система показателей, характеризующих степень реализации жизненных стратегий людей, удовлетворения их жизненных потребностей согласно пирамиде потребностей Маслоу, в реализации которых транспортные коммуникации в горных условиях приобретают важное значение.

Изменения в функционировании системы ВАДС происходят непрерывно. В горных условиях эти изменения варьируют в широких пределах. Причиной тому является влияния внутренних и внешних факторов, формирующих процессы в системе.

К внутренним факторам, влияющим на эффективность системы ВАДС, относятся состав и состояние автомобильного парка, виды и характеристики маршрутов движения, состояния дорог и др.

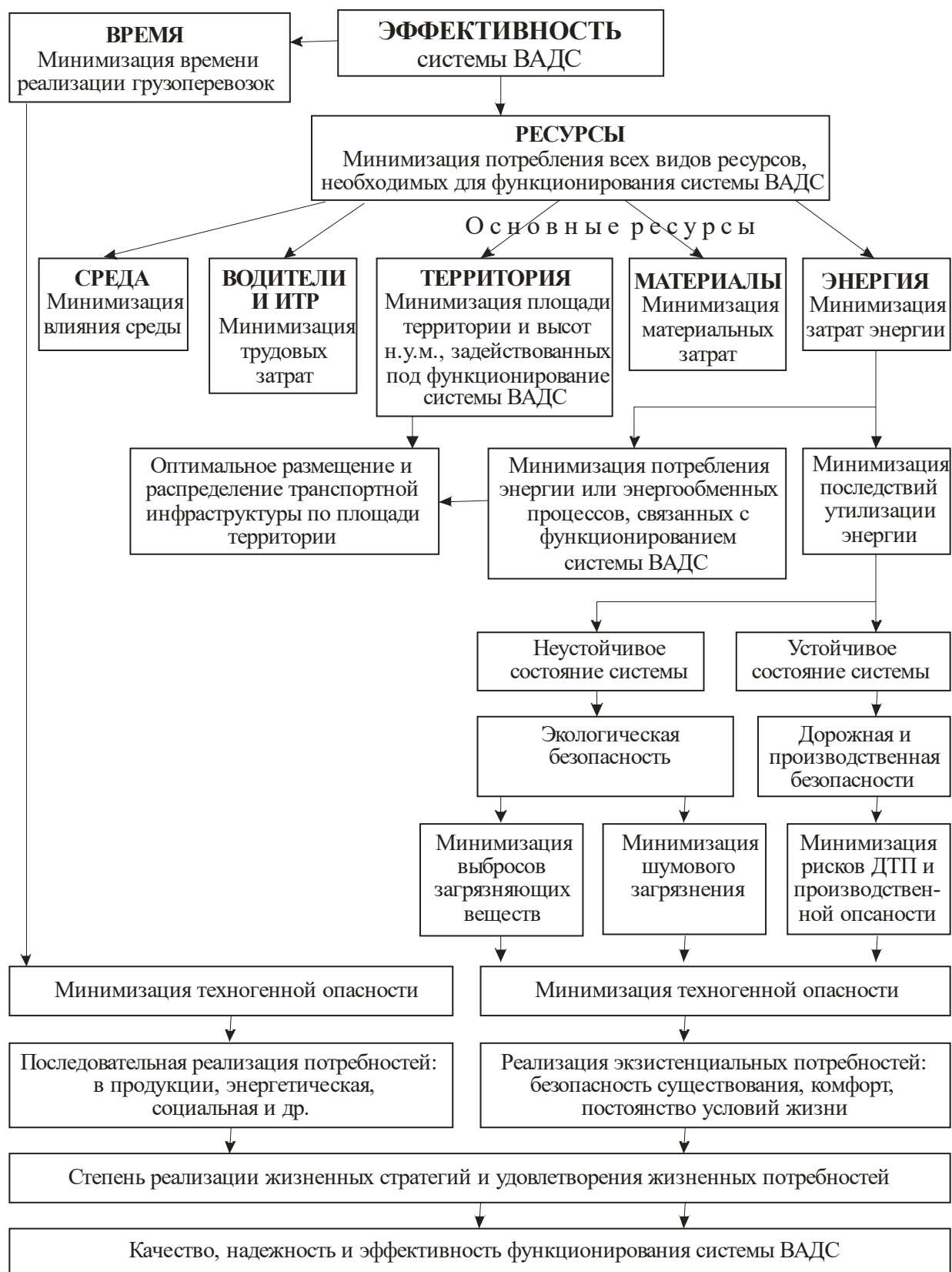


Рисунок 3.1 – Логическая схема взаимосвязи между эффективностью системы ВАДС и качеством жизни

Составляющими внешних факторов являются законодательство страны вообще и в области автомобильного транспорта в частности, политическая обстановка, экономическое состояние страны и транспортной отрасли, изменения технологий строительства дорог и дорожной инфраструктуры и т.д.

В условиях динамического изменения факторов, значимо влияющих на эффективность функционирования системы ВАДС, возникает необходимость построения системообразующего алгоритма, учитывающего влияние внешней среды и внутренней структуры системы на повышение ее эффективности. Алгоритм должен предусматривать анализ фактического уровня и путей поиска повышения эффективности системы с учетом суровых горных условий. Кроме того, для построения алгоритма нужно задаваться критерием эффективности и руководствоваться организационными, управленческими и прочими решениями.

Разумным считается составление алгоритма, основанного на методе рационального принятия решений. Достижение цели при этом предполагает диагностику проблемы и установление или выявление признаков затруднений на пути достижения цели (рис. 3.2). На основе анализа и изучения проблем в области эксплуатации автомобилей установлено немало проблем, относящихся к оценке и повышению эффективности системы ВАДС.

Важным шагом при разработке алгоритма для поиска путей повышения эффективности системы ВАДС считается обоснование ограничений и критериев для принятия дальнейших решений. Ограничения при функционировании системы ВАДС в суровых горных условиях, обусловлены снижением надежности водителя, повышением материальных и топливно-энергетических затрат, качеством дороги и особенностями среды с учетом законодательства Республики Таджикистан.

В качестве критериев достижения максимальной эффективности системы ВАДС приняты такие показатели как: максимум экономичности, минимальные значения энергетических и материальных затрат на единицу полезной работы, уровни качества и надежности, максимум производительности и др.

Далее необходимо принять управленческое решение из выявленных альтернатив, которое обеспечило бы максимально возможную эффективность системы с учетом выбранного критерия и придерживаясь условия ограничений.

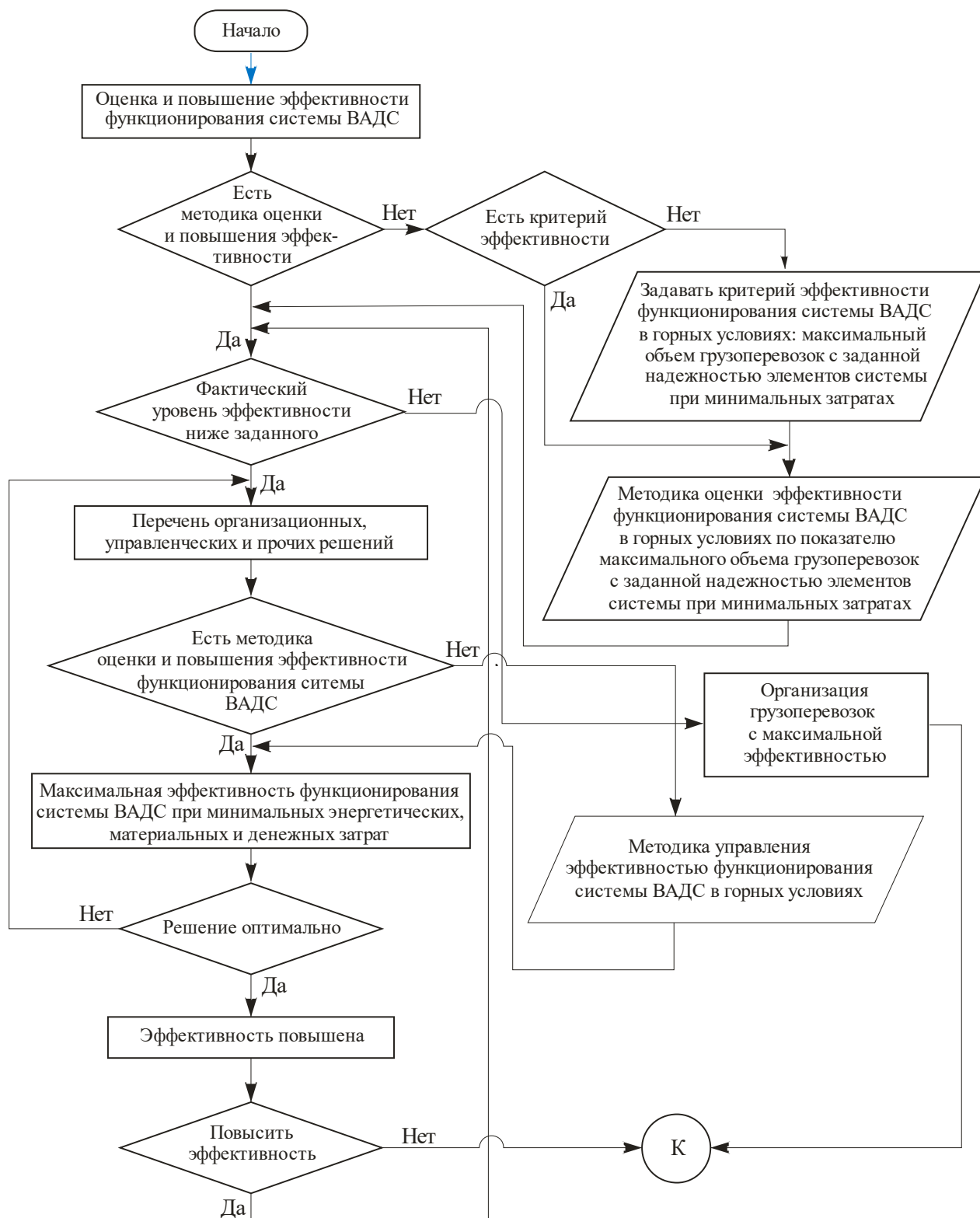


Рисунок 3.2 – Алгоритм для поиска путей повышения эффективности системы ВАДС

Самым сложным, в тоже время наиболее эффективным будет принятое решения по оптимизации всей системы с учетом взаимодействия отдельных компонентов и всевозможного сочетания подсистем.

Поиск решения вопроса, связанного с оптимизацией параметров системы, должен быть обоснованным и не выходить за рамки законодательных актов. В противном случае система приближается к критическому состоянию, а управление системой окажется не продуктивной.

Для того чтобы оптимизировать систему до заданного состояния, целесообразно применить принцип поэтапного построения управления. Результатом оптимизации должно стать такое состояние системы, при котором будет достигнут максимальный уровень качества и надежности транспортных процессов при оптимальном соотношении прибыльности всех предприятий автотранспорта.

Следующий шаг при разработке алгоритма связан с оценкой альтернатив и может быть построено на градации сложности планируемых мероприятий. По результатам оценки альтернатив следует выбрать наиболее подходящий из них.

Завершающей стадией построения алгоритма эффективности системы предусматривает установление взаимоотношения между компонентами системы, которые располагают обратной связью между собой, необходимой для корректирования функционирования системы ВАДС с максимальной эффективностью в горных условиях.

3.4 Информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля

Усложнение конструкции современных транспортных средств, рост числа и диапазонов измеряемых параметров, повышение требований к точности получаемых результатов измерений и быстроедействию измерительных приборов (при ограниченных возможностях оператора в восприятии и обработке больших объемов информации) приводят к необходимости разработки новой

информационно-измерительной системы. Целью предлагаемой информационно-измерительной системы заключается в обеспечении точности и качества измерений показателей энергетической эффективности транспортного средства, эксплуатируемого в горных условиях, а также повышение энергетической эффективности грузоперевозок путем оперативного корректирования действия водителя, выбора рациональных нагрузочных и скоростных режимов движения автомобиля, выбора маршрута движения с учетом конкретных условий эксплуатации. Предложенная информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля позволяет повысить достоверность результатов измерения и удобство проведения измерений.

Вопросы энергетической эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных и высокогорных условиях в свете стабильного роста объема грузоперевозок, обусловленного интенсивным развитием горнодобывающей отрасли, строительством гидротехнических сооружений, автомобильных дорог и коммуникаций, приобретают все большую актуальность.

Рост объемов пассажиро - и грузоперевозок автомобильным транспортом, оценка и на ее основе разработка и внедрение мероприятий по повышению эффективности автотранспортного сектора страны способствует к бережливому использованию энергетических ресурсов и прочих затрат.

Эффективность функционирования автомобиля как подсистемы системы ВАДС не представляется возможным без осуществления достоверных измерений, их систематизации, обработки, анализа, передачи и хранения. Существуют различные измерительные комплексы, которые, в основном, применяются для исследовательских целей и не нашли широкого распространения при оценке и повышении эффективности транспортных процессов. Имеющиеся измерительные комплексы относятся к блочному типу и состоят из блока коммутации и управления, блока питания, таймера, датчиков пути, цикличности и курса движения машины, регистрирующих приборов, а также соединительных проводов и кабелей. Наличие большого количества блоков, приборов и устройств, вносит определенные погрешности в результаты

измерений. Отсутствие полной автоматизации процессов измерения и обработки результатов, а также ограниченное наименование регистрируемых параметров препятствует оперативной и полноценной оценке эффективности процессов грузоперевозок, сравнение конкурентоспособности имеющихся организаций грузоперевозок, функционирования системы ВАДС в различных условиях. Они не целесообразны для применения в автомобильном транспорте, так как здесь идет речь об ограниченных фактах измерения, а следовало бы разрабатывать и внедрить измерительные информационные технологии на основе интеллектуальных многоканальных измерительных информационных систем (ИИС), позволяющих одновременные комплексные измерения показателей и совместную математическую обработку результатов, с учетом их взаимосвязи и взаимообусловленности.

Существующие информационно-измерительные системы для оценки энергетической эффективности грузового автомобиля не приемлемы для оценки эффективности функционирования системы ВАДС, что обусловлено отсутствием необходимых приборов и устройств для измерения показателей энергетической эффективности транспортного процесса: датчиков крутящих моментов и угловых скоростей вращения на валу ДВС, а также на колесах автомобиля, датчиков радиальной нагрузки на отдельных колесах автомобиля, датчиков температуры шины, скорости движения автомобиля, неровности дорожного покрытия и полной массы автомобиля, устройства фиксации высоты н.у.м.

Для системы ВАДС важным является обеспечение точности и качества измерений показателей энергетической эффективности ее компонентов, а также повышение энергетической эффективности грузоперевозок путем своевременного корректирования действия водителя, выбора рациональных нагрузочных и скоростных режимов движения автомобиля, выбора маршрута движения с учетом конкретных условий эксплуатации.

Поставленная задача решается за счет того, что информационно-измерительная система, представляющая собой совокупность функционально -

объединенных измерительных, контрольных, диагностических, вычислительных, управляющих, регистрирующих, отображающих, телекоммуникационных и других вспомогательных технических средств, сформированная для получения измерительной информации, ее преобразования и обработки, передачи измерительной информации оператору, обеспечивает высокую энергоэффективность транспортного процесса в горных условиях. Информационно-измерительная система для определения энергоэффективности транспортного процесса, состоит из микропроцессорного блока контроля и управления (МБКУ), блока питания, пульта управления, электронного дисплея, предназначенного для визуализации результатов определения показателей энергоэффективности. Кроме того, она включает в себя интерфейсное устройство, центр дистанционного управления, расходомер топлива, гироскоп, датчики угловой скорости и крутящего момента на валу ДВС. Она оснащена метеостанцией, датчиками угловой скорости и крутящего момента на колесе автомобиля, датчиками температуры шины и давления воздуха в ней, датчиками полной массы автомобиля, высоты н.у.м. и радиальной нагрузки на колесо, а также устройством для измерения неровности дороги и фиксации маневров. Датчик скорости движения автомобиля (спидометр) предусматривает централизованное управление отдельными элементами и многоканальные измерения различных параметров, характеризующих эффективность транспортного процесса.

Сущность предложенной информационно-измерительной системы для оценки энергоэффективности грузового автомобиля заключается в том, что датчики крутящих моментов и оборотов дублированы, т.е. установлены на валу ДВС и на ведущих колесах автомобиля, что позволяет определить энергетическую эффективность ДВС, трансмиссии, колеса и, в целом, автомобиля. Дублированы также датчики температуры воздуха в шине и на ее поверхности, позволяющей оценить процессы энергетического обмена между шиной и дорожным полотном. Дополнительно предусмотрены такие датчики, как высотомер, гироскоп, датчики для измерения температуры шины и давления

воздуха в шине, ускорения колеса, неровности дорожного покрытия, радиальной нагрузки, позволяющие более полно и всесторонне оценивать энергетическую эффективность автомобиля в различных условиях эксплуатации с целью проведения более адекватные функционирования измерительных устройств для оценки энергоэффективности грузового автомобиля.

Выходы всех датчиков, блока питания и пульта управления соединены со входами микропроцессорного блока контроля и управления, входы-выходы последнего соединены с электронным дисплеем и интерфейсным устройством, позволяющим контроль, управление, автоматизацию выбора и оптимизацию режимов работы автомобиля, тем самым повышая энергоэффективность автомобильных грузоперевозок.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса оснащена специальным алгоритмом, фиксирующим резкие маневры при наличии GPS-модуля, а также для жесткой фиксации базового блока внутри автомобиля. Датчики смогут распознавать и фиксировать такие основные, резко выполненные маневры, как: линейные ускорения и торможения автомобиля, повороты вправо и влево. Датчики способствуют не только контролировать стиль вождения и обеспечить безопасность движения, но и позволяют вычисление коэффициента энергетической эффективности водителя k_B или коэффициента агрессивности стиля езды, как отношение удельного числа резких маневров за одну езду на i -ом маршруте движения n_{mi} к нормативному значению n_{mn} , приравненному для равнинных условий эксплуатации

$$k_B = \frac{n_{mi}}{n_{mn}}. \quad (3.3)$$

Окончательная оценка энергетической эффективности $\mathcal{E}_\Sigma$ функционирования транспортного процесса производится по формуле

$$\mathcal{E}_\Sigma = q_o \cdot \eta_e \cdot \frac{\eta_{тр}}{k_d \cdot k_B \cdot k_{пр}}, \% \quad (3.4)$$

где q_o – общее количество тепловой энергии, введенного в двигатель с топливом в относительных единицах, % (принимается $q_o = 100\%$); η_e – эффективный КПД

ДВС, η_{mp} – КПД трансмиссии, k_B – коэффициент энергетической эффективности водителя, k_{np} – коэффициент эффективности прочих преобразований энергии, связанных с транспортным процессом.

Для оценки энергетической эффективности системы ВАДС или транспортного процесса по линейному расходу топлива целесообразно пользоваться выражением

$$\mathcal{E}_Q = Q_H \cdot k_d \cdot k_B \cdot k_{np} \cdot \frac{\text{л}}{100 \text{ км}} \quad (3.5)$$

где Q_H – нормативный линейный расход топлива, л/100 км.

В приведенных формулах значения коэффициентов эффективности прочих преобразований энергии, связанных с транспортным процессом k_{np} устанавливаются экспериментально и зависят от комплекса факторов, наиболее значимыми из которых являются полный вес автомобиля, высота н.у.м. и конструктивные особенности автомобиля и др.

Результаты комплексной энергетической оценки эффективности функционирования транспортного процесса в горных условиях, определенные в относительных единицах для различных моделей самосвалов с учетом различных коэффициентов, представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Комплексные энергетические оценки эффективности транспортного процесса $\mathcal{E}_{ТП}$ в горных условиях

Автомобиль	q_o , %	k_d	η_e	η_{mp}	k_B	k_{np}	$\mathcal{E}_{ТП}$, %
БелАЗ-7540В	100	1,14 – 1,15	0,40 – 0,45	0,80 – 0,85	1,09 – 1,14	1,11 – 1,14	21,6 – 27,8
SHACMAN-SX3256DR384			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,11 – 1,16	1,09 – 1,15	20,8 – 30,1
HOWO-336			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,16	1,08 – 1,15	20,8 – 31,8
Dongfeng DFL 3251A			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,16	1,08 – 1,15	20,8 – 31,8
КамАЗ-5511			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,11	1,06 – 1,11	23,5 – 32,1
МАЗ-5549			0,40 – 0,45	0,80 – 0,92	1,06 – 1,11	1,06 – 1,11	23,5 – 32,1

Технический результат, заключающийся в повышении полноты, точности и качества измерения, а также удобства эксплуатации при одновременном измерении и регистрации необходимых показателей грузового автомобиля при помощи установленных датчиков, позволит значительно сократить сроки проведения исследований, повысить качество и достоверность полученных данных по показателям энергетической эффективности, тем самым повышая энергетическую эффективность автомобильных грузоперевозок.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности грузового автомобиля может быть смонтирована на щите управления автомобилем, а показатели оценки энергетической эффективности могут быть переданы в центр дистанционного управления эффективностью грузоперевозок. Полученные показатели энергетической эффективности автомобиля, помимо проведения исследования эффективности грузоперевозок, также используются для управления, оптимизации и повышения энергетической эффективностью грузовых перевозок.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности грузового автомобиля (рис. 3.3) состоит из микропроцессорного блока контроля и управления (МБКУ) 1, блока питания 2 и пульта управления 3, соединенного с МБКУ 1. Последний соединен с электронным дисплеем 4, который предназначен для визуализации результатов определения показателей энергоэффективности и интерфейсного устройства 5. МБКУ также соединен через ГлоНАСС/GPS с центром дистанционного управления 6 [219].

Для измерения и преобразования различных показателей энергетической эффективности грузового автомобиля 7 в электрический сигнал, удобный для регистрации используются: расходомер топлива 8. Датчики угловой скорости 9 и крутящего момента 10 монтированы на валу ДВС 11 и на ведущем колесе 12 автомобиля 7, результаты сравнения их показателей, позволяет определить КПД трансмиссии $\eta_{тр}$. На ведущем 12 и ведомых колесах 13 автомобиля монтированы датчики температуры 14 шины и давления 15 воздуха в шине.

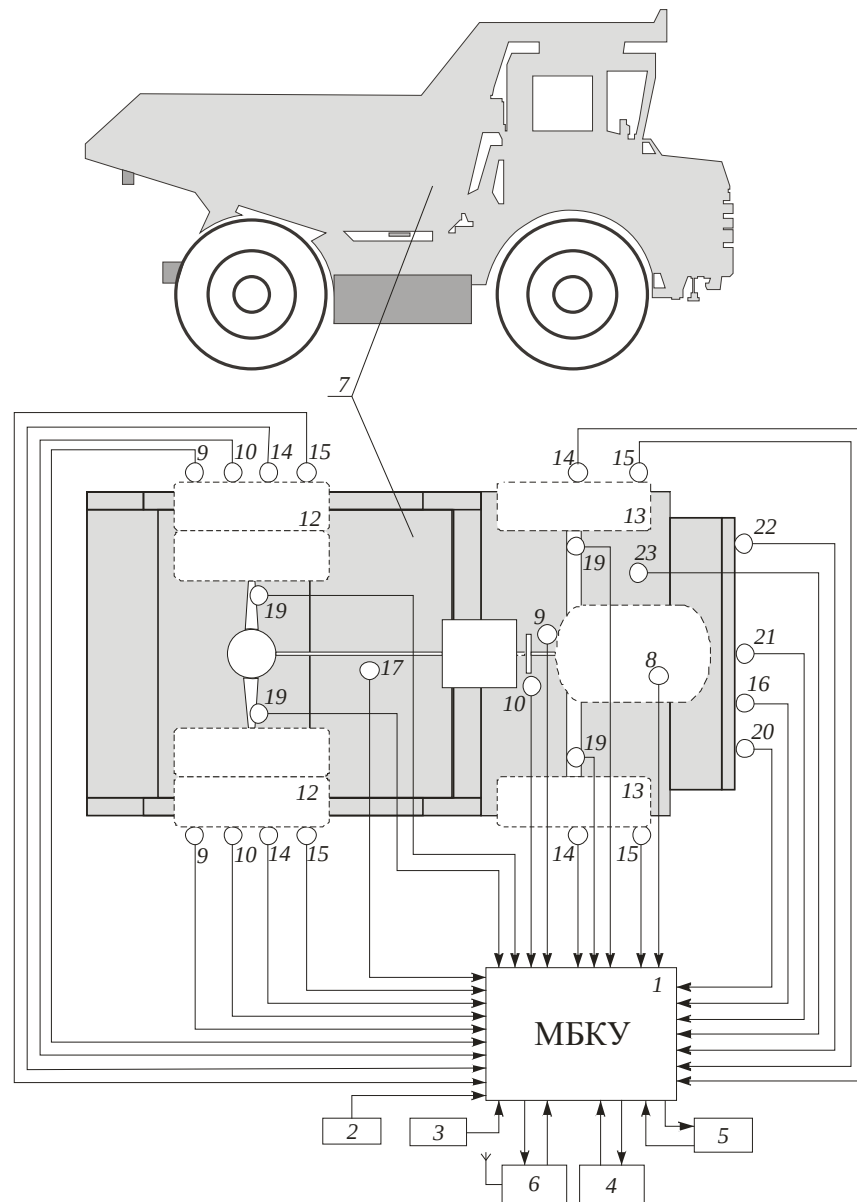


Рисунок 3.4 – Принципиальная схема информационно-измерительной системы для оценки энергоэффективности грузового автомобиля: 1 – МБКУ, 2 – блок питания; 3 – пульт управления; 4 – электронный дисплей; 5 – интерфейсное устройство; 6 – центр дистанционного управления; 7 – грузовой автомобиль; 8 – расходомер топлива; 9 и 10 – датчики угловой скорости и крутящего момента; 11 – ДВС; 12 и 13 – ведущее и ведомое колеса автомобиля; 14 и 15 – датчики температуры шины и давления воздуха в шине; 16 – метеостанция; 17 – датчик полной массы автомобиля; 18 – датчик высоты н.у.м.; 19 – датчик радиальной нагрузки; 20 – устройство для определения скорости движения автомобиля; 21 – датчик неровности дороги; 22 и 23 – датчиками линейного ускорения автомобиля и поворотов рулевого колеса

Метеостанция 16 служит для измерения скорости и направления ветра, температуры и влажности воздуха. На вертикальной оси автомобиля, соответствующей его центру тяжести, установлен датчик полной массы автомобиля 17. На автомобиле монтированы также датчики высоты н.у.м. 18 и радиальной нагрузки 19, приложенной к каждому колесу автомобиля. Устройство для определения скорости движения 20 автомобиля 7 служит для контроля скоростного режима автомобиля и расчета производительности грузоперевозок. Датчик неровности дороги 21 служит для определения неровности дорожного покрытия, что необходимо для вычисления значений обобщённого динамического коэффициента k_D для автомобильной дороги.

Специальный алгоритм с датчиками линейного ускорения автомобиля 22 и поворотов рулевого колеса 23 необходимы для фиксации резких маневров при наличии GPS-модуля и способствуют не только контролировать стиль вождения и обеспечить безопасность движения, но и вычислить коэффициент агрессивности стиля езды или коэффициент энергетической эффективности водителя k_B .

Для измерения и регистрации показателя энергетической эффективности системы ВАДС или транспортного процесса производится предварительные установка и настройка соответствующих датчиков и измерительных устройств на автомобиле.

Информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса работает следующим образом.

Оператор погрузочного устройства на основе показателей измерения полной массы автомобиля регулирует массу грунта погружаемого в кузов автомобиля и по показаниям датчиков радиальных нагрузок распределяет грунт по кузову, максимально уравнивая радиальные нагрузки на колеса.

При движении загруженного автомобиля по показаниям датчиков расхода топлива, крутящих моментов и угловой скорости вращения колеса осуществляется выбор погрузочного и скоростного режимов двигателя, а по

показаниям, полученным от датчиков ускорения ведущих колес и поворота ведомых колес – соответствующий стиль вождения автомобилем.

Измерение, регистрация, обработка и вычисление параметров для оценки и управления эффективностью функционирования системы ВАДС или транспортного средства происходит в течении смены работы автомобиля, при этом количество измеряемых и регистрируемых параметров зависит от программы исследований и может быть задано через пульт управления 3.

Регистрация по всем каналам измерения может быть осуществлена в аналоговом режиме или дискретно с интервалом, заданным оператором в пределах от одной секунды до одной минуты в зависимости от характера протекающих процессов.

Информационно-измерительная система позволяет регистрировать и вычислять все необходимые параметры для оценки энергетической эффективности транспортного процесса, к которым относятся:

- масса перевозимого груза;
- скорость движения автомобиля;
- производительность транспортировки грузов;
- расход топлива;
- температуры шины и давление воздуха внутри нее;
- высота н.у.м;
- показатели среды (температура и влажность воздуха, направление и скорость ветра и др.);
- энергоемкость единицы перевозимого груза.

Результаты регистрации и вычислений могут быть архивированы и переданы через интерфейсное устройство по каналам связи в систему высшего уровня (USB, RS-232). МБКУ через интерфейсное устройство 5 по каналам связи может быть перепрограммирован на измерение и регистрацию различных параметров функционирования грузового автомобиля, согласно программе исследований.

Таким образом, предлагаемая информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса, комплексно поддерживая рекомендуемые параметры транспортного процесса, способствует мониторингу и повышению эффективности транспортного процесса, осуществляемого в горных условиях.

3.5 Методика обработки результатов экспериментального исследования

Важным параметром, характеризующим технико-экономические показатели автомобиля, является полная его масса, которая имеет вероятностную природу и оказывает существенное влияние на формирование эффективности системы ВАДС. Вероятностно-статистическая оценка полной массы грузового автомобиля, эксплуатируемого в горных условиях, осуществлялась на основе сбора и статистической обработки эмпирических данных о полной массе большегрузных автомобилей БелАЗ-7540В при перевозке горной массы в условиях горного карьера при строительстве Рогунской ГЭС. Статистические данные о полной массе большегрузных автомобилей БелАЗ-7540В, полученные их взвешиванием на маршруте от 18 по 27 декабря 2014 года, представлены в табл. 3.2. При этом объем выборки составлял $N = 420$, $G_{max} = 59$ т и $G_{min} = 45$ т.

Таблица 3.2 – Статистические данные о полной массе автомобилей БелАЗ-7540В

$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$	$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$	$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$	$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$	$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$	$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$	$N_{\text{ср}}$	$m_{\text{н}}, \text{т}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	49,8	61	52,0	121	52,8	181	53,2	241	52,9	301	56,6	361	50,8
2	45,0	62	53,4	122	52,3	182	53,4	242	49,4	302	54,5	362	52,8
3	52,8	63	50,5	123	50,9	183	51,4	243	59,2	303	50,2	363	47,5
4	47,2	64	51,2	124	57,0	184	53,1	244	55,5	304	53,9	364	52,9
5	51,2	65	53,3	125	51,8	185	53,5	245	55,4	305	53,2	365	55,0
6	55,7	66	52,6	126	57,3	186	51,2	246	51,8	306	49,5	366	50,8

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
7	45,0	67	56,4	127	55,8	187	51,9	247	51,8	307	54,1	367	52,3
8	49,4	68	52,0	128	51,6	188	51,1	248	49,2	308	53,8	368	49,3
9	57,3	69	53,0	129	49,5	189	48,4	249	54,6	309	50,7	369	53,2
10	52,2	70	52,2	130	52,7	190	52,4	250	52,5	310	51,4	370	51,7
11	52,6	71	50,9	131	51,3	191	49,6	251	50,7	311	52,0	371	51,9
12	50,0	72	49,0	132	52,9	192	51,5	252	52,6	312	52,3	372	52,4
13	51,2	73	56,0	133	52,2	193	52,7	253	53,9	313	51,8	373	51,9
14	50,7	74	52,8	134	55,1	194	51,9	254	49,7	314	50,7	374	54,1
15	52,1	75	50,1	135	52,5	195	51,9	255	51,4	315	53,9	375	52,1
16	49,0	76	48,1	136	51,2	196	51,1	256	50,2	316	53,2	376	53,0
17	52,6	77	53,5	137	52,2	197	51,6	257	53,6	317	54,1	377	50,9
18	52,8	78	53,5	138	55,5	198	49,3	258	51,7	318	50,9	378	50,1
19	51,4	79	51,0	139	53,7	199	51,0	259	53,6	319	53,7	379	47,1
20	49,0	80	52,7	140	50,0	200	52,3	260	53,6	320	51,7	380	53,8
21	52,7	81	53,9	141	56,2	201	53,4	261	52,6	321	58,7	381	49,3
22	53,1	82	48,5	142	53,3	202	51,6	262	53,5	322	55,0	382	49,7
23	54,8	83	50,8	143	57,6	203	49,3	263	52,4	323	50,8	383	52,0
24	49,7	84	50,8	144	54,5	204	50,7	264	49,6	324	51,9	384	53,9
25	52,6	85	50,7	145	54,2	205	51,4	265	52,9	325	55,3	385	53,6
26	49,6	86	52,4	146	52,3	206	52,5	266	51,7	326	53,1	386	51,9
27	51,5	87	52,9	147	53,1	207	52,8	267	50,7	327	51,5	387	54,4
28	49,1	88	51,3	148	53,4	208	52,0	268	51,3	328	54,6	388	54,5
29	51,1	89	53,0	149	53,4	209	53,3	269	55,8	329	51,0	389	53,1
30	52,9	90	51,8	150	52,8	210	56,5	270	51,2	330	52,0	390	53,9
31	57,3	91	54,1	151	53,8	211	55,7	271	54,1	331	49,4	391	53,6
32	55,3	92	50,0	152	47,8	212	48,6	272	56,5	332	49,0	392	56,4
33	53,2	93	48,7	153	55,4	213	50,1	273	51,8	333	52,1	393	47,6

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
34	50,0	94	54,5	154	51,7	214	53,7	274	54,3	334	50,2	394	54,9
35	51,5	95	55,6	155	54,5	215	51,3	275	48,2	335	52,1	395	49,1
36	51,4	96	56,1	156	52,2	216	50,7	276	54,2	336	53,9	396	54,3
37	48,1	97	52,3	157	51,7	217	52,2	277	50,9	337	53,8	397	52,6
38	53,1	98	52,7	158	51,7	218	54,7	278	54,3	338	51,1	398	53,4
39	52,1	99	53,7	159	51,7	219	52,9	279	52,7	339	52,7	399	49,8
40	51,5	100	51,8	160	50,3	220	50,0	280	52,0	340	51,7	400	50,7
41	50,4	101	55,5	161	52,2	221	53,2	281	52,4	341	50,5	401	56,4
42	50,4	102	55,3	162	49,2	222	48,8	282	51,9	342	53,2	402	54,5
43	51,7	103	55,1	163	50,6	223	50,2	283	52,5	343	50,2	403	52,3
44	53,3	104	58,0	164	55,3	224	55,4	284	48,5	344	53,6	404	47,5
45	49,5	105	51,8	165	55,4	225	52,1	285	56,0	345	49,6	405	49,6
46	50,3	106	50,9	166	50,8	226	54,9	286	49,7	346	47,2	406	50,9
47	53,7	107	52,3	167	56,9	227	51,2	287	53,9	347	47,3	407	59,0
48	51,0	108	53,1	168	54,8	228	48,2	288	49,0	348	49,6	408	52,9
49	53,0	109	50,6	169	52,5	229	50,1	289	52,5	349	51,6	409	53,9
50	54,7	110	55,0	170	51,4	230	51,7	290	56,1	350	50,0	410	51,2
51	51,5	111	51,5	171	53,1	231	53,3	291	51,1	351	50,8	411	54,3
52	48,7	112	53,5	172	50,4	232	51,6	292	51,1	352	50,9	412	53,5
53	54,7	113	50,7	173	51,3	233	52,1	293	48,6	353	50,1	413	53,5
54	48,7	114	50,3	174	54,9	234	53,9	294	52,8	354	48,5	414	54,4
55	52,3	115	50,5	175	52,3	235	48,9	295	52,3	356	52,0	415	51,5
56	50,8	116	53,0	176	52,4	236	58,5	296	52,7	355	49,0	416	50,0
57	52,9	117	48,9	177	55,7	237	57,2	297	49,8	357	54,0	417	53,8
58	51,0	118	50,3	178	52,7	238	50,1	298	52,2	358	51,7	418	53,7
59	51,4	119	49,9	179	50,0	239	54,6	299	50,1	359	48,7	419	51,7
60	53,3	120	53,7	180	52,7	240	57,0	300	51,1	360	54,0	420	51,5

Для вероятностно-статистической обработки опытных данных о полной массе автомобиля необходимо составить вариационный (статистический) ряд информации по полной массе автомобиля-самосвала БелАЗ–7440В, эксплуатируемого в условиях строительства Рогунской ГЭС (табл. 3.3). Для составления статистического ряда распределения полной массы автомобиля вся информация делится на n интервалов. При этом число интервалов должно быть не менее 6 и не более 15. Число интервалов определяется из выражения

$$n = 1 + 3,322 \lg N. \quad (3.6)$$

Для данной задачи $N = 420$ (из табл. 3.2). Тогда, согласно выражения (3.6) получим $n = 1 + 3,322 \lg 420 = 9,71$. $n \approx 10$.

Длина отдельного интервала определяется из выражения

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n} = \frac{59 - 45}{10} = 1,4.$$

Таблица 3.3. – Статистический ряд информации о полной массе автомобиля самосвала БелАЗ – 7440В

N_0	Частный интервал, с	Середина интервала, x_i	Частость, Δn_i	$\Delta n_i \cdot x_i$	$x_i - x_m$	$(x_i - x_m)^2$	$\Delta n_i \cdot (x_i - x_m)^2$	$t = \frac{x_i - x_m}{\sigma}$	$f_0(t)$	$f(t) = \frac{h}{\sigma} f_0(t)$	$\Delta n'_i = N \cdot f(t)$
1	45,0-46,4	45,7	2	91,4	-6,47	41,8609	83,7218	-1,98	0,056	0,024	10,8
2	46,4-47,8	47,1	10	471	-5,07	25,7049	2570,49	-1,56	0,118	0,0507	21,3
3	47,8-49,2	48,5	25	1212,5	-3,67	13,4689	336,7225	-1,12	0,213	0,0915	38,4
4	49,2-50,6	49,9	56	2794,4	-2,27	5,1529	288,5624	-0,7	0,312	0,134	56,3
5	50,6-52,0	51,3	110	5643,0	-0,87	0,7569	83,259	-0,27	0,385	0,165	69,3
6	52,0-53,4	52,7	102	5375,4	0,53	0,2909	29,6718	0,16	0,394	0,169	71,0
7	53,4-54,8	54,1	67	3624,7	1,93	3,7249	249,5683	0,59	0,335	0,144	60,5
8	54,8-56,2	55,5	29	1609,5	3,33	11,0889	321,5781	1,02	0,237	0,102	42,8
9	56,2-57,6	56,9	14	796,6	4,73	22,3729	313,2206	1,45	0,142	0,061	25,6
10	57,6-59,0	58,3	5	291,5	6,13	37,5769	187,8845	1,88	0,068	0,029	12,3
Σ			420	21910		162	4464,679				408

Среднее арифметическое значение полной массы автомобиля-самосвала БелАЗ-7540В

$$x_M = \frac{\sum x_i \Delta n_i}{\sum \Delta n_i} = \frac{\sum x_i \Delta n_i}{N} = \frac{21910}{420} = 52,17 \text{ т.}$$

Среднее арифметическое значение массы груза в кузове автомобиля БелАЗ-7540В

$$x_{MT} = x_M - m_a = 52,17 - 23,5 = 28,67 \text{ т.},$$

где m_a - снаряженная масса автомобиля БелАЗ-7540В.

Дисперсия распределения равняется

$$D = \frac{\sum (x_{im} - x)^2}{N-1} = \frac{162}{420-1} = 0,3866 \text{ т.}$$

Среднее квадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \Delta n_i (x_i - x_M)^2} = \sqrt{\frac{4464,679}{420}} = \sqrt{10,63} = 3,26 \approx 3,3 \text{ т.}$$

Коэффициент вариации равняется

$$\nu = \frac{\sigma}{x_M} = \frac{3,3}{52,17} = 0,06 \text{ или } \nu = 6\%.$$

На основании статистической обработки данных построены графики эмпирических и теоретических функций распределения частот полной массы большегрузных автомобилей-самосвалов БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в горных карьерах при строительстве Рогунской ГЭС (рис. 3.5).

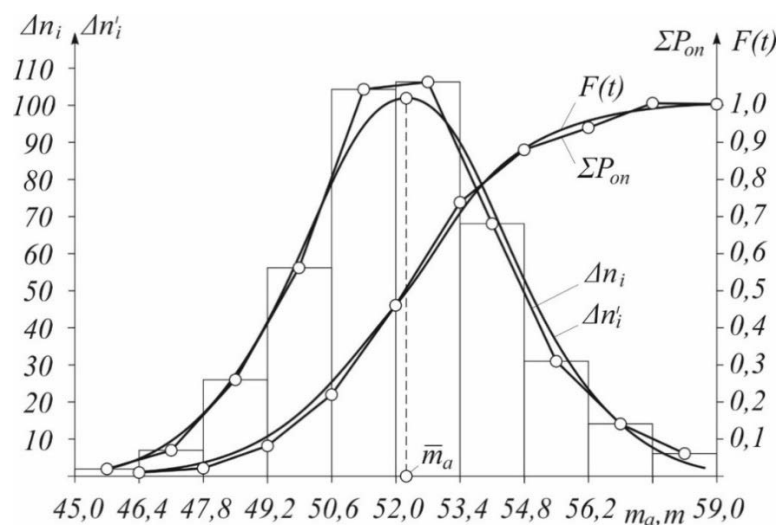


Рис. 3.5 – Графики эмпирических и теоретических функций распределения частот полной массы большегрузных автомобилей БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в горных карьерах при строительстве Рогунской ГЭС:

Как видно из графика среднее арифметическое значение полной массы автомобиля БелАЗ-7540В составляет $G_{cp} = 52,17 \text{ т}$. При этом $\sigma = 3,26 \text{ т}$ и $\nu = 6\%$.

Горные дороги в значительной степени ограничивают повышение ее эффективности. Особенности горных дорог представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Характерные особенности автомобильных дорог, проложенных в горных условиях

Особенность автомобильных дорог	Качественная оценка	Количественная оценка
Продольные уклоны	Достаточно большие	до 10 ... 12%
Извилистость	Значительная	до 15 ... 18 поворотов на 1 км пути
Радиусы закругления	Малые	8 ... 10 м
Ширина проезжей части и земляного полотна	Недостаточная	
Видимость и обзорность	Плохая и недостаточная	50...100 м (на отдельных участках горной дороги)
Защищенность от снегопада оползня, снежных лавин, камнепада, селевых и грязевых потоков	Часто не защищены	
Состояние поверхности дорожного полотна	«Засыпаны» измельченной горной породой, имеющей острые грани	Плотность измельченной горной породы – 120 шт/м ² , достигающим до 400-500 см ³ /м ² , а удельная масса – 1,0-1,2 кг/ м ² .
Размеры булыжников, выступающие наружу	Достаточно большие с острыми гранями	10 ... 15 см
Неровность поверхности дороги	Высокая	в виде колеи с длиной до сотни метров, шириной до 50 см и более, а глубиной до 10 см и более.
Обобщенный динамический коэффициент дороги k_D	Высокий	$k_D = 0,120 \dots 0,128$

Сложность горных дорог в условиях Республики Таджикистан обуславливает снижение эффективности системы ВАДС до 30%.

Этот показатель только по причине неровности горных дорог может достигать до 15%. Такое ухудшение эффективности системы связано со снижением скорости движения, длительными простоями и значительными затратами на ремонт и т.д.

3.6 Планирование эксперимента и обработка полученных результатов

При исследовании многофакторного процесса, характерного для функционирования системы ВАДС, а также проведение всех возможных опытов для составления математической модели связано с огромной трудоемкостью эксперимента. В связи с этим задача планирования эксперимента состоит в установлении минимального необходимого числа опытов, достаточного для математического описания объекта с заданной степенью достоверности.

Для системы ВАДС в качестве параметра планирования многофакторного эксперимента (МФЭ) выбрана сменная производительность большегрузных автомобилей - самосвалов. При этом масса перевозимого груза M_{cp} в тоннах, коэффициент сопротивления качению колес автомобиля f_k и обобщенный динамический коэффициент дороги k_D приняты в качестве значимых факторов.

Планирование и обработка результатов МФЭ проводилось по следующей последовательности.

Кодирование факторов. Кодированные значения факторов X_i определяются из отношения разности натурального X_{nat} и основного X_o значений фактора к интервалу варьирования фактора I

$$X_i = (X_{nat} - X_o)/I. \quad (3.7)$$

Основной уровень фактора X_o определяется как середина суммы верхнего X_{max} и нижнего X_{min} уровней фактора

$$X_o = (X_{max} + X_{min})/2. \quad (3.8)$$

Интервал варьирования I определяется как середина разности верхнего $X_{\max}$ и нижнего $X_{\min}$ уровней фактора

$$I = (X_{\max} - X_{\min})/2. \quad (3.9)$$

В кодированной форме нижний уровень фактора принимается равным минус единице, основной – нулю, верхний – плюс единице.

Рабочая матрица МФЭ представлена в табл. 3.5.

Таблица 3.5 – Рабочая матрица МФЭ

Уровень варьируемых факторов	Кодовое обозначение	Автомобиль					
		БелАЗ-7540В			SHACMAN-SX3256DR384		
		$M_{ep,T}$	f_k	k_D	$M_{ep,T}$	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

В ходе планирования эксперимента были приняты следующие диапазоны изменения перечисленных факторов:

$M_{ep.max} = 34, M_{ep.min} = 24$ т; $f_{k.max} = 0,024, f_{k.min} = 0,022$; $k_{D.max} = 0,13, k_{D.min} = 0,12$ – для автомобиля БелАЗ-7540В;

$M_{ep.max} = 28, M_{ep.min} = 18$ т; $f_{k.max} = 0,024, f_{k.min} = 0,022$; $k_{D.max} = 0,13, k_{D.min} = 0,12$ – для автомобиля SHACMAN-SX3256DR384.

Построение планов многофакторного эксперимента. Для оценки производительности автомобиля-самосвала принят трехфакторный эксперимент (табл. 3.6), с координатами в угловых точках плана «+» и «-».

Таблица 3.6 – Матрица планирования и результатов многофакторного эксперимента

№ опыта	План эксперимента								Результаты опытов для автомобиля							
									БелАЗ-7540В				SHACMAN-SX3256DR384			
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_{12}	X_{13}	X_{23}	X_{123}	Y_1	Y_2	Y_3	Y_i	Y_1	Y_2	Y_3	Y_i
1	+	–	–	–	+	+	+	–	195	197	190	194	149	150	145	148
2	+	+	–	–	–	–	+	+	203	201	197	200	157	155	160	154
3	+	–	+	–	–	+	–	+	189	193	195	193	144	148	149	148
4	+	+	+	–	+	–	–	–	197	201	197	198	152	154	150	152
5	+	–	–	+	+	–	–	+	190	195	190	192	145	149	144	146
6	+	+	–	+	–	+	–	–	192	193	199	195	155	150	148	151
7	+	–	+	+	–	–	+	–	201	197	193	197	158	151	149	153
8	+	+	+	+	+	+	+	+	203	199	197	199	157	152	150	153

Значения коэффициентов регрессии $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$, и b_{123} определены как сумма отношения значения функции Y_i к числу опытов

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N Y_{ij} = \sum_{i=1}^N Y_i / N \quad (3.10)$$

где j – номер фактора.

Общий вид уравнения регрессии на основе результатов обработки многофакторного эксперимента описывается полиномом первой степени

$$Y_{расч.i} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{123} X_1 X_2 X_3. \quad (3.11)$$

Дисперсия параллельных опытов определяется по формуле

$$S_{воспр.i}^2 = \frac{1}{m_i - 1} \sum_{j=1}^{m_i} (Y_{ij} - Y_i)^2 \quad (3.12)$$

Результаты расчетов коэффициентов регрессии и дисперсий параллельных опытов представлены в табл. 3.5

Таблица 3.7 – Результаты расчетов коэффициентов регрессии, сменной производительности и дисперсии параллельных опытов

№	Марка автомобиля-самосвала												
	b_o	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{123}	Y_1	Y_2	Y_3	Y_i	$S^2_{\text{восп}}$
БелАЗ-7540В													
1	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	195	196	191	194	7
2	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	203	201	196	200	13
3	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	190	194	195	193	7
4	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	198	200	196	198	4
5	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	191	195	190	192	7
6	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	193	194	198	195	7
7	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	201	196	194	197	13
8	196	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0	203	198	196	199	13
SHACMAN-SX3256DR384													
1	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	149	150	145	148	7
2	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	157	155	160	154	13
3	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	144	148	149	148	7
4	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	152	154	150	152	4
5	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	145	149	144	146	7
6	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	155	150	148	151	7
7	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	158	151	149	153	13
8	150	2,0	0,75	- 0,25	- 0,25	- 0,75	1,5	0,00	157	152	150	153	13

Проверка дисперсий осуществляется по критерию Кохрена $G_{\text{расч}} < G_{\text{табл}}$

$$G_{\text{расч}} = \frac{s_{\text{max}}^2}{\sum_{i=1}^N s_{\text{восп},i}^2}. \quad (3.13)$$

Табличное значение критерия Кохрена $G_{табл} = 0,516$ [37, 50, 121] (при числе опытов $N = 8$ и $f = m - 1 = 3 - 1 = 2$).

В соответствии с критерием Кохрена $0,180 < 0,516$, следовательно гипотеза об однородности дисперсий принимается.

Вычисление деисперсии воспроизводимости для всего эксперимента производится согласно формуле

$$S_{восп}^2 = S_{(y)}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{восп.i}^2. \quad (3.14)$$

Для установления ошибки всего эксперимента можно пользоваться равенством

$$S_{(y)} = \sqrt{S_{(y)}^2}. \quad (3.5)$$

Проверка статистической значимости коэффициентов. Проверка осуществляется по $t_{табл}$ – критерию.

Ошибки коэффициентов регрессии $S(bi)$ определяются по формуле

$$S(bi) = \frac{S_{(y)}}{\sqrt{N_m}}. \quad (3.16)$$

Статистическая значимость коэффициентов регрессии устанавливается по величине доверительного интервала [37].

Доверительный интервал длиной Δb_i вычисляется как произведение критерий Стьюдента $\pm t_{табл}$ на ошибку коэффициентов регрессии $S(bi)$

$$\Delta b_1 = \pm t_{табл} \cdot S(bi). \quad (3.17)$$

Табличное значение критерия Стьюдента ($t_{табл}$) [49] выбираем для числа степеней свободы $f = N(m - 1) = 8(3 - 1) = 16$ и по принятому уровню значимости $q = 0,05$, то есть $t_{табл} = 2,12$. Коэффициенты уравнения b_1 и b_{23} являются значимыми. Статистическая значимость коэффициентов b_i , входящих в уравнения регрессии, проверяется из условия $b_i > \Delta b$.

С учетом значимости коэффициентов уравнения регрессии получим

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_{23} X_2 X_3. \quad (3.18)$$

Перевод уравнения регрессии в натуральную форму. С учетом данных, представленных в рабочей матрице, раскодирование факторов осуществляется следующим образом:

– для автомобиля БелАЗ-7540В; – для автомобиля SHACMAN-SX3256D:

$$X_1 = (M_{zp} - 29)/5 = 0,2 \cdot M_{zp} - 5,8; \quad X_1 = (M_{zp} - 23)/5 = 0,2 \cdot M_{zp} - 4,6;$$

$$X_2 = (f_k - 0,023)/0,001 = 0,2 \cdot f_k - 23; \quad X_2 = (f_k - 0,023)/0,001 = 0,2 \cdot f_k - 23;$$

$$X_3 = (k_D - 0,125)/0,005 = 200 \cdot k_D - 25. \quad X_3 = (k_D - 0,125)/0,005 = 200 \cdot k_D - 25.$$

Проверка уравнения на адекватность. Проверка проводится с учетом и без учета всех незначимых коэффициентов уравнения регрессии $b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{123}$. Результаты расчетов представлены в табл. 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты расчетов значений функции с учетом коэффициентов и без учета коэффициентов путевого расхода топлива автомобилей-самосвалов

№ опыта	БелАЗ-7540В			SHACMAN-SX3256DR384		
	С учетом коэффициентов $b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{123}$		Без учета коэффициентов $b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{123}$	С учетом коэффициентов $b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{123}$		Без учета коэффициентов $b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{123}$
	Y_i	$Y_{расч.i}$	$Y_{расч.i}$	Y_i	$Y_{расч.i}$	$Y_{расч.i}$
1	194	194	195,5	148	148	149,5
2	200	200	199,5	154	154	153,5
3	193	193	192,5	147	147	146,5
4	198	198	196,5	152	152	150,5
5	192	192	192,5	146	146	146,5
6	195	195	196,5	149	149	150,5
7	197	197	195,5	151	151	149,5
8	199	199	199,5	153	153	153,5

Проверка адекватности уравнения регрессии. Проверка гипотезы об адекватности уравнения регрессии производится по результатам сравнения дисперсий и неоднородности:

– дисперсия неадекватности определяется из выражения

$$S_a^2 = \frac{1}{(N-L)} \sum_{i=1}^N (Y_{ip} - Y_{iэ}), \quad (3.19)$$

где Y_{ip} и $Y_{iэ}$ – расчетные и экспериментальные значения сменной производительности автомобиля-самосвала; L – число значимых коэффициентов регрессии, не считая b_0 ;

– дисперсия неоднородности определяется из выражения

$$S_y^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{yi}^2. \quad (3.20)$$

Проверка адекватности математической модели проверяется по F – критерию Фишера, определяемого из отношения

$$F_p = S_a^2 / S_y^2. \quad (3.21)$$

Если это условие не выполняется, их нужно поменять местами.

Критическое значение $F_{кр}$ находят из таблицы распределения Фишера по числу степеней свободы числителя $f = K(N - L)$, знаменателя $f = N(K - 1)$ и уровню значимости q . Если $F_p > F_{кр}$, гипотеза об адекватности отклоняется.

Статистическая обработка результатов. Для проверки воспроизводимости опытов по критерию Кохрена [50] при выбранном уровне значимости $q = 0,05$ вычислим среднее значение и дисперсию исследуемого параметра в каждой точке факторного пространства. Получаемые результаты, после составления МФЭ и проведения рандомизированных опытов, сведем в табл. 3.9 и 3.10.

Таблица 3.9 – Результаты расчётов – БелАЗ-7540В

№	Номер опыта			X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_i	S_y^2				
	1	2	3																	
1	5	8	2	+	−	−	−	+	+	+	−	185	186	181	184	7				
2	6	4	5	+	+	−	−	−	−	+	+	193	191	186	190	13				
3	2	5	1	+	−	+	−	−	+	−	+	180	184	185	183	7				
4	8	2	8	+	+	+	−	+	−	−	−	188	190	186	188	4				
5	4	6	3	+	−	−	+	+	−	−	+	181	185	180	182	7				
6	7	3	4	+	+	−	+	−	+	−	−	183	184	188	185	7				
7	3	1	7	+	−	+	+	−	−	+	−	191	186	184	187	13				
8	1	7	6	+	+	+	+	+	+	+	+	193	188	186	189	13				
$\sum_{i=1}^N y_{ij}$				1568		16	6,0	-2,0	-2,0	-6,0	12	0,0	Критерий Кохрена $G_p = 0,18$ $G_{кр} = 0,5157$ ($f_1 = 2, f_2 = 8, q = 0,05$) Вывод: дисперсия однородна							
Критерий Стьюдента $f=16, q = 0,05,$ $t_{кр} = 2,12$				b_i	196,0	2,0	0,75	-0,25	-0,25	-0,75	1,5	0,0					Критерий Фишера $q = 0,05, f_2 = 16$			
				t_i	502,7	5,4	2,0	-0,7	-0,7	-2,0	4,1	0,0								
				Вывод	зн	зн	нз	нз	нз	нз	зн	нз	Вывод							
Линейная ММ $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$												ММ неадекватна								
Нелинейная ММ $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_{23} X_2 X_3$												ММ адекватна								
Математическая модель в натуральном масштабе: $\Pi_c = 1047 + 0,4 \cdot M_{cp} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D$, где M_{cp} – масса перевозимого груза, т; f_k – коэффициент сопротивления качению колес; k_D – обобщенный динамический коэффициент неровности дороги.																				

Таблица 3.10 – Результаты расчётов – SHACMAN-SX3256DR384

№	Номер опыта			X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	$X_1 X_2 X_3$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_i	S_y^2				
	1	2	3																	
1	5	8	2	+	−	−	−	+	+	+	−	119	120	115	118	7				
2	6	4	5	+	+	−	−	−	−	+	+	127	125	120	124	13				
3	2	5	1	+	−	+	−	−	+	−	+	114	118	119	117	7				
4	8	2	8	+	+	+	−	+	−	−	−	122	124	120	122	4				
5	4	6	3	+	−	−	+	+	−	−	+	115	119	114	116	7				
6	7	3	4	+	+	−	+	−	+	−	−	117	118	122	119	7				
7	3	1	7	+	−	+	+	−	−	+	−	125	120	118	121	13				
8	1	7	6	+	+	+	+	+	+	+	+	127	122	120	123	13				
$\sum_{i=1}^N y_{ij}$				1200		16	6,0	-2,0	-2,0	-6,0	12	0,0	Критерий Кохрена $G_p = 0,18$ $G_{кр} = 0,5157$ ($f_1 = 2, f_2 = 8, q = 0,05$) Вывод: дисперсия однородна							
Критерий Стьюдента $f=16, q = 0,05,$ $t_{кр} = 2,12$				b_i	150	2,0	0,75	-0,25	-0,25	-0,75	1,5	0,0					Критерий Фишера $q = 0,05, f_2 = 16$			
				t_i	324,3	5,4	2,0	-0,7	-0,7	-2,0	4,1	0,0								
				Вывод	зн	зн	нз	нз	нз	нз	зн	нз	Вывод							
Линейная ММ $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$												ММ неадекватна								
Нелинейная ММ $Y = b_0 + b_1 X_1 + b_{23} X_2 X_3$												ММ адекватна								
Математическая модель в натуральном масштабе: $\Pi_c = 973,3+0,4 \cdot M_{cp} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D$, где M_{cp} – масса перевозимого груза, т; f_k – коэффициент сопротивления качению колес; k_D – обобщенный динамический коэффициент неровности дороги.																				

Выводы по главе 3

1. Обоснованы цели и задачи экспериментального исследования.
2. Разработаны теоретико-методические подходы и методика оценки качества функционирования системы ВАДС и повышения ее эффективности в горных условиях.
3. Разработан алгоритм оценки и повышения эффективности системы ВАДС, который предусматривает анализ фактического уровня и изыскания путей повышения эффективности системы с учетом суровых горных условий.
4. Предложена информационно-измерительная система для оценки энергетической эффективности транспортного процесса, которая комплексно поддерживая рекомендуемые параметры транспортного процесса, способствует мониторингу и повышению эффективности транспортного процесса, осуществляемого в горных условиях.
5. На основе планирования эксперимента и обработки полученных результатов сформулированы математические модели сменной производительности в виде уравнений регистрации для большегрузных автомобилей-самосвалов БелАЗ-7540В и SHACMAN-SX3256DR384 в натуральном масштабе.

Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС

4.1 Результаты исследований основных технико-эксплуатационных показателей системы ВАДС и ее компонентов

При разработке (формировании) теоретических основ оценки и повышения эффективности системы ВАДС с учетом ее функционирования в горных условиях были обоснованы влияния отдельных компонентов и подсистем на формирование эффективности системы. Эффективность системы ВАДС можно рассматривать как отношение полезно выполненной работы к затратам, необходимым для ее осуществления (затраты времени и денежных средств, энергетические и материальные затраты и др.). При этом, в качестве полезно выполненной работы можно рассматривать сменную или часовую производительность грузоперевозок, а в качестве затрат – затраты времени, полученные на основе хронометражных наблюдений. Для автомобилей-самосвалов SHACMAN-SX3256DR384 и БелАЗ-7540В средние скорости движения в горных карьерах составляли соответственно 16,3 и 11,3 км/ч. Коэффициенты использования времени основной работы самосвалов по результатам испытаний составляли соответственно 83,0 и 79,2%. При этом, были получены производительности грузоперевозок за смену для указанных автомобилей-самосвалов 304,8 и 239,2 т/см соответственно при продолжительности смены работы равной 11 ч. Баланс времени работы автомобилей-самосвалов, полученный для условий горных карьеров при строительстве Рогунской ГЭС, представлен в табл. 4.1.

Экспериментальные данные по основным технико-эксплуатационным показателям системы ВАДС и по ее компонентам представлены в табл. 4.2. Данные получены при функционировании системы ВАДС в условиях горных карьеров строительства Рогунской ГЭС.

В теоретических предпосылках было сделано предположение о том, что входные показатели, принятые в качестве значимых факторов при обосновании основных технико-эксплуатационных параметров системы, имеют

вероятностную природу и обуславливают стохастичность выходного параметра – эффективности системы ВАДС в горных условиях. На основе результатов экспериментальных исследований и статистической обработке опытных данных определены математические ожидания, среднеквадратичное отклонение, коэффициент вариации, а также вероятность согласия эмпирических и теоретических распределений эффективности системы ВАДС.

Таблица 4.1 – Баланс времени работы автомобилей-самосвалов при перевозке горной массы по маршруту №10 с длиной плеча 11 км

Показатели времени	SHACMAN-SX3256DR384 с МТ		БелАЗ-7540В с ГМТ	
	ед. изм., ч	%	ед. изм., ч	%
Время основной работы	9,14	83,0	8,71	79,2
Общее время на погрузку и разгрузку:				
– время на погрузку	0,98	8,9	0,84	7,6
– время на разгрузку	0,36	3,3	0,27	2,4
Время на одну езду:				
– время движения с грузом	4,60	41,8	4,67	42,4
– время движения без груза	3,20	29,1	2,93	26,7
Время на холостые переезды	0,26	2,4	0,41	3,7
Время на ЕО	0,40	3,6	0,60	5,5
Время отдыха	1,00	9,1	1,00	9,1
Время на устранение технических неисправностей	0,20	1,8	0,28	2,6
Итого: сменное время	11,00	100	11,00	100

Эмпирические характеристики распределения эффективности системы ВАДС устанавливались по методу Романовского В.И., результаты которых свидетельствуют о том, что эмпирические характеристики распределения

эффективности системы в горных условиях хорошо согласуются с теоретическим законом распределения Гауссаа.

Таблица 4.2 – Основные технико-эксплуатационные показатели системы ВАДС и ее компонентов

Показатель	SHACMAN-SX3256DR384 с МТ		БелАЗ-7540В с ГМТ	
	ед. изм.	значение показателя	ед. изм.	значение показателя
1	2	3	4	5
Температура воздуха	°С	+28	°С	+28
Давления воздуха	мм. рт. ст.	614	мм. рт. ст.	614
Высота н.у.м.	м	1050-1180	м	1050-1180
Категория сложности маршрута	–	III	–	III
Средний уклон дороги	град	4,2	град	4,2
Коэффициент сцепление дороги	–	0,48	–	0,48
Неровность дороги	см	180	см	180
Категория водителя	–	III	–	III
Стаж работы водителя	лет	6	лет	8
Техническое состояние автомобиля	–	Соответствует техническим условиям	–	Соответствует техническим условиям
Срок службы автомобиля	лет	2	лет	2
Средняя скорость движения автомобиля за езду	км/ч	16,3	км/ч	11,3

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
Грузоподъемность	т	25	т	30
Полная масса автомобиля с грузом	т	39,13	т	52,8
Снаряжённая масса автомобиля	т	14,13	т	22,9
Длина плеча грузоперевозки	км	10,6	км	10,6
Норма путевого расхода топлива*	л/(100 км)	81	л/(100 км)	132
Фактический путевой расход топлива	л/(100 км)	120,4	л/(100 км)	185,8
Фактический транспортный расход топлива за езду	л/(100 ткм)	4,8	л/(100 ткм)	6,2
Количество рейсов в смену	шт	12	шт	8
Вид трансмиссии	—	механи- ческая	—	гидромеха- ническая
Вид груза	—	гравий	—	гравий
Плотность груза	т/м ³	2,3	т/м ³	2,3
Средняя масса груза	т	25,4	т	29,9
Сменная производительность	т/см	304,8	т/см	239,2
Продолжительность смены	ч	11	ч	11
Эффективность системы ВАДС**	%	26,6	%	31,0

* – по существующим нормативам [177];

** – по результатам исследований автора [336].

Вероятности согласия эмпирических и теоретических кривых распределения, рассчитанное по критерию χ^2 составляли: $P(\chi^2) = 0,30 \dots 0,93$ – для системы ВАДС с автомобилем SHACMAN-SX3256DR384, оснащенной

механической трансмиссией (МТ) и $P(\chi^2) = 0,32 \dots 0,90$ – для системы ВАДС с автомобилем БелАЗ-7540В, оснащенный гидромеханической трансмиссией (ГМТ)

По результатам дорожных экспериментов получены вероятностно-статистические оценки энергетических показателей автомобиля, показатель качества дороги или обобщающий динамический коэффициент дороги (k_D), а также оценочный показатель эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных карьерных условиях в зависимости от высоты (h) н.у.м. и коэффициента грузоподъемности k_{gp} автомобиля (в табл. 4.3 и 4.4).

Таблица 4.3 – Оценочные показатели отдельных компонентов и эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных карьерных условиях, в зависимости от высоты н. у.м. и коэффициента грузоподъемности автомобиля SHACMAN-SX3256DR384

h , м	k_{gp}	m , т	V , км/ч	N_e , кВт	Q_l , л/(100км)	k_D	P_{cm} , т/см.	$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$
1050	0,72	18	18,0	165,2	92,4	0,122	214	0,285
	0,92	23	16,5	186,0	96,5	0,122	239	0,302
	1,12	28	14,2	215,1	100,6	0,122	213	0,273
1100	0,72	18	17,5	164,3	93,3	0,125	212	0,280
	0,92	23	16,2	184,5	97,8	0,125	238	0,296
	1,12	28	14,0	213,7	101,9	0,125	210	0,268
1150	0,72	18	17,1	162,9	94,5	0,127	209	0,275
	0,92	23	15,8	183,8	99,3	0,127	233	0,289
	1,12	28	13,4	212,6	103,4	0,127	207	0,262

Таблица 4.4 – Оценочные показатели отдельных компонентов и эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных карьерных условиях, в зависимости от высоты н. у.м. и коэффициента грузоподъемности автомобиля БелАЗ-7540В

h , м	k_{ep}	m , т	V , км/ч	N_e , кВт	Q_l , л/(100км)	k_D	P_{cm} , т/см.	$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$
1050	0,7	24	14,1	175,6	142,1	0,122	260	0,296
	0,9	29	11,3	210,0	145,3	0,122	285	0,310
	1,1	34	10,9	235,4	159,2	0,122	258	0,282
1100	0,7	24	13,6	171,8	143,4	0,125	258	0,288
	0,9	29	11,0	204,9	146,7	0,125	282	0,305
	1,1	34	10,5	230,2	161,8	0,125	256	0,276
1150	0,7	24	13,3	166,7	145,3	0,127	255	0,283
	0,9	29	10,4	179,3	147,8	0,127	279	0,294
	1,1	34	10,1	225,4	163,4	0,127	252	0,266

Из анализа данных, представленных в табл. 4.3 и 4.4 следует, что с повышением высоты h н.у.м. наблюдается снижение скорости движения автомобиля-самосвала V . С ростом высоты н.у.м на 100 м наблюдается снижение эффективной мощности ДВС N_e и повышение линейного расхода топлива Q_l примерно на 1,0 ... 1,2%. При этом рост высоты н.у.м приводит к более интенсивному снижению сменной производительности и эффективности системы ВАДС, что составляет примерно 3 ... 4%.

В условиях горных карьеров эффективность системы ВАДС формируется под влиянием большого разнообразия факторов и его значение колеблется в широких пределах. Эмпирические и теоретические распределения частот эффективности системы ВАДС в горных условиях представлены на рис. 4.1 и 4.2.

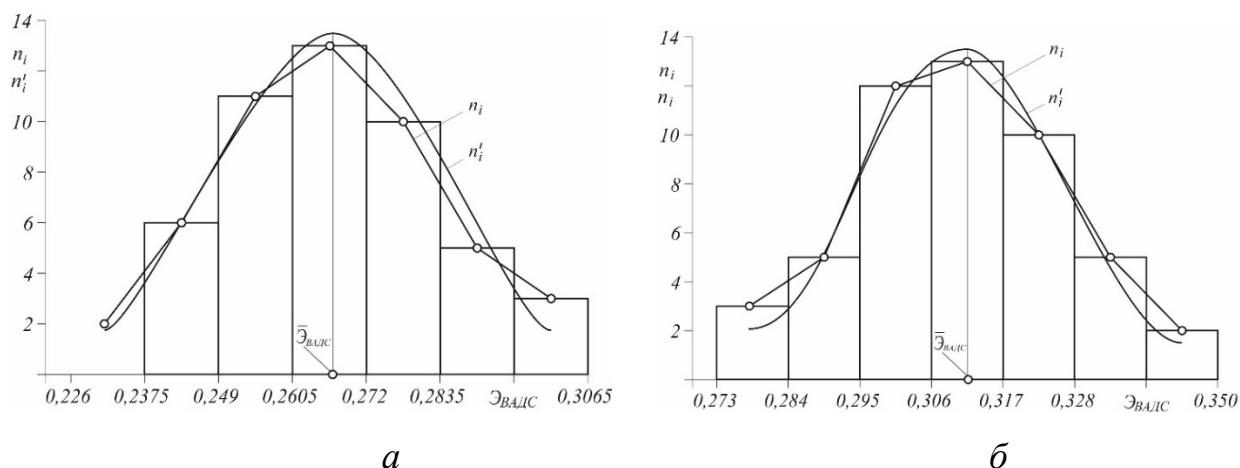


Рисунок 4.1– Эмпирические и теоретические кривые распределения частот эффективности системы ВАДС: а) с автомобилем SHACMAN-SX3256DR384, оснащенным с МТ: $\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = 0,252$; $\sigma_{\mathcal{E}} = 0,017$; $\nu = 6,3\%$; $P(\chi^2) = 93\%$; б) с автомобилем БелАЗ-7540В, оснащенным с ГМТ: $\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = 0,31$; $\sigma_{\mathcal{E}} = 0,0162$; $\nu = 5,2\%$; $P(\chi^2) = 90\%$.

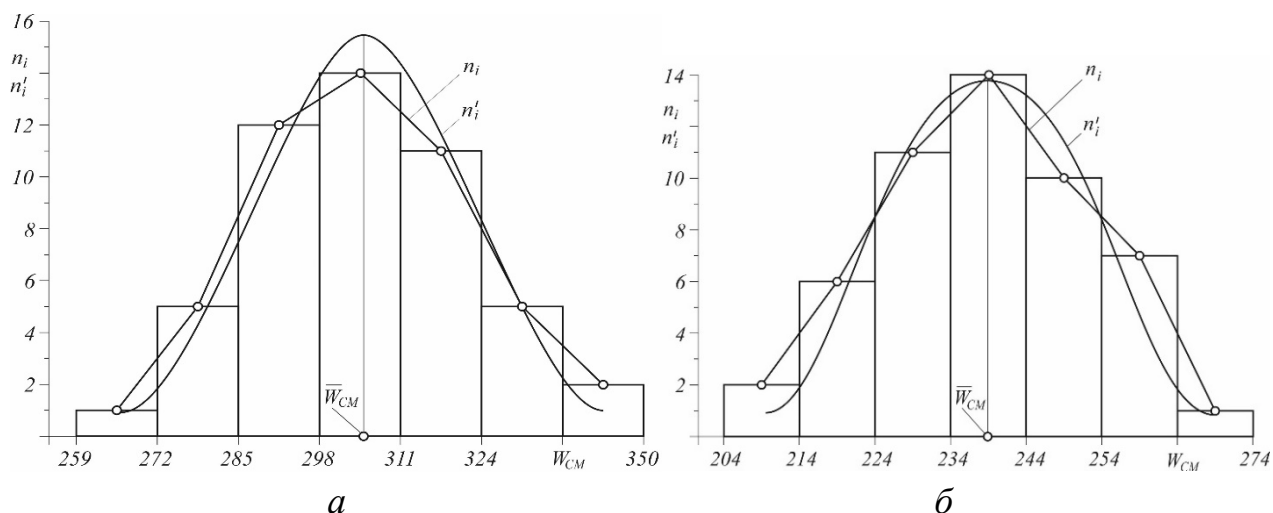
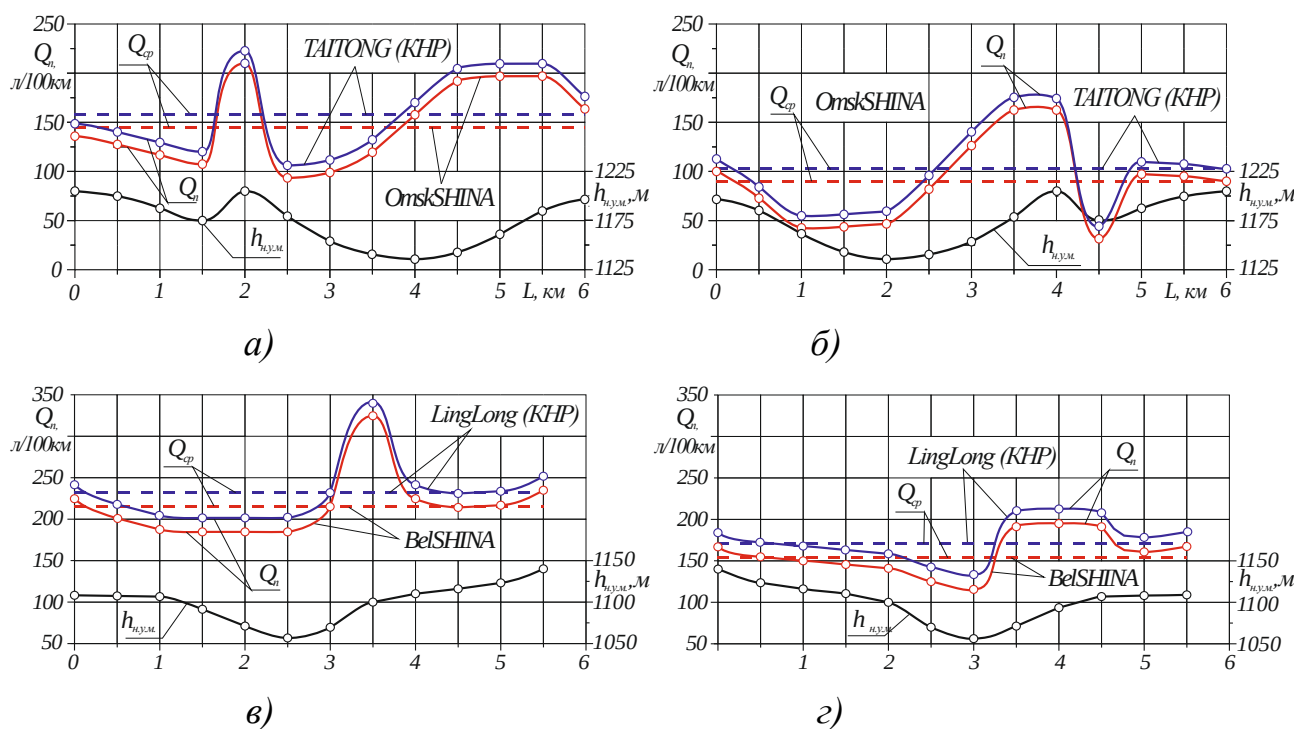


Рисунок 4.2 – Эмпирические и теоретические кривые распределения частот сменной производительности: а) автомобилем SHACMAN-SX3256DR384, оснащенным с МТ: $W_{\text{CM}} = 305$ т/см; $\sigma_{\mathcal{E}} = 16,8$ т/см; $\nu = 5,5\%$; $P(\chi^2) = 90\%$; б) автомобилем БелАЗ-7540В, оснащенным с ГМТ: $W_{\text{CM}} = 239$ т/см; $\sigma_{\mathcal{E}} = 13,2$ т/см; $\nu = 5,6\%$; $P(\chi^2) = 67\%$.

Результаты обработки данных хронометражных наблюдений показывают, что эмпирические характеристики распределения рабочих ходов агрегатов хорошо согласуется с теоретическим нормальным законом распределения.

Вероятности согласия распределений частот времени рабочих ходов $P(X^2)$ находятся в пределах 0,63 ... 0,93. При этом коэффициенты их вариаций изменяются в пределах $\nu = 5,2 \dots 6,3\%$.

Важным энергетическим фактором, определяющим эффективность системы, является линейный расход топлива, данные по которому получены в процессе лабораторных и дорожных экспериментов. Экспериментальные данные получены с учетом геометрии дороги в плане и профиле, неровности дорожного полотна, а также с учетом особенностей, монтируемых автомобильных шин. На рисунке 4.3 представлены зависимости путевого расхода топлива автомобилями-самосвалами SHACMAN-SX3256DR384 и БелАЗ-7540В, эксплуатируемых на строительстве Рогунской ГЭС при движении автомобилей с грузом и без груза.



Риснок 4.3 – Зависимость линейного расхода топлива автомобилями-самосвалами SHACMAN-SX3256DR384 (а, б) и БелАЗ-7540В (в, г) от изменения высоты н.у.м. на строительстве Рогунской ГЭС при движении автомобилей с грузом (а, в) и без груза (б, г): $h_{н.у.м.}$ – высота н. у. м.; Q_n – путевые расходы топлива по данным экспериментальных исследований; Q_{cp} – средние значения путевого расхода топлива

При проведении экспериментальных исследований руководствовались требованиями, предусмотренными в ГОСТ 20306-90 [54].

Условия экспериментальных исследований выбирались согласно требованиям ГОСТ Р 58137-2018.

Экспериментальные данные по линейному расходу топлива получены для большегрузных автомобилей-самосвалов SHACMANSX3256DR384 и БелАЗ-7540В на маршрутах с длинами плеч 6000 и 5500 м на высотах от 1000 до 1250 метров н.у.м. При этом, максимальный уклон дороги составлял 6%, а коэффициент сцепления на отдельных участках маршрута равнялся 0,5 - 0,6 (для сухой грунтовой дороги).

На рисунке 4.4 представлены графики изменения путевого расхода топлива за одну езду автомобилей-самосвалов SHACMANSX3256DR384 и БелАЗ-7540В, эксплуатируемых в условиях строительства Рогунской ГЭС.

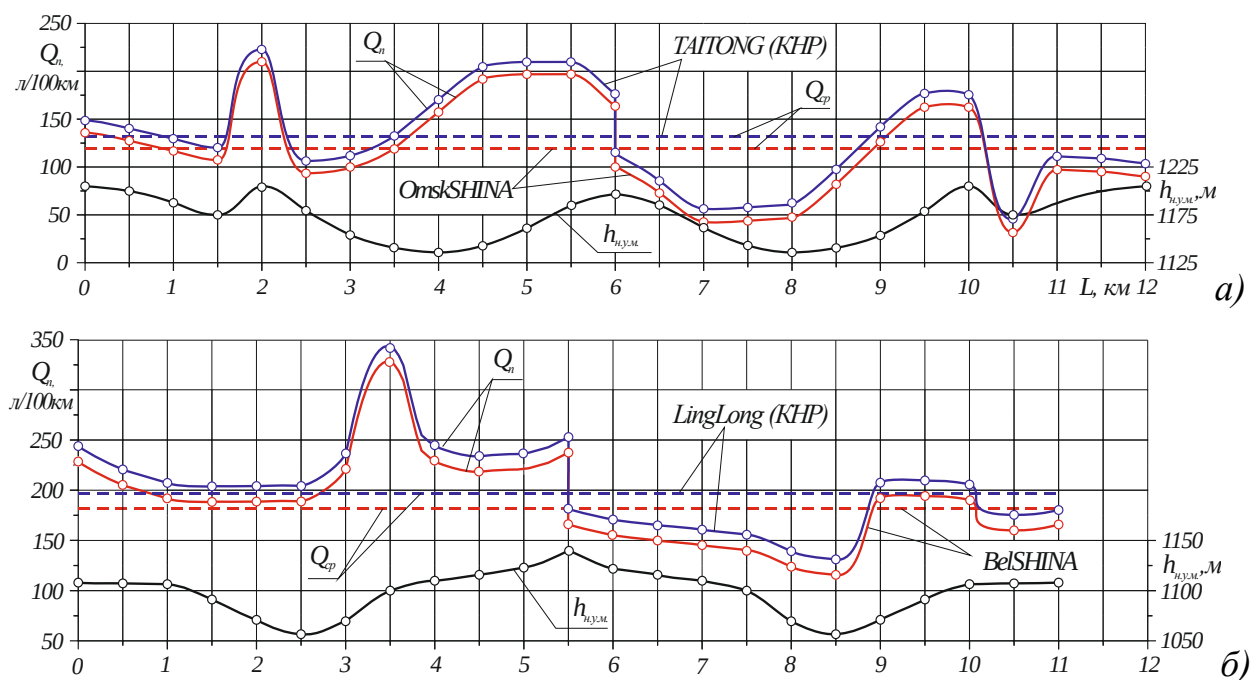


Рисунок 4.4 – Зависимость путевого расхода топлива автомобилями-самосвалами SHACMAN-SX3256DR384 (а) и БелАЗ-7540В (б) от условий эксплуатации на строительстве Рогунской ГЭС за одну езду: $h_{н.у.м.}$ – высота н.у. м., Q_n – путевой расход топлива по данным экспериментальных исследований; Q_{cp} – среднее значение путевого расхода топлива за одну езду

На основе лабораторно-дорожных и хронометражных испытаний установлены относительное изменение основных технико-экономических показателей автомобиля (мощность автомобиля – N , производительность автомобиля – W и линейный расход топлива – Q_l), а также изменение динамического коэффициента неровности дороги k_d в зависимости от высоты н.у.м. (рис. 4.5).

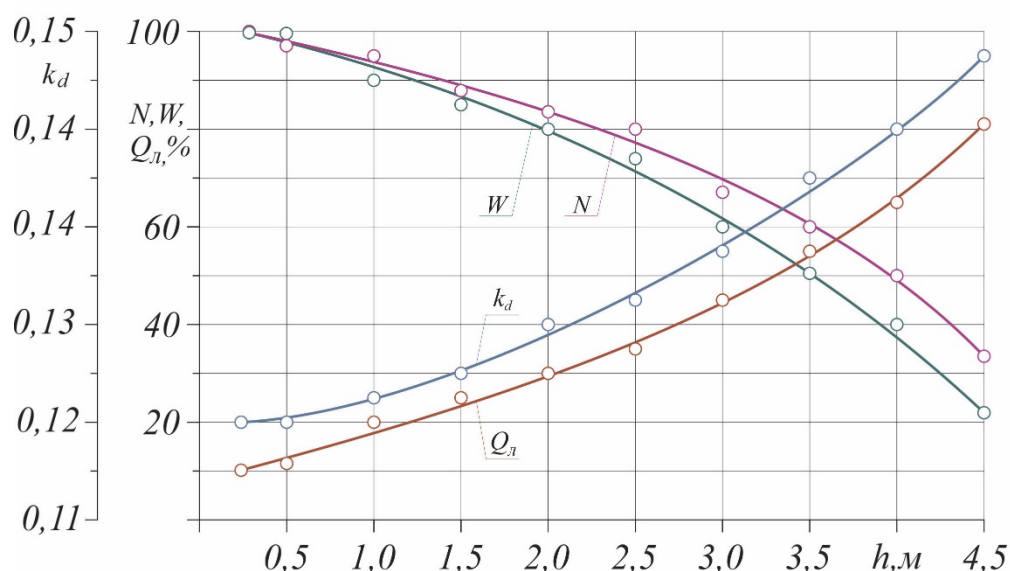


Рисунок 4.5 – Зависимость относительного изменения основных технико-экономических показателей автомобиля (мощности – N , производительности – W и линейного расхода топлива – Q_l), а также изменения динамического коэффициента неровности дороги k_d в зависимости от высоты н.у.м.

Как видно из графика изменение названных показателей автомобиля и дороги в зависимости от высоты н.у.м. хорошо согласуется с показательной функцией с показателем степени более 1.

В реальных условиях эффективность функционирования системы ВАДС формируется под комплексным и одновременным сочетанием нескольких факторов. В качестве факторов, значимо влияющих на формирование эффективности функционирования системы ВАДС, можно принимать стаж работы водителя (C_m), срок службы автомобиля (C_c), неровность дороги (H), температура воздуха. На рисунке 4.6 представлены графики зависимости

влияния названных факторов совместно с высотой н.у.м. на формирование относительной эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях эксплуатации автомобилей – самосвалов.

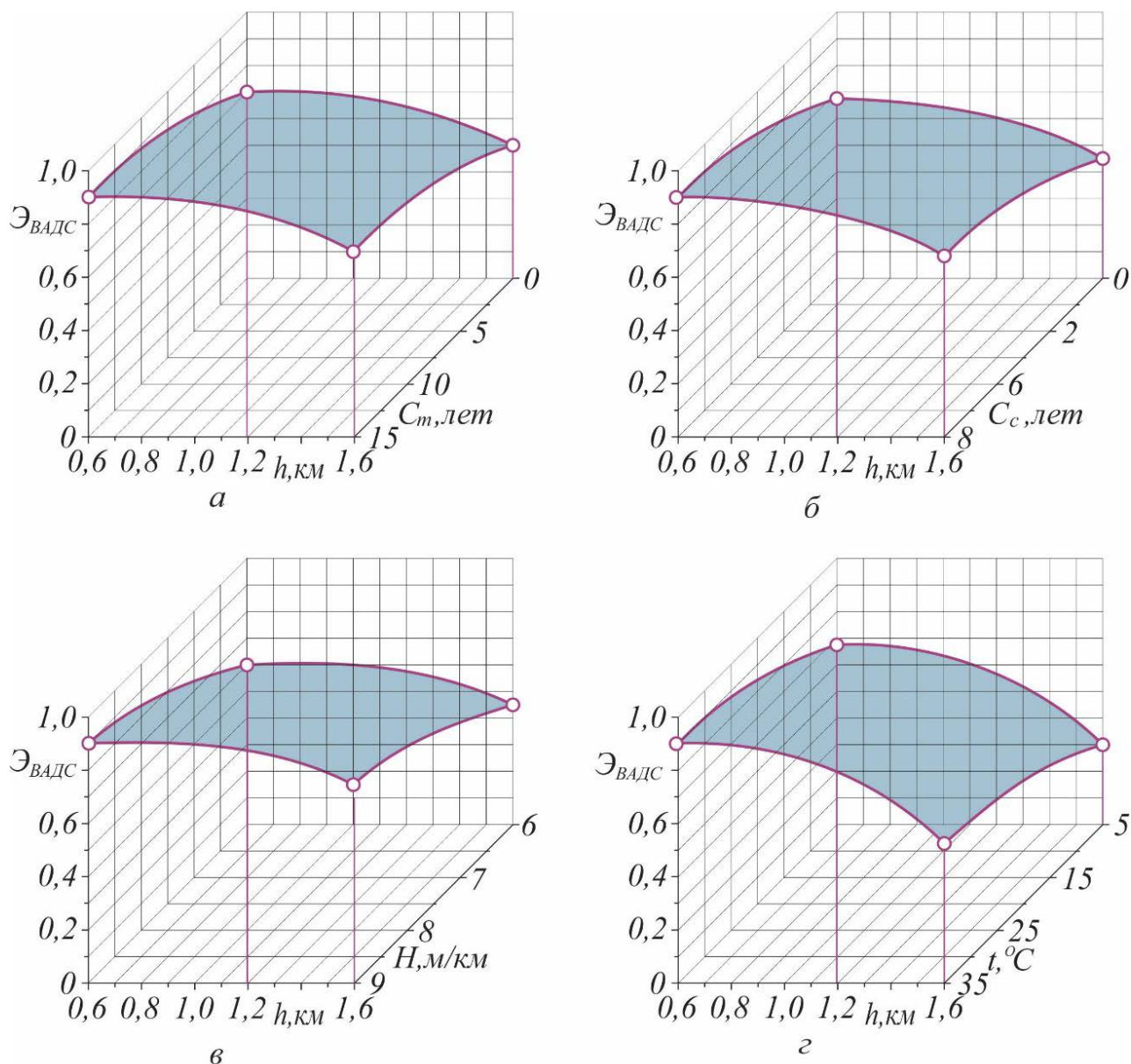


Рисунок 4.6 – Зависимости относительной эффективности системы ВАДС в горных условиях эксплуатации грузовых автомобилей – самосвалов от: высоты н.у.м. и стажа работы водителя (а); высоты н.у.м. и срока службы автомобиля (б); высоты н.у.м. и неровности дороги (в), а также высоты н.у.м. и температуры окружающей среды (г)

Из анализа представленных графиков можно заключить об явной эмерджентной (неаддитивной) природе функционирования системы ВАДС в

горных условиях. При этом, следует отметить, что из перечисленных факторов наибольшее влияние на эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях, совместно с высотой н.у.м., оказывает неровность дороги, приблизительно одинаковое влияние оказывают стаж работы водителя и срок службы автомобиля при надлежащем уровне проведения ТО и ремонта. Меньше других факторов, на эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях, в сочетании с высотой н.у.м. оказывает влияние температура окружающей среды.

Более укрупненно эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях целесообразно оценивать по отдельным её элементам. Для этого экспериментальные данные для различных высот над уровнем моря получены по методике, согласно которой изменение эффективности отдельного элемента системы определены при постоянстве других (рис. 4.7).

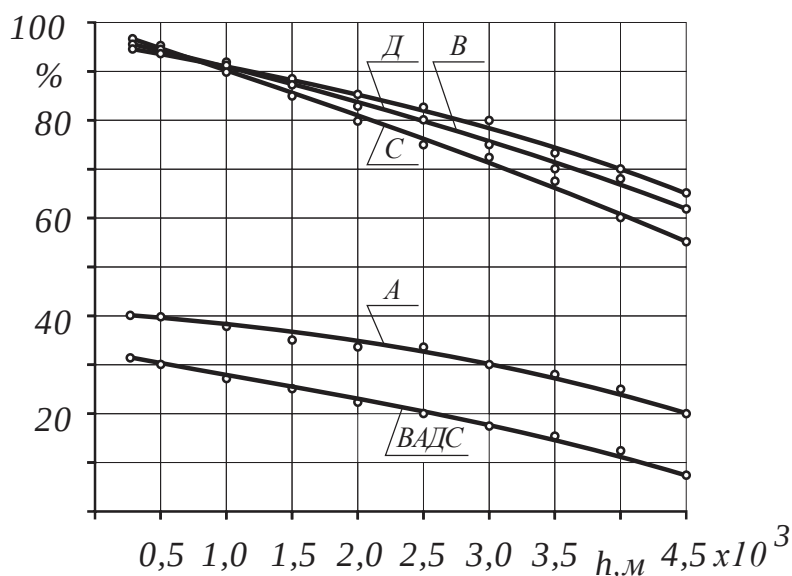


Рисунок 4.7 – Изменение эффективности функционирования системы ВАДС и ее элементов в зависимости от высоты н.у.м.

Из анализа данных, приведенных зависимостей, автомобиль, являясь системообразующим элементом, оказывает наибольшее влияние на формирование эффективности функционирования системы ВАДС. В горных условиях следом за автомобилем по значимости в формировании эффективности

функционирования системы ВАДС располагаются среда, дорога и водитель. При этом все кривые, характеризующие изменение эффективности функционирования системы ВАДС и её элементов, согласуются с показательной зависимостью при показателе выше единицы.

4.2 Повышение эффективности системы ВАДС путем снижения ее сложности

Системы принято делить на простые, сложные и сверхсложные. Особое место среди всех видов систем занимают сложные системы. К ним относятся системы самой различной природы, начиная от космических и микроскопических объектов, завершая животными, людьми и обществом. По отношению к сложным системам в обществе приходится разрешать три группы проблем:

- анализ свойств и поведения системы в зависимости от ее структуры и значения параметров;
- выбор структуры и значений параметров исходя из свойств системы;
- конструирование сложных систем.

Система ВАДС состоит из естественных, естественно-искусственных, социально-биологических элементов, относящихся к разным типам и обладающим разнородными связями между собой. Сложность системы понимается как объективное, так и субъективное явление. Объективная сложность присуща системам независимо от познающего их субъекта, субъективная обусловлена характером восприятия системы субъектом, зависит от недостаточности знаний и интеллекта. Эти два типа сложности тесно взаимодействуют друг с другом, особенно тогда, когда та или иная система только включается в познавательный процесс. При этом базисной основой выступает объективная сложность системы.

Сложность системы ВАДС обусловлена тем, что она состоит из сложных подсистем:

– водитель – это само по себе сложная система, которая состоит из таких сложных элементов, как человеческий мозг, нервная система, система кровообращения и т.п.;

– автомобиль – тоже сложная система, в свою очередь, состоящая из ряда не менее сложных элементов, таких как ДВС со сложной энергосистемой, электронная система и др.;

– автомобильная дорога, объединяющая в себя такие сложные элементы как дорожные коммуникационные системы, дорожная инфраструктура, транспортные системы;

– среда, включающая с себя такие сложные элементы как климат, экосистема и живые организмы.

Следовательно, система ВАДС – это, однозначно, сложная система, состоящая из множества сложных компонентов, которые могут взаимодействовать друг с другом.

Это обстоятельство является лишним доказательством несомненной сложности системы ВАДС.

Сложные системы – это такие системы, поведение которых сложно моделировать из-за зависимостей, конкуренции, взаимоотношений или других типов взаимодействий между их частями или между данной системой и ее окружением.

Установление уровня сложности системы ВАДС имеет большое значение для оценки и управления эффективностью ее функционирования.

Оценка эффективности сложной системы ВАДС обусловлено тем, что сложно моделировать ее функционирование, особенно в горных условиях. Это обстоятельство связано разнообразием зависимостей и взаимодействием между элементами системы, и их непостоянством. Следовательно, поведение системы не может быть легко выведено из ее свойств. Любой подход к моделированию, который игнорирует такие трудности или характеризует их как шум, обязательно приведет к созданию моделей, которые не являются ни точными, ни полезными. До сих пор не полностью разработана общая теория сложных систем для

решения проблем, связанных с оценкой и управлением эффективности функционирования системы ВАДС, поэтому исследователи должны решать их в контексте конкретной предметной области. Исследователи сложных систем, в том числе системы ВАДС, подходят к решению данных проблем, рассматривая главную задачу моделирования как захват, а не уменьшение сложности или упрощение соответствующих систем, представляющих интерес. В связи с вышеизложенными аргументами, вопросы оценки и управления эффективностью сложных систем путем их упрощения является актуальными и важными в решении подобных задач.

Эффективность функционирования системы ВАДС определяется из выражения

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = \mathcal{E}_B \cdot \mathcal{E}_A \cdot \mathcal{E}_D \cdot \mathcal{E}_C, \quad (4.1)$$

где $\mathcal{E}_B$, $\mathcal{E}_A$, $\mathcal{E}_D$, $\mathcal{E}_C$ – соответственно, эффективности элементов ВАДС.

Значения названных элементов системы ВАДС, установленные для условий эксплуатации автомобилей-самосвалов в горных карьерах существенно отличаются от данных для равнинных условий эксплуатации (табл.4.5).

Таблица 4.5 –Эффективности элементов системы ВАДС

Элемент системы ВАДС	Обозначение эффективности элемента системы ВАДС	Значение эффективности элемента системы ВАДС	
		для горных условий	для равнинных условий
Водитель	$\mathcal{E}_B$	0,85 ... 0,90	0,90 ... 0,95
Автомобиль	$\mathcal{E}_A$	0,35 ... 0,37	0,38 ... 0,39
Дорога	$\mathcal{E}_D$	0,87 ... 0,88	0,95 ... 0,97
Среда	$\mathcal{E}_C$	0,82 ... 0,85	0,94 ... 0,96
$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$		0,21 ... 0,25	0,30 ... 0,35

Приведенные в таблице значения эффективности управления автомобилем $\mathcal{E}_B$ связаны со снижением уровня надежности автомобиля и повышением расхода топлива при бережливом и агрессивном стиле вождения. Уровни бережливости

и агрессивности стиля вождения установлены в зависимости от стажа работы водителя.

Эффективность автомобиля установлена на основе концептуальной модели оценки эффективности системы ВАДС и разработанных в ней математических моделей с учетом энергетических затрат на функционирование системы в горных условиях.

Доля участия автомобильной дороги в формировании эффективности системы ВАДС установлена на основе значения обобщенного динамического коэффициента дороги k_D .

Эффективность среды установлена с учетом зависимости эффективной мощности двигателя от высоты н.у.м., обуславливающего производительность грузоперевозок, а также с учетом снижения надежности элементов системы в суровых горных условиях эксплуатации.

Снижение сложности системы ВАДС предполагается произвести путем исключения водителя из системы, преобразуя подсистему «водитель–автомобиль» в «беспилотный автомобиль». При этом функционирование беспилотных автомобилей, основывается на Байесовском методе синхронной локализации и создания карт (SLAM). Суть действия этих алгоритмов заключается в совмещении данных с карт и датчиков автомобиля. Эффективность функционирования беспилотных автомобилей, основанная на SLAM и методе нахождения и отслеживания передвигающихся объектов (DATMO), были созданы компанией Google, а область их применения расширяется высокими темпами. В результате исключения водителя из системы ВАДС, последняя преобразуется в систему БАДС – беспилотный автомобиль, дорога, среда. Следует отметить, что преобразованная система БАДС по функциональному назначению остается адекватным более сложной системе ВАДС.

Оценка функционирования преобразованной системы БАДС производится с помощью ряда вспомогательных систем контроля и измерения, опирающихся на наличие целого комплекса сенсоров, камер, систем спутниковой навигации и

т.д. Как правило, устанавливаются следующие датчики: система стереозрения, дальномер оптического распознавания, гироскоп или гиростабилизатор, система глобального позиционирования (например, Глонасс или GPS), а в некоторых случаях даже нейросети и машинное зрение. Таким образом, применение беспилотного автомобиля устраняет недостатки человеческого фактора и повышает надёжность транспортного средства, тем самым повышая эффективность функционирования системы.

Следующим этапом снижения сложности системы ВАДС, точнее вновь полученной или преобразованной системы БАДС, предполагается путем упрощения остальных элементов: беспилотного автомобиля, автомобильной дороги и среды, т.е. снижением их влияния на формирование эффективности системы.

Упрощение традиционного автомобиля и преобразование его в менее сложную и менее большую предполагается путем замены ДВС на электродвигатель, вследствие чего достигается значительное увеличение эффективности функционирования системы (более чем в 3 раза).

Эффективность автомобильной дороги может быть достигнуто путем своевременного и качественного проведения обслуживания дороги, обеспечения надлежащей ровности ее поверхности, а также выбором рационального маршрута передвижения.

Снижение влияния среды на эффективность функционирования системы достигается путем разработки и внедрения различных мероприятий: строительство тоннелей, галерей и др. защитных сооружений.

Эффективности элементов упрощенной системы БАДС, сниженной сложности в результате перечисленных мероприятий, представлены в табл. 4.6.

Как следует из сравнения данных приведенных в табл. 4.5 и 4.6, повышение эффективности функционирования упрощенной системы БАДС по сравнению с более сложной системой ВАДС составляет 3,3 ... 3,7 раза при перевозке горной массы в горных карьерных условиях при строительстве Рогунской ГЭС. При выполнении аналогичных транспортных процессов в

равнинных условиях превышение эффективности функционирования системы БАДС по сравнению с системой ВАДС составляет в 2,5 ... 2,7 раза. Сравнительные эффективности элементов большой и сложной системы ВАДС и упрощенной системы БАДС в горных карьерных условиях наглядно демонстрированы на рис.4.8.

Таблица 4.6 – Сравнительные значения эффективности элементов системы ВАДС после преобразования в систему БАДС и снижения ее сложности

Элемент системы БАДС	Обозначение эффективности элемента системы БАДС	Значение эффективности элемента системы БАДС	
		для горных условий	для равнинных условий
Беспилотный автомобиль	$\mathcal{E}_{BA}$	0,88 ... 0,90	0,88 ... 0,90
Дорога	$\mathcal{E}_D$	0,92 ... 0,94	0,95 ... 0,97
Среда	$\mathcal{E}_C$	0,96 ... 0,98	0,97 ... 0,98
$\mathcal{E}_{БАДС}$		0,78 ... 0,83	0,81 ... 0,86

4.3 Повышение эффективности системы ВАДС путем изменения ее компонентного состава

На основе анализа современного уровня автомобилизации и электромобилизации, обобщения опыта эксплуатации электромобилей в Республике и за ее рубежами, с учетом существующего парка электромобилей и прогнозирования тенденций его расширения, создания законодательной, нормативной, материально-технической и организационной базы для распространения сети и улучшения качества зарядных станций, импорта электромобилей и наладки их производства, сформулированы основные направления повышения эффективности системы водитель-электромобиль-дорога - среда (ВЭДС).

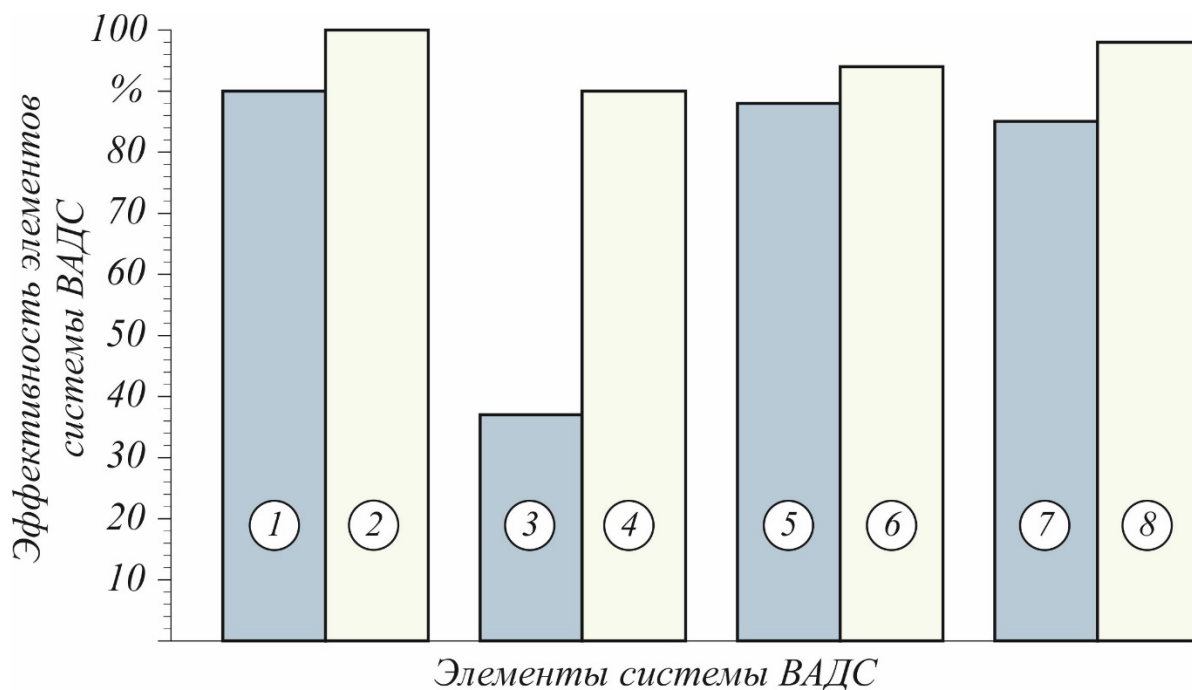


Рисунок 4.8 – Эффективность элементов системы ВАДС в горных карьерных условиях: 1,3,5 и 7 – соответственно, эффективности водителя (управления автомобилем), автомобиля, дороги и среды для большой и сложной системы ВАДС, %; 2,4,6 и 8 – соответственно, эффективности водителя (управления автомобилем), автомобиля, дороги и среды для упрощенной системы ВАДС, %

Предлагается цифровизация процессов автотранспортного сектора и подготовка высококвалифицированных кадров в области проектирования, технологии производства, эксплуатации и утилизации электромобилей, эксплуатируемых в горных и высокогорных условиях Республики.

В масштабах Республики, в связи с расширением электромобильного парка и необходимостью повышения надежности, качества и эффективности функционирования системы ВЭДС, появились некоторые проблемы технического и организационного характера, связанные с эксплуатацией электромобилей и повышением их эффективности в горных и высокогорных условиях страны.

Эффективность системы ВЭДС $\mathcal{E}_{ВЭДС}$ можно определить из выражения

$$\mathcal{E}_{ВЭДС} = \mathcal{E}_{ВЭ} \cdot \mathcal{E}_{ЭМ} \cdot \mathcal{E}_{ДЭ} \cdot \mathcal{E}_{СЭ}, \quad (4.2)$$

где $\mathcal{E}_{ВЭ}$, $\mathcal{E}_{АЭ}$, $\mathcal{E}_{ДЭ}$ и $\mathcal{E}_{СЭ}$ – соответственно, эффективности водителя электромобиля, электромобиля, дороги при езде на электромобиле, среда функционирования электромобиля.

Эффективность автомобильной дороги – это показатель того, на сколько, может снижаться стендовая мощность ДВС или электромобиля от влияния дорожных условий (геометрии и неровность дороги, вид покрытия и др.).

Эффективность среды – сложный фактор, формируемый под действием большого числа факторов, таких как температура воздуха, вид и интенсивность осадки, скорость и направление ветра, высоты н.у.м. и др.

Эффективности составляющих системы ВЭДС определяются так же, как и составляющие системы ВАДС, при этом числовые значения и пределы варьирования первых несколько отличаются от вторых.

Эффективность водителя электромобиля несколько выше, чем эффективность водителя автомобиля, что связано ограниченным участием первого в управлении электромобиля.

Эффективность электромобиля $\mathcal{E}_{ЭМ}$ можно определить как произведение КПД электродвигателя $\eta_{ЭД}$ на эффективность трансмиссии электромобиля $\eta_{трэ}$ и эффективность взаимодействия колеса с дорогой η_k , т.е.

$$\mathcal{E}_{ЭМ} = \eta_{ЭД} \cdot \eta_{трэ} \cdot \eta_k. \quad (4.3)$$

При этом, следует отметить, что КПД электродвигателя гораздо выше, чем КПД ДВС (табл.4.7).

Что касается эффективности автомобильной дороги при движении по ней электромобиля, то она определяется так же, как и при езде по ней автомобиля. При этом влияния дорожных условий на эффективность электромобиля несколько ниже, чем ее влияние на автомобиль, причиной тому является конструктивные особенности электромобиля.

Таблица 4.7 – Сравнительные значения КПД транспортных средств и их энергоустановок

Транспортное средство	Тип энергоустановки	КПД, %		
		Энерго-установки	трансмиссии	на колесе ТС
Автомобили и тракторы	Автотракторный дизель	42	90 (с механической КПП) 85-87 (с автоматической КПП)	22,5
	Автотракторный бензиновый ДВС	35	90 (с механической КПП) 85-87 (с автоматической КПП)	18
Электро-мобили	Тяговый электродвигатель	90-95	90	81-85
	Электродвигатель Tesla model S	95	98-99	94

При эксплуатации электромобиля влияние среды менее существенно, чем при эксплуатации автомобиля, т.к. температурный фактор и высота н.у.м. не способствует снижению мощности электродвигателя.

Установлено, что в целом эффективность альтернативной системы ВЭДС значительно выше по сравнению с системой ВАДС. Эта разница особенно явно выражена в горных условиях по сравнению с равнинными условиями (табл. 4.8).

Экспериментальные данные по результатам лабораторных, дорожных и хронометражных исследований, получены на основе подхода, основанной на методе исключения, т.е. по способу, при котором основные показатели элементов системы, кроме искомого, принимаются неизменными величинами для обеспечения одинаковых условий эксперимента. Например, влияние водителя на эффективность системы ВАДС определяется при постоянстве влияния других элементов системы, т.е. по схеме, приведенной в табл. 4.9.

Таблица 4.8 – Варьирование эффективности элементов систем ВАДС и ВЭДС, при функционировании их в горных условиях

Эффективность	Условное обозначение	Числовые значения	Эффективность	Условное обозначение	Числовые значения
Водителя автомобиля	$\mathcal{E}_B$	0,80...0,86	Водителя электромобиля	$\mathcal{E}_{BЭ}$	0,85...0,92
Автомобиля	$\mathcal{E}_A$	0,30...0,34	Электромобиля	$\mathcal{E}_{ЭМ}$	0,80...0,90
Автомобильной дороги	$\mathcal{E}_D$	0,83...0,86	Автомобильной дороги	$\mathcal{E}_{DЭ}$	0,86...0,90
Среды	$\mathcal{E}_C$	0,70...0,80	Среды	$\mathcal{E}_{CЭ}$	0,90...0,95
Системы ВАДС	$\mathcal{E}_{ВАДС}$	0,14...0,20	Системы ВЭДС	$\mathcal{E}_{ВЭДС}$	0,53...0,71

Таблица 4.9 – Матрица неизменности показателей элементов системы ВАДС при экспериментальных исследованиях

Эффективность элемента системы ВАДС (искомый показатель)	Элемент системы, влияние которого принимается неизменным при экспериментальном определении искомого показателя		
$\mathcal{E}_B$	B_A	B_D	B_C
$\mathcal{E}_A$	A_B	A_D	A_C
$\mathcal{E}_D$	D_B	D_A	D_C
$\mathcal{E}_C$	C_B	C_A	C_D

В табл.4.9: B_A , B_D , B_C – значимые показатели автомобиля, дороги и среды при экспериментальном определении влияния водителя автомобиля на эффективность системы ВАДС; A_B , A_D и A_C – значимые показатели водителя, дороги и среды при экспериментальном определении влияния автомобиля на эффективность системы ВАДС; D_B , D_A и D_C – значимые показатели водителя, автомобиля и среды автомобиля при экспериментальном определении влияния дороги на эффективность системы ВАДС; C_B , C_A и C_D – значимые показатели водителя, автомобиля и дороги при экспериментальном определении влияния среды на эффективность системы ВАДС.

По аналогичной методике определяются влияние отдельных элементов системы ВЭДС на ее эффективность функционирования (табл. 4.10).

Таблица 4.10 – Матрица неизменности показателей элементов системы ВЭДС при экспериментальных исследованиях

Эффективность элемента системы ВЭДС (искомый показатель)	Элемент системы, влияние которого принимается неизменным при экспериментальном определении искомого показателя		
$\mathcal{E}_{ВЭ}$	$B_{ЭМ}$	$B_{ДЭ}$	$B_{СЭ}$
$\mathcal{E}_{ЭМ}$	$A_{ВЭ}$	$A_{ДЭ}$	$A_{СЭ}$
$\mathcal{E}_{ДЭ}$	$D_{ВЭ}$	$D_{ЭМ}$	$D_{СЭ}$
$\mathcal{E}_{СЭ}$	$C_{ВЭ}$	$C_{ЭМ}$	$C_{ДЭ}$

В табл. 4.10: $B_{ЭМ}$, $B_{ДЭ}$, $B_{СЭ}$ – значимые показатели электромотоцикла, дороги и среды при экспериментальном определении влияния водителя на эффективность системы ВЭДС; $A_{ВЭ}$, $A_{ДЭ}$ и $A_{СЭ}$ – значимые показатели водителя, дороги и среды при экспериментальном определении влияния электромотоцикла на эффективность системы ВЭДС; $D_{ВЭ}$, $D_{ЭМ}$ и $D_{СЭ}$ – значимые показатели водителя, электромотоцикла и среды при экспериментальном определении влияния дороги на эффективность системы ВЭДС; $C_{ВЭ}$, $C_{ЭМ}$ и $C_{ДЭ}$, – значимые показатели водителя, электромотоцикла и дороги при экспериментальном определении влияния среды на эффективность системы ВЭДС.

Оценка и изыскания путей повышения эффективностей функционирования систем ВАДС и ВЭДС в горных и высокогорных условиях Республики Таджикистан являются одним из наиболее острых и актуальных вопросов сегодняшнего дня. При однозначной стратегической важности и значимости электромотоциклизации транспортного сектора республики вопросы, связанные с установлением рационального сочетания уровней автомобилизации и электромотоциклизации, выступает важным аспектом развития народного хозяйства страны.

Эффективность электромобиля в разы превышает эффективность автомобиля, оснащенного ДВС, экологичность электромобиля в условиях Республики Таджикистан близка к совершенству, где более 90% всей электроэнергии вырабатывается в ГЭС. Экономичность электромобиля, рассчитанная как удельные энергетические затраты, переведенные на денежную единицу, в 5-6 раз выше, чем автомобиль. Она обусловлена высоким КПД электродвигателя и трансмиссии электромобиля.

Наряду с множеством преимуществ, имеются также некоторые недостатки электромобиля, основными из которых являются ограниченный запас хода, проблемы, связанные с утилизацией тягового АКБ, недоступность зарядных устройств в горных и высокогорных регионах и др., являющиеся вопросом времени.

Таким образом, эксплуатация электромобилей и налаживание их производства в Республике являются стратегически важными направлениями, обеспечивающими энергетическую независимость страны, повышения жизненного уровня населения, доступности и культуру транспортных услуг, создание рабочих мест, развитие отечественной машиностроительной отрасли и т.д., что в целом служит существенным толчком развития прочих отраслей народного хозяйства Таджикистана.

4.4 Управление энергетической эффективностью функционирования системы ВАДС

Управление энергетической эффективностью функционирования системы ВАДС в контексте современных рыночных отношений, с учетом высокого уровня конкуренции и продолжающейся тенденция существенного роста цен на углеводородное топливо в мире является основополагающим и жизненно важным фактором для экономического роста и социального развития общества. В этих условиях обеспечение энергетической безопасности и энергоэффективности функционирования системы ВАДС становятся важной

проблемой для Таджикистана, который не отличается многообразием источников энергии, обладает значительным гидроэнергетическим потенциалом и ограниченными возможностями по углеводородному сырью. В таких условиях целесообразным является разработка методологических принципов управления эффективностью функционирования системы ВАДС и последовательное решение следующих задач:

а) оценка и анализ характерных особенностей функционирования системы ВАДС в горных условиях Республики Таджикистан;

б) обоснование системного подхода в качестве фундаментальной стратегии исследования управления эффективностью функционирования системы ВАДС;

в) разработка 3-х уровневого способа управления эффективностью функционирования системы ВАДС;

г) разработка структура управления инженерной деятельности по обеспечению эффективности функционирования системы ВАДС.

Можно утверждать, что рациональное управление транспортным процессом на основе системного подхода в горных условиях способствует значительному росту эффективности функционирования системы ВАДС.

Автомобильная транспортная система, являясь основным потребителем углеводородного энергоносителя, в тоже время поставляет десятую части налоговых поступлений в бюджет большинства стран. Для Республики Таджикистан, с ее горными и высокогорными условиями, этот показатель имеет более высокие значения и может достигать 15-20 %.

В современных условиях требуется новый подход в исследованиях рационального управления эффективностью функционирования системы ВАДС, позволяющий оперативно учитывать изменения внешней среды, адекватно реагировать на меняющееся поведение потребителей транспортных услуг, а также эффективно влиять на спрос и предложение.

Автомобиль в сложных горных и высокогорных условиях Республики Таджикистан является наиболее востребованным и массовым видом транспорта,

и системообразующим элементом системы ВАДС, оценка и повышение эффективности которого становится проблемой общегосударственной важности. Не менее важным, при этом, является выбор научного подхода (метода) – особого угла зрения на объект исследования, включающую в себя способы исследования феноменов, систематизацию, корректировку новых и полученных ранее знаний. Умозаключение и выводы делаются с помощью правил и принципов рассуждения на основе эмпирических данных об объекте исследования.

Базой для получения данных является наблюдения и эксперименты. Для объяснения наблюдаемых фактов выдвигаются гипотезы и строятся теории, на основании которых, в свою очередь, строится модель изучаемого объекта. Не является исключением из данного правила исследование вопросов, связанных с оценкой и повышением энергетической эффективности функционирования сложноорганизованной системы ВАДС. Для этой цели наиболее приемлемым является системный энергетический подход, представляющий собой общенаучный уровень методологии исследования эффективности функционирования системы ВАДС.

Системный энергетический подход является одной из фундаментальных стратегий научного исследования, логически вызванной необходимостью изучения свойств больших и сложных систем, примером которого является система ВАДС, адекватными познавательными средствами.

Функционирование системы ВАДС в горных условиях характеризуется и усугубляется неоднозначными особенностями, наиболее важными из которых являются следующие:

1. Водитель, основное назначение которого диктуется бережливым управлением автомобиля, поддержанием его в работоспособном состоянии, характеризуется различным уровнем профессиональных навыков и психофизиологических состояний.

2. Автомобиль, являясь наиболее энергопотребляемым элементом системы ВАДС, играет важную роль в формировании эффективности системы.

3. Автомобильные дороги в горных условиях отличаются низким качеством, характеризуются частыми подъемами и спусками, сложной геометрией в плане и профиле, недостаточной видимостью и др.

4. Что касается среды функционирования системы ВАДС, то, одним словом ее можно характеризовать как суровую.

Для обеспечения энергетической эффективности функционирования системы ВАДС необходимо совершенствовать подготовку и переподготовку водителей, улучшать техническое состояние транспортных средств путем совершенствования технологии и организации ТО и ремонта, повысить качество и надежность автомобильных дорог, разработать мероприятия, снижающие влияние среды эксплуатации на эффективность осуществления транспортного процесса.

Данная деятельность (рис. 4.9), с позиции системного энергетического подхода, может быть рассмотрена как последовательно осуществляемое управление на трех уровнях, конечной целью, которого является обеспечение эффективности функционирования системы ВАДС:

1-й уровень включает в себя систему законодательных актов, стандартов, регламентов, норм и правил для управления эффективностью функционирования системы ВАДС.

2-й уровень связано с непосредственной реализацией требований системы законодательных актов и нормативно-технических документов по управлению эффективностью функционирования системы ВАДС, предусмотренных на 1-ом уровне в процессах:

- подготовки и переподготовки водителей правилам бережливого управления автомобилем;
- повышения качества и надежности функционирования транспортных средств в сложных, порой суровых условиях эксплуатации;

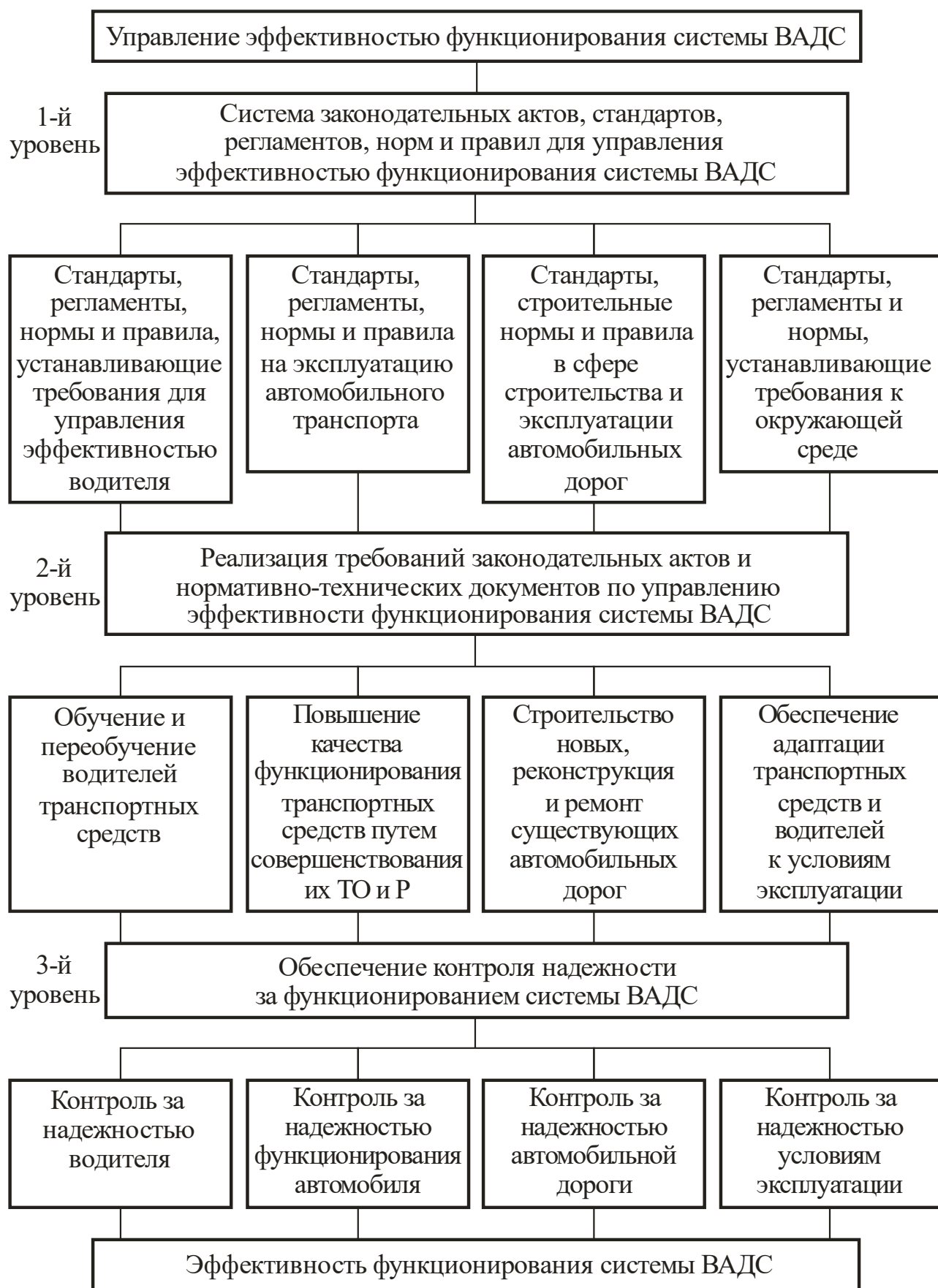


Рисунок 4.9 – Схема управления эффективностью управления системой ВАДС

– строительства новых, реконструкции и ремонта существующих автомобильных дорог;

– обеспечения адаптации транспортных средств и водителей к условиям эксплуатации.

3-й уровень предусматривает организацию контроля надежности функционирования системы ВАДС.

Инженерная деятельность по оценке и повышению энергетической эффективности функционирования системы ВАДС может быть представлена в виде следующих укрупненных блоков (рис. 4.10):

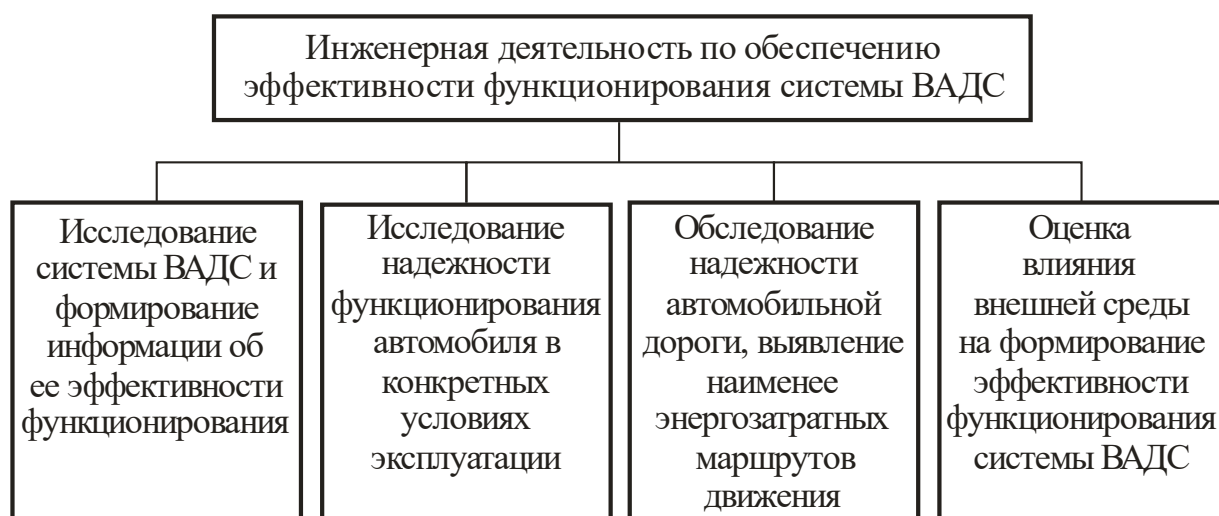


Рисунок 4.10 – Структура инженерной деятельности по обеспечению энергетической эффективности функционирования системы ВАДС

Разработка и реализация любых методов и мероприятий по оценке и повышению энергетической эффективности функционирования системы ВАДС подразумевают наличие определенных требований к ее элементам.

Оперативное управление уровнем энергетической эффективности функционирования системы ВАДС производится непрерывно при выполнении транспортных операций, а также в случае возникновения ситуаций, полностью или частично препятствующих функционированию системы, связанных с предельно низкими показателями надежности элементов системы: болезни и чрезмерная усталость водителя, отказы автомобиля и его агрегатов и узлов, потери пропускной способности участка дороги из-за аварий, повреждений

дорожной одежды и др., гололед, образование толстого слоя грязи на поверхности дороги (в горных карьерных условиях), чрезмерно высокие и низкие температуры воздуха и др.

На основе оценки и изучения функционирования системы ВАДС должны быть установлены наиболее уязвимые элементы, способствующие снижению эффективности транспортного процесса, а также проработаны пути устранения ситуаций, препятствующих эффективному функционированию системы. Реализация оперативных изменений, обуславливающих оптимизацию взаимодействий между элементами системы ВАДС с целью максимизации энергетической эффективности ее функционирования при минимальных энерго-материало-и трудовых затратах, как правило, возлагается на диспетчера, действия которого должно быть направлено на выбор оптимального пути решения, связанного с повышением эффективности системы ВАДС.

На сегодня существуют и могут быть применены в транспортной отрасли такие виды автоматической системы управления (АСУ) как: АСУ «ГОРОД-ДД», Автоматизированная система управления городским и пригородным транспортом общего пользования (АСУ ГПТ), реализованная на базе платформы системы комплексной автоматизации транспорта (СКАТ), в качестве навигационно-коммуникационной базы которой используются технологии ГЛОНАСС/GPS, АСУ-Навигация, АСДУ ГПТ «Диспетчер-0440», АСУ АТП – WDS: управление автоперевозками – автоматизация процесса управления автопарками с использованием ГЛОНАСС/GPS технологий, а также АСУ-Транспорт, в состав которого входят: АСУ-Транспорт (МТУ), АСУ-Транспорт (ЗАК), АСУ-Транспорт (ТУ), АСУ-Транспорт (АТП).

Расчетно-экспериментальным путем определены границы показателей эффективности функционирования системы ВАДС с различными видами автомобилей (легковых, автобусов и грузовых), которые в горных условиях эксплуатации варьируют в довольно широких пределах (табл. 4.11). Это свидетельствует о том, что имеются значительные возможности повышения эффективности функционирования системы ВАДС, что может быть достигнуто

рациональным управлением автотранспортного процесса в горных условиях на основе соответствующего вида АСУ.

Таблица 4.11 – Сравнительные показатели эффективности функционирования системы ВАДС для различных видов автомобилей при равнинных и горных условиях эксплуатации

Показатель	Автомобиль					
	легковой		автобус		грузовой	
	равнин- ные условия	горные условия	равнин- ные условия	горные условия	равнин- ные условия	горные условия
Производи- тельность	1,0	0,75-0,85	1,0	0,77-0,86	1,0	0,65-0,80
Расход топлива	1,0	1,10-1,40	1,0	1,12-1,25	1,0	1,10-1,60
Качество перевозок	1,0	0,82-0,90	1,0	0,85-0,95	1,0	0,90-0,95
Надежность системы ВАДС	1,0	0,75-0,85	1,0	0,75-0,85	1,0	0,70-0,80
Эффективность функциони- рования системы ВАДС	1,0	0,60-0,80	1,0	0,60-0,80	1,0	0,55-0,75

При рациональном управлении транспортным процессом в горных условиях эффективность функционирования системы ВАДС может повышаться на 10-20%, что в масштабах страны приводит к ощутимому росту налоговых поступлений в бюджет страны.

Как следует из данных таблицы доминирующим фактором, формирующим эффективность функционирования системы ВАДС являются энергетические затраты, в основном, за счет значительного завышения расхода топлива в горных условиях по сравнению с равнинной средой эксплуатации. Это обстоятельство лишний раз доказывает о том, что энергетический системный подход оценки эффективности функционирования системы ВАДС и изыскание путей ее повышения является наиболее рациональным.

Внедрение АСУ в управление транспортным процессом способствует оценке энергетической эффективности системы ВАДС путем получения объективных данных в режиме онлайн, обеспечивает техногенную, экономическую и экологическую безопасности грузоперевозок, управление движением транспортных средств на дорогах, относящихся к различным категориям, находящихся в различных состояниях и проложенных на различных высотах н.у.м.

При всем этом внедрение АСУ в транспортной отрасли наделено определенными недостатками, связанными с высоким уровнем затрат на внедрение таких систем и трудностью переобучения кадрового состава в связи применением АСУ.

4.5 Экономическая эффективность функционирования системы ВАДС

На долю автомобильного транспорта в условиях Республики Таджикистан приходится около 95% объема грузо - и пассажирооборота. Поэтому оценка эффективности функционирования системы ВАДС и изыскание путей повышения технико-экономических показателей автотранспортной системы является важным фактором в формировании экономического благосостояния страны.

Эффективность функционирования системы ВАДС на современном этапе неразрывно связана с правильным определением стратегических ориентиров в транспортной политике Республики Таджикистан, основными экономическими целями которых в рыночных условиях являются повышение эффективности системы и удовлетворение потребностей народного хозяйства страны в транспортных услугах.

Оценка эффективности функционирования системы ВАДС в условиях Республики Таджикистан обусловлено рядом обстоятельств.

Первым обстоятельством, характеризующим особенность оценки эффективности функционирования системы ВАДС – это ее сложность.

Другое обстоятельство тесно связано с условиями рыночной экономики, основанными на частной собственности, свободе выбора и конкуренции, которые опираются на личные интересы и ограничивают роль правительства, что выдвигают новые и повышенные требования к эффективности функционирования системы ВАДС.

Следующим и немаловажным обстоятельством является то, что автомобильные дороги расположены на высотах от 300 до 4655 м н.у.м. На этих высотах соответствующим образом меняются и климатические условия. Например, на высотах 300 ... 500 метров лето жаркое и сухое, с температурой в тени нередко превышающей 45°C, а высокогорные регионы Республики характеризуются холодным и суровым климатом, с температурой воздуха, достигающей ниже – 60°C.

Все эти обстоятельства, характеризующие особенности системы ВАДС и условия ее функционирования, способствуя снижению эффективности системы, предполагает необходимость разработки соответствующего подхода для оценки эффективности функционирования системы ВАДС, а по нему предполагаются определение конечных экономических показателей транспортных процессов.

Эффективность функционирования системы ВАДС, также связано со значительными затратами трудовых и материальных ресурсов на всех стадиях жизненного цикла ее отдельных элементов в конкретных условиях эксплуатации. Этим обусловлена необходимость оценки экономической эффективности функционирования системы ВАДС. Следовательно, эффективность названной системы следует рассматривать как экономическую категорию, учитывающую потребность в ресурсах на обеспечение эффективности их функционирования.

Внедрение результатов исследования обеспечивает определенный экономический эффект, который достигается в результате:

- нормирования расхода энергетических, трудовых и материальных затрат, связанных с функционированием системы ВАДС;
- учета особенностей классификационных характеристик и структурирования системы ВАДС;

– внедрения в производство транспортных процессов, предложенных методик и математических моделей эффективности функционирования системы ВАДС.

Система ВАДС широко применяется по отношению к оценке, анализу и изысканию путей повышения безопасности дорожного движения. Её также можно использовать для решения вопросов эффективности транспортного процесса. В первом случае эффективность функционирования системы ВАДС ассоциируется с эффективностью организации дорожного движения, оцениваемой с учетом комплексного влияния отдельных элементов системы. Во втором случае эффективность системы ВАДС можно свести к себестоимости грузоперевозок, точнее можно свести, но и при этом необходимо также учитывать комплексное влияние элементов системы на формирование себестоимости.

Себестоимость автомобильных перевозок – это затраты автопредприятия на выполнение перевозок, рассчитанные на единицу транспортной продукции. Себестоимость исчисляется в сомони/т, сомони/ткм, сомони /км, сомони/ч и в других единицах в зависимости от способа фиксации транспортной работы.

Себестоимость же функционирования системы ВАДС можно определить, как суммарные затраты, связанные с отдельными ее элементами. Себестоимость функционирования системы ВАДС можно исчислять в тех же единицах, что и себестоимость автомобильных перевозок, т.е. как отношение денежных затрат на единицу наработки. Кроме того, себестоимость функционирования системы ВАДС можно исчислять как отношение комплексной затраты энергии на единицу наработки, т.е. в Дж/т, Дж/ткм, Дж/км, Дж/ч и в др. единицах в зависимости от способа фиксации транспортной работы.

В связи с вышеизложенным, оценка экономической эффективности функционирования системы ВАДС предполагает суммарную экономическую эффективность отдельных элементов системы ВАДС, определяемую как отношение общих денежных $\sum C_{\text{ВАДС}}$ или энергетических $\sum E_{\text{ВАДС}}$ затрат к объему выполненной работы W автомобилем, управляемым водителем при

взаимодействии автомобильного колеса с поверхностью дороги, осуществляемого в данной среде эксплуатации, т.е.

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = \frac{\sum C_{\text{ВАДС}}}{W}, \text{ сомони/ткм}, \quad (4.4)$$

или

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = \frac{\sum E_{\text{ВАДС}}}{W}, \text{ Дж/ткм}. \quad (4.5)$$

Суммарные денежные затраты $\sum C_{\text{ВАДС}}$ отдельных элементов системы ВАДС слагаются из затрат, связанных с ее элементами, т.е.

$$\sum C_{\text{ВАДС}} = C_B + C_A + C_D + C_C, \text{ сомони}, \quad (4.6)$$

где C_B , C_A , C_D и C_C – соответственно, денежные затраты, связанные с мастерством управления автомобилем, эффективностью функционирования автомобиля, состоянием дорожного полотна (взаимодействия автомобильного колеса дорожным полотном), а также условий эксплуатации, сомони.

Суммарные энергетические затраты $\sum E_{\text{ВАДС}}$ отдельных элементов системы ВАДС слагаются из затрат, связанных с ее элементами, т.е.

$$\sum E_{\text{ВАДС}} = E_B + E_A + E_D + E_C, \text{ Дж}, \quad (4.7)$$

где E_B , E_A , E_D и E_C – соответственно, энергетические затраты, связанные с обеспечением эффективности управления автомобилем, эффективностью функционирования автомобиля, эффективностью автомобильной дороги, а также эффективностью среды, Дж.

Объем выполненной работы грузовым автомобилем определяется из произведения

$$W = Q \cdot L, \text{ ткм}, \quad (4.8)$$

где Q – масса перевозимого груза, т; L – путь, пройденный автомобилем, км.

С учетом выражений (4.8) и (4.10) формула (4.6) имеет вид

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = \frac{C_B + C_A + C_D + C_C}{W} = \frac{C_B + C_A + C_D + C_C}{Q \cdot L}, \text{ сомони/ткм}. \quad (4.9)$$

Эффективностью функционирования автомобиля определяется по себестоимости перевозки грузов. Калькуляция себестоимости автомобильных перевозок предполагает разделение издержек на переменные и постоянные

расходы. Зависят они от объема и работы. Отдельно выводят заработную плату водителей с премиями.

К переменным издержкам относятся:

- горюче-смазочные материалы;
- заработная плата с начислениями для водителей;
- административные издержки;
- шины, колеса и запасные части;
- хозяйственная продукция;
- расходы на техническое обслуживание и ремонт автомобиля;
- амортизация подвижного состава;
- средства, потраченные на восстановление транспортных средств в связи с пробегом и сроком службы.

с пробегом и сроком службы.

Постоянная статья расходов формируется из следующих показателей:

- аренда недвижимости;
- имущественный налог;
- оплата сертификатов и разрешений;
- административный фонд заработной платы;
- расходы за коммунальное обслуживание.

Себестоимость автомобильных перевозок по суммарным затратам определяется из выражения

$$C_{БСА} = (S_{пер} \times L_{общ} + S_{пос} \times АЧ_к + ЗП)/QL, \text{ сомони/ткм}, \quad (4.10)$$

где: $S_{пер}$ – переменные затраты из расчета на километр пути, сомони; $L_{общ}$ – общий пробег автомобиля, км; $S_{пос}$ – постоянные расходы на транспортное средство в час, сомони; $АЧ_к$ – количество автомобилей-часов за смену; $ЗП$ – оплата труда водителям, сомони.

Зависимости переменной и постоянной составляющих себестоимости транспортных процессов от грузоподъемности автомобиля-самосвала, эксплуатируемого в горных карьерных условиях, существенно отличаются от одноименных показателей для равнинных условий (рис. 4.11).

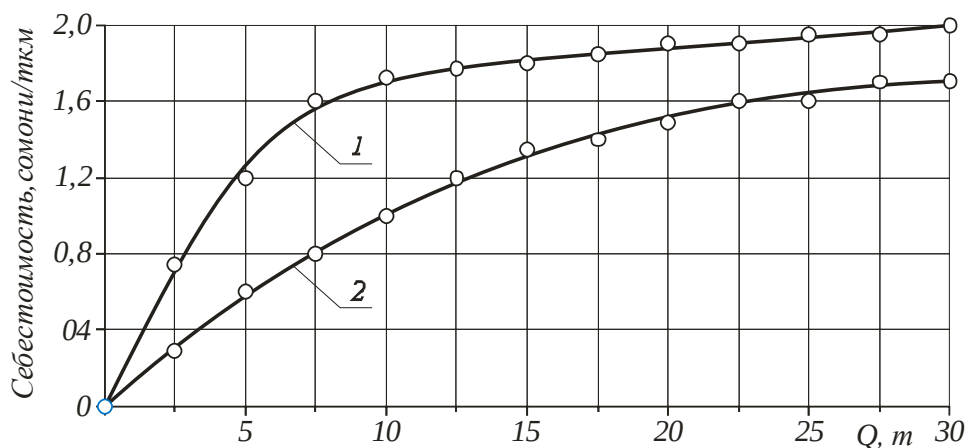


Рисунок 4.11– Зависимости переменной (1) и постоянной (2) составляющих себестоимости транспортных процессов от грузоподъемности автосамосвала, эксплуатируемого в горных карьерных условиях

Примечательно, что на итоговую себестоимость при грузоперевозках, как и на ее структуру, оказывают влияние разные внешние факторы. При этом они не зависят от деятельности транспортного предприятия и производственной среды.

Себестоимость автоперевозок по затратам, связанным с мастерством управления автомобилем, определяются из выражения

$$C_{БСВ} = (C_{ВПП} + C_{ВБ} + C_{ВИ})/QL, \text{ сомони/ткм}, \quad (4.11)$$

где $C_{ВПП}$ – затраты на подготовку и переподготовку водителя; $C_{ВБ}$ – затраты на организацию отдыха и быта водителя; $C_{ВИ}$ – затраты на приобретение, монтаж и эксплуатацию информационного оборудования.

Затраты, связанные с эффективностью автомобильной дороги $C_{БСД}$, состоят (слагаются) из затрат на строительство автомобильных дорог $C_{БСДС}$ и затрат на их эксплуатацию $C_{БСДЭ}$, т.е.

$$C_D = C_{ДС} + C_{ДЭ}, \text{ сомони}. \quad (4.12)$$

Следовательно, влияние автомобильной дороги на формирование себестоимости грузоперевозок определяется по формуле

$$C_{БСД} = \frac{C_D}{QL} = \frac{C_{ДС} + C_{ДЭ}}{QL}, \text{ сомони/ткм}. \quad (4.13)$$

Затраты на строительство автомобильных дорог в горных условиях $C_{ДСГ}$ заметно превышают затраты на строительство автомобильных дорог на равнинных условиях, и они выражаются зависимостью

$$C_{ДСГ} = k_{ДСГ} \cdot C_{ДС, \text{сомони}}, \quad (4.14)$$

где $k_{ДСГ}$ – коэффициент, учитывающий долю дополнительных затрат на строительство автомобильных дорог в горных условиях (по сравнению со строительством равнозначной дороги на равнинной местности), обусловленных сложностью и трудоемкостью выполнения дорожно-строительных работ, транспортировкой дорожно-строительных материалов, машин и оборудования, снижением показателей надежности дорожно-строительных машин и оборудования и увеличением энергозатрат на их эксплуатацию и ремонт, организацией условий проживания работников и строительством дорожной инфраструктуры.

Сложность и трудоемкость строительства автомобильных дорог в горных условиях обусловлена рядом причин, к которым можно причислить такие факторы как отдаленность участков дорожного строительства от железнодорожных станций, высота н.у.м. (1000 ... 2000 м н.у.м.). Как видно, значение названного коэффициента зависит от большого количества факторов и их сочетаний и, как следствие, варьирует в достаточно широких пределах. Для условий строительства Рогунской ГЭС, отдаленного от ближайшей железнодорожной станции «Янгибазар» примерно на 80 км и расположенного на высотах от 1100 до 1200 м н.у.м., характеризуемого сложным рельефом, значение коэффициента дорожного строительства в горных условиях можно принимать в пределах $k_{ДСГ} = 1,3 \dots 1,4$.

Затраты, связанные с эксплуатацией карьерных дорог $C_{ДЭ}$, состоят из следующих составляющих:

- амортизационные отчисления;
- содержание карьерной дороги;
- мероприятия по снижению запыленности;

– мероприятия по очистке дорог от камней, дресвяных и щебенистых обломков горных пород, а также прочих посторонних предметов, снижающих показатели эффективности дорожного движения и, как следствие, производительность и надежность карьерного автомобиля и прочие показатели, негативно влияющие на экономическую эффективность системы ВАДС;

- мероприятия, направленные на очистку полотна дороги от снега и предотвращения обледенения.

Следовательно, затраты, связанные с эксплуатацией карьерной дороги $C_{дэ}$, можно выразить как

$$C_{дэ} = C_{дэА} + C_{дэС} + C_{дэЗ} + C_{дэПП} + C_{дэОС}, \text{ сомони}, \quad (4.15)$$

где $C_{дэА}$ – затраты, связанные с амортизацией дороги; $C_{дэС}$ – затраты, связанные с содержанием карьерной дороги; $C_{дэЗ}$ – затраты, связанные с мероприятиями по снижению запыленности; $C_{дэПП}$ – затраты, связанные с мероприятиями по очистке горной карьерной дороги от посторонних предметов; $C_{дэОС}$ – затраты, связанные с мероприятиями по очистке горной дороги от снега и предотвращения обледенения.

Условия функционирования системы ВАДС в горных и высокогорных карьерах при строительстве гидротехнических сооружений характеризуется суровостью окружающей среды. К основным факторам, обуславливающим суровость окружающей среды в горных и высокогорных условиях, можно перечислить резкие перепады температуры воздуха, высоту н.у.м., чередование и частотность осадков.

Суровость условий функционирования системы ВАДС приводит к снижению ее эффективности, характеризуемой снижением надежности системы, водитель-автомобиль-дорога, повышением расхода топлива и запасных частей.

Затраты, учитывающие влияние суровых условий среды функционирования системы ВАДС на ее экономическую эффективность C_C можно выразить в виде суммы

$$C_C = C_{CH} + C_{CT} + C_{CЗч}, \text{ сомони} \quad (4.16)$$

где C_{CH} – затраты, связанные со снижением надежности системы ВАДС; C_{CT} – затраты, связанные с повышением расхода топлива; $C_{CЗЧ}$ – затраты, связанные с повышением расхода запасных частей в экстремальных условиях среды функционирования ВАДС.

Следовательно, влияние суровости окружающей среды на формирование себестоимости транспортного процесса выражается формулой

$$C_{БСС} = \frac{C_c}{QL} = \frac{C_{CH} + C_{CT} + C_{CЗЧ}}{QL}, \text{ сомони/ткм.} \quad (4.17)$$

На основе анализа суммарной себестоимости транспортного процесса, полученного экспериментальным путем в горных карьерных условиях при строительстве Рогунской ГЭС при перевозках горной массы автомобилями-самосвалами различной грузоподъемности (КрАЗ, Dongfeng DFL-3251, Xowo – 336, SHACMAN-SX3256DR384, БелАЗ-7540В), установлены достаточно низкие показатели экономической эффективности функционирования системы ВАДС (рис. 4.12).

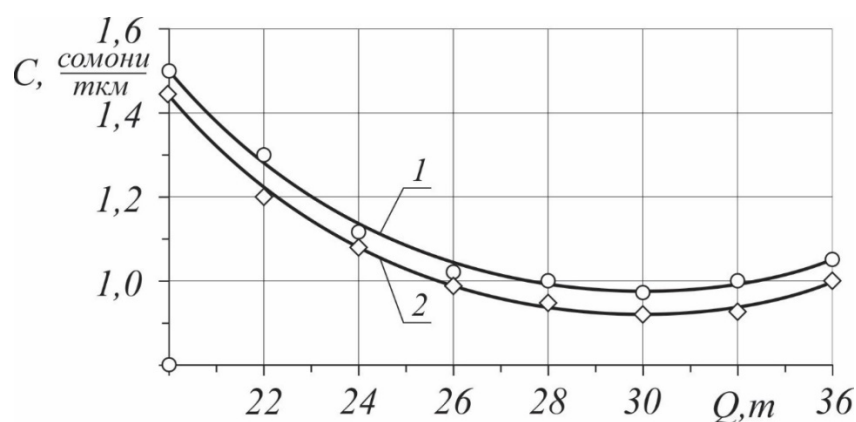


Рисунок 4.12 – Зависимость суммарной себестоимости транспортных процессов от грузоподъемности автомобиля-самосвала, эксплуатируемого в горных условиях: 1– БелАЗ-7540В; 2 – SHACMAN-SX3256DR384

Экономическая эффективность функционирования системы ВАДС в горных карьерных условиях эксплуатации автомобилей-самосвалов связаны гораздо большим объемом затрат по сравнению с показателями эффективности в равнинных дорожных условиях. Это обстоятельство явно свидетельствует о больших возможностях повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных карьерных условиях за счет снижения себестоимости

транспортных процессов. К основным мероприятиям повышения эффективности функционирования системы ВАДС можно отнести следующее:

- повышение профессионального уровня управления транспортным средством, для обеспечения бережливого стиля вождения;
- оптимизировать состав транспортных средств по критерию максимально возможной эффективности системы ВАДС;
- оптимизировать парк транспортных средств по критерию максимально возможной эффективности системы ВАДС с учетом суровости условий эксплуатации;
- повышение производительности грузоперевозок и снижение линейного расхода топлива путем выбора оптимальных маршрутов движения автомобилей;
- повышения надежности автомобиля и его агрегатов путем своевременного и качественного проведения ТО и ремонта автомобилей;
- максимально снизить варьирование массы груза путем надлежащей организации погрузочных операций;
- повышение надежности и качества автомобильной дороги путем снижения неровности дорожной одежды и очистки от обломков горных пород, засыпанных на поверхности дороги, тем самым снижая вероятность абразивного износа протектора и механических повреждений шины и др.

Выводы по главе 4

1. Из анализа результатов экспериментальных исследований следует, что основные технико-эксплуатационные показатели системы ВАДС и ее компонентов в горных условиях заметно ухудшаются по сравнению с равнинными условиями: повышением высоты h н.у.м. наблюдается снижение скорости движения автомобиля-самосвала V . С ростом высоты н.у.м на каждые 100 м повышается эффективная мощность ДВС Ne и линейный расход топлива Q_l примерно на 1,0 ... 1,2%. При этом рост высоты н.у.м приводит к более интенсивному снижению сменной производительности и эффективности системы ВАДС, что составляет примерно 1,3 ... 1,4%.

2. Повышение эффективности системы ВАДС путем снижения ее сложности может быть осуществлено посредством преобразования системы ВАДС в систему БАДС. При этом повышение эффективности функционирования упрощенной системы БАДС по сравнению с более сложной системой ВАДС составляет 3,3 ... 3,7 раза при перевозке горной массы в горных карьерных условиях при строительстве Рогунской ГЭС. При выполнении аналогичных транспортных процессов в равнинных условиях превышение эффективности функционирования системы БАДС по сравнению с системой ВАДС, составляет в 2,5 ... 2,7 раза.

3. Повышение эффективности системы ВАДС путем изменения ее компонентного состава может быть осуществлено посредством преобразования системы ВАДС в систему ВЭДС. При этом повышение эффективности функционирования упрощенной системы ВЭДС по сравнению с системой ВАДС составляет 2,65 ... 5,07 раза.

4. Разработана методика оценки экономической эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях, согласно которой себестоимость грузоперевозок в зависимости от грузоподъемности автомобиля-самосвала может варьировать: для автомобиля БелАЗ-7540В от 0,85 до 1,50 сомони/ткм; для автомобиля SHACMAN-SX3256DR384 от 0,70 до 1,43 сомони/ткм.

ГЛАВА 5. ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ВАДС

5.1 Общие положения инновационной стратегии в сфере автомобильного транспорта в Республике Таджикистан

В современном постиндустриальном мире инновация является наиболее значимым фактором развития экономики общества. Немаловажную роль в этом отводится транспортной сфере, которая во всем мире переживает период «инновационного ренессанса», что требует аккумуляции материальных, энергетических, человеческих и интеллектуальных ресурсов [29]. В условиях Республики Таджикистан доминирующую позицию занимает автомобильный транспорт. Как отмечалось ранее, на долю которого приходится около 95% всего грузооборота по стране. При этом, в горных условиях, от эффективности функционирования автомобильного транспорта или равнозначной к нему системы ВАДС, в значительной степени зависит рост экономики страны. Повышение эффективности функционирования системы ВАДС, как одного из важных атрибутов экономического благосостояния общества, не представляется возможным без широкого внедрения инновационных технологий. Тому причиной является и то обстоятельство, что пассажирские и грузовые перевозки в большинстве регионов республики осуществляются только автомобильным транспортом.

К важнейшим направлениям инновационной деятельности, связанным с эффективностью функционирования системы ВАДС, относятся широкое внедрение прогрессивных технологий в сферу пассажирских и грузовых перевозок на основе автоматизации, электрификации, электронизации и информатизации транспортных процессов. Должен быть осуществлен переход от автоматизации отдельных операций к полной автоматизации процесса управления функционированием системы ВАДС. При этом важное социальное значение приобретает автоматизация операций, требующих значительные

затраты ручного труда, к которым относятся операции по ТО и ремонту автомобилей, обслуживания автомобильных дорог, сбор и обработка данных и др.

Низкий уровень автоматизации и механизации процессов, связанных с функционированием системы ВАДС, способствует снижению производительности труда и эффективности системы, что в условиях рынка означает снижение конкурентоспособности транспортных услуг. Наиболее высокий уровень автоматизации процесса функционирования системы ВАДС достигается в результате компьютеризации и цифровизации, позволяющих к комплексному управлению эффективностью функционирования системы ВАДС взамен решения задач планирования, учета и материально-технического снабжения, связанных с отдельными элементами системы.

Это даст возможность обеспечить согласованное функционирование отдельных элементов системы и их сочетаний, обуславливающих повышение эффективности транспортного процесса. Автоматизация планирования и управления сокращает капиталовложения на развитие транспортного комплекса, повышает эффективность и снижает себестоимость перевозок. Информатизация и цифровизация неразрывно связаны с совершенствованием организационной структуры управления транспортным комплексом.

Сегодня под инновацией принято понимать продукт научно-исследовательской деятельности, который уже доведен до стадии коммерческого применения и распространяется на рынке в качестве новых товаров, технологий, методов или подходов.

Инновации в транспортной сфере являются особенно значимыми, и они приобретают еще большую значимость в горных и высокогорных условиях эксплуатации в Республике Таджикистан. Автомобильный транспорт является одной из важнейших составляющих экономики нашей страны. Он связывает между собой различные регионы Республики, предприятия и отрасли народного хозяйства, играет огромную роль при размещении предприятий, заводов и является важным условием рационального расположения производства.

Несмотря на это, развитие автомобильного транспорта на современном этапе сопряжено с рядом серьезных проблем, важными из которых являются оценка, управление и повышение эффективности транспортного процесса, требующих решения, как на законодательном, так и на технологическом уровне. Наиболее важным и перспективным направлением в комплексном решении существующих проблем, связанных с повышением эффективности автомобильного транспорта, является разработка и использование новейших инновационных технологий, стремительное развитие которых создает для автомобильного транспорта практически неограниченные перспективы.

Для Республики Таджикистана характерны следующие особенности автомобильного транспорта:

- имеются достаточно высокие возможности для обеспечения высокой эффективности функционирования транспортной системы Республики вообще и, системы ВАДС в частности, на основе повышения уровня инновационной активности в этой сфере;

- относительно низкая конкурентоспособность и эффективность автомобильного транспорта, сопровождающаяся неблагоприятными горными и высокогорными условиями эксплуатации, связанными с неизбежно высокими удельными затратами на выполнение единицы транспортной работы;

- имеющиеся организационно-технические, технологические, патентные, нормативно – правовые, метрологические и прочие базы, не в полной мере учитывающие особенности условия функционирования транспортной системы в условиях Республики Таджикистан и препятствующие повышению эксплуатационной надежности автомобилей и автомобильных дорог;

- уровнем инновационной активности, не достаточным для исключения энергозатратных и загрязняющих технологий в сфере автомобильного транспорта;

- высокий уровень износа основных фондов.

Несмотря на имеющиеся неблагоприятные особенности развития транспортной отрасли в Республике, за счет повышения уровня инновационной

активности намечены основные целевые индикаторы стратегии развития автомобильного транспорта согласно индустриально-инновационному сценарию (табл. 5.1).

Таблица 5.1 – Основные целевые индикаторы стратегии развития автомобильного транспорта согласно индустриально-инновационному сценарию

Показатель	Единица измерения	Годы			
		2015	2020	2025	2030
Грузооборот	млрд. т.км	6,32	8,0	10,2	14,9
Пассажиروоборот	млрд.пасс. км	10,6	13,3	17,0	24,8

С целью решения назревших проблем, в том числе связанных с автомобильным транспортом, разработана Национальная стратегия развития республики Таджикистан на период до 2030 года [142].

Согласно Национальной стратегии развития Республики Таджикистан на период до 2030 года обеспечение устойчивого развития страны предполагает выбор научно обоснованных базовых принципов будущего развития национальной экономики и общества. В основу системного подхода для разработки Национальной стратегии развития республики Таджикистан на период до 2030 года положены три базовых принципа будущего совершенствования:

1. Превентивность или упреждение (снижение) уязвимости будущего развития.
2. Индустриальность или повышение эффективности использования национальных ресурсов.
3. Инновационность или развитие на основе нововведений во всех сферах социально-экономической жизни страны.

В этом судьбоносном документе установлено, что высшей целью долгосрочного развития Таджикистана является повышение уровня жизни населения страны на основе обеспечения устойчивого экономического развития,

где немаловажная роль отводится повышению эффективности транспортных процессов, в том числе системы ВАЖС, в горных условиях.

5.2 Концептуальный инновационный системно - энергетический подход повышения эффективности системы ВАДС

На сегодня не существует более рациональной методики повышения эффективности функционирования системы ВАДС, нежели инновационный подход. Несмотря на большое количество публикаций по оценке эффективности, нет единой классификации подходов к оценке эффективности инновационной деятельности. Предложенная Е.В. Коробейниковой классификация подходов к оценке эффективности с точки зрения эволюционного развития представлена на рис. 5.1.

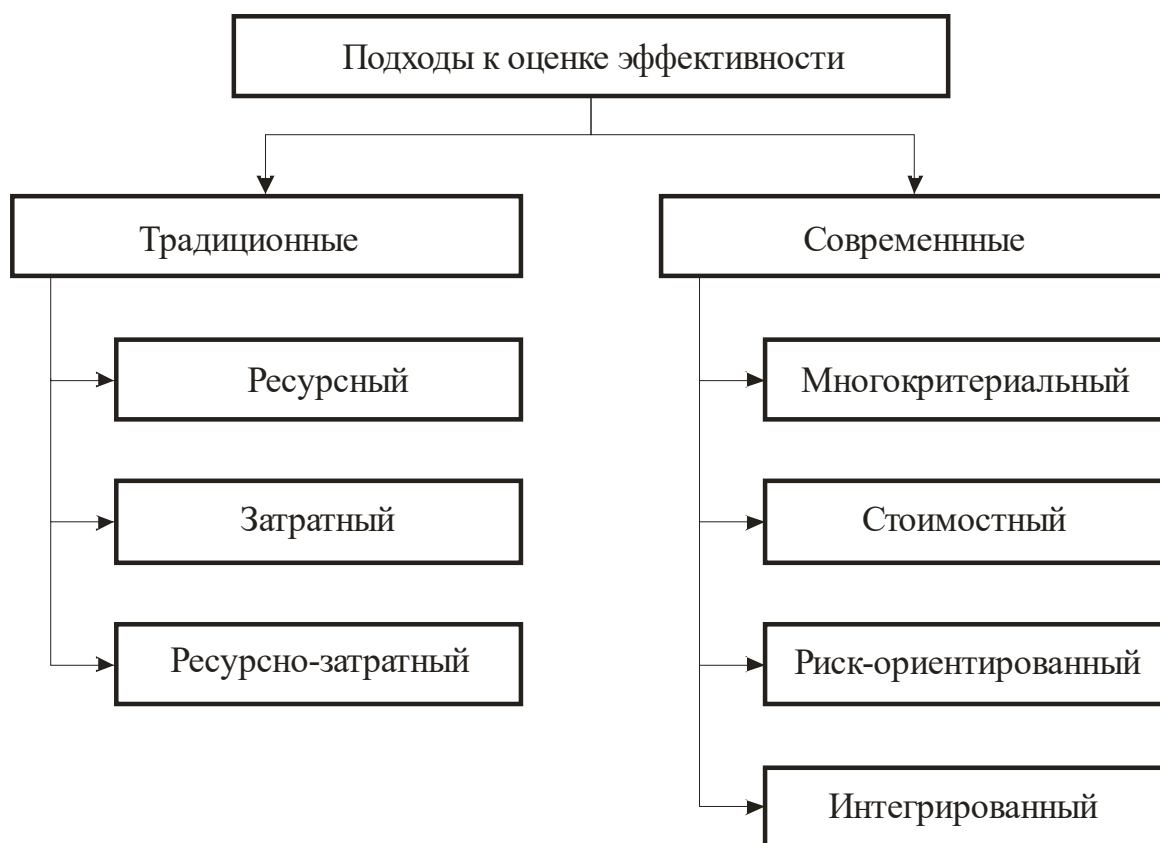


Рисунок 5.1 – Классификация подходов к оценке эффективности

Краткая характеристика современных подходов приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Характеристика современных подходов к оценке эффективности функционирования системы ВАДС

Подход	Краткая характеристика
Многокритериальный	Оценка эффективности функционирования системы ВАДС производится как финансовыми, так и нефинансовыми показателями, на основе причинно-следственных связей между стратегией и операционной деятельностью, между целями и результатами.
Стоимостной	Стоимость перевозки является одним из первостепенных показателей комплексной оценки эффективности функционирования системы ВАДС, отражающих качество управления системой. Показатель быстро реагирует на неблагоприятное воздействие различных факторов.
Риск-ориентированный	Определение рентабельности с учетом риск-менеджмента.
Интегрированный	Можно выделить три направления интеграции: 1) интеграция различных подходов между собой; 2) интеграция моделей в рамках одного подхода; 3) интеграция моделей и различных подходов в управлении, учете и анализе. Целями интеграции являются совершенствование различных аспектов деятельности, повышение ее эффективности, а также нивелирование недостатков у различных концепций повышения эффективности системы.

Система ВАДС отличается значительной энергоемкостью и сложными взаимодействиями между ее элементами, что затрудняет оценку и повышение

эффективности функционирования системы. Заметно усугубляется решение данной задачи при функционировании системы в суровых горных условиях, создавая определенные трудности в использовании известных концепций и методик при оценке и повышении эффективности функционирования системы ВАДС. Известные инновационные подходы недостаточно полно отражают особенности функционирования системы ВАДС в суровых горных условиях. Для этой цели предлагается инновационный системно - энергетический оптимизационный (ИСЭО) подход оценки и повышения эффективности системы ВАДС.

Суть концепции системности инновационного подхода заключается в том, что в начале, соответствующие инновационные подходы применяются для повышения эффективности отдельных элементов системы ВАДС, а после с учетом свойств эмергентности, синергизма и неаддитивности системы ВАДС применяется инновационный системный оптимизационный подход для повышения целостной системы ВАДС. Предлагаемый подход называется оптимизационным потому, что эффективность системы ВАДС формируется под влиянием большого количества факторов, оптимальное сочетание которых является неизбежным условием ее максимизации. Предлагаемый подход повышения эффективности системы ВАДС называется системно – энергетическим потому, что повышение эффективности функционирования системы ВАДС в основном зависит от энергетических затрат. Энергетические затраты являются самой большой составляющей функционирования системы ВАДС среди прочих затрат, особенно, в горных условиях. Немаловажными показателями являются также энергообменные процессы между элементами системы при их взаимодействии. Кроме того, энергетические затраты являясь наиболее универсальными и обобщающими показателями, дают возможность наиболее однозначно и стабильно оценивать эффективность функционирования системы ВАДС.

В общем виде при инновационном системно - энергетическом оптимизационном (ИСЭО) подходе оценка эффективности функционирования системы ВАДС $\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$ может быть представлена выражением

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = f \left(\mathcal{E}_{\text{В}}^{k_{\text{в}}}, \mathcal{E}_{\text{А}}^{k_{\text{а}}}, \mathcal{E}_{\text{Д}}^{k_{\text{д}}}, \mathcal{E}_{\text{С}}^{k_{\text{с}}} \right), \quad (5.1)$$

где $\mathcal{E}_{\text{В}}, \mathcal{E}_{\text{А}}, \mathcal{E}_{\text{Д}}$ и $\mathcal{E}_{\text{С}}$ – соответственно, инновационные энергетические затраты функционирования системы ВАДС, связанные и водителем, автомобилем, дорогой и средой, Дж; $k_{\text{в}}, k_{\text{а}}, k_{\text{д}}$ и $k_{\text{с}}$ – соответственно, показатели степени, характеризующие весомость соответствующего показателя уровня энергетических затрат при функционировании системы ВАДС.

Динамически развивающаяся транспортная сфера предполагает постоянного роста эффективности функционирования системы ВАДС, которая основывается на оперативную и адекватную оценку и комплексный мониторинг имеющихся резервов и возможностей, направленных на обеспечение устойчивого положения транспорта на рынке.

Для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС могут быть применены следующие виды инновационных подходов:

- анализ инновационной активности в транспортной сфере;
- оценка инновационного потенциала;
- оценка эффективности инновационной деятельности системы ВАДС с помощью интегрального показателя;
- оценка эффективности инновационной деятельности в транспортной сфере через систему показателей и индикаторов.

Оценка инновационных возможностей для повышения эффективности функционирования системы ВАДС производится по уровню инновационного потенциала системы. Последний рассматривается как комплексный оценочный показатель, который включает нормированные значения отдельных показателей, относящихся к элементам системы ВАДС, с учетом их значимости.

Показатель уровня инновационного потенциала $ИП_{\text{ВАДС}}$ повышения эффективности функционирования системы ВАДС определяется из выражения

$$\text{ИП}_{\text{ВАДС}} = \sum_{i=1}^I p_i \sum_{j=1}^J a_{ij} p_{ij}, \quad (5.2)$$

где $\text{ИП}_{\text{ВАДС}}$ – уровень инновационного потенциала повышения эффективности функционирования системы ВАДС, в долях единицы; p_i – значимость составляющей i -го инновационного потенциала, в долях единицы; p_{ij} – значимость показателя j в составляющей инновационного потенциала i , в долях единицы; a_{ij} – нормированное (по шкале 0 ... 1) значение показателя j в составляющей инновационного потенциала i , в долях единицы; i – составляющая инновационного потенциала (энергетическая, финансово-экономическая, организационно-техническая, маркетинговая составляющие и оценка человеческого фактора), $i = 1 \dots I$; j – показатель внутри составляющей инновационного потенциала, $j = 1 \dots J$. Уровень инновационного потенциала влияет на степень интенсивности проводимых инновационных изменений в функционировании системы ВАДС, а следовательно, также и на определение приоритетных направлений развития в транспортной сфере.

5.3 Научно-методический инновационный подход оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС

Оценка и повышение эффективности функционирования системы ВАДС достигается путем применения интенсивных научно-методических инновационных подходов и методов. Требуется оптимизация всех операций и автоматизация процессов функционирования системы ВАДС, что достигается путем применения научно-методических инновационных технологий различной направленности (рис. 5.2).



Рисунок 5.2 – Иновационные технологии оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС

К информационным системам, повышающим эффективность функционирования системы ВАДС, можно отнести:

1. Электронный документооборот, необходимый для своевременного оформления необходимых транспортных документов.
2. Обмен данными в режиме онлайн для передачи информации заранее и в кратчайшие сроки о функционировании системы ВАДС.
3. Электронная система планирования и управления операциями процесса транспортирования.
4. Интеллектуальные системы управления процесса транспортирования с возможностью контроля движения каждой единицы транспорта.

Погрузочно-разгрузочные операции должны осуществляться настолько быстро и отлажено, чтобы свести к минимуму время пребывания автомобиля в месте добычи сырья и пункте его хранения.

Научно-методические инновационные подходы оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС невозможно представить без применения информационных технологий или систем. На сегодня существуют ряд информационных систем, к которым можно отнести CITOS (система планирования операций), CIMOS (система управления и планирования движения автотранспорта); TradeNet (система оформления транспортных документов) и др.

Технологии интенсификации функционирования системы ВАДС включают в себя:

1. Автоматизированное управление повышением эффективности функционирования системы ВАДС.
2. Роботизация технологических процессов погрузки-разгрузки и движения автотранспорта.
3. Автоматическое распознавание автотранспорта.
4. Оптимизация работы складов.

Интенсификация производства подразумевает контроль перемещения железорудного сырья по территории карьера и за его пределами с помощью беспилотных устройств, управляемых компьютерной системой.

Технологии по обеспечению безопасности включают в себя такие инновационные решения как:

1. Система автоматической идентификации автотранспорта и управление ими с помощью интеллектуальных устройств.
2. Интегрированная система контроля нахождения транспортного средства на маршруте.
3. Применение системы идентификации для контроля за движением автотранспорта.
4. Использование фото и видеофиксации.

Информационные технологии, обуславливающие повышение эффективности функционирования системы ВАДС включает в себя (рис. 5.3):

1. Геоинформационные системы. Для планирования маршрутов, навигации и расчета расходов, необходимых для эффективного функционирования системы ВАДС, применяются геоинформационные системы (ГИС). С помощью ГИС можно составлять маршруты, оценивать время их прохождения с учетом ограничений, определять транспортные издержки.

2. Электронные системы. Автоматизация оформления документов, электронный документооборот, удаленный доступ к документам, оперативный обмен информацией между сотрудниками и управленческий учет.

3. Телематические системы связи, к которым относятся средства навигации мониторинга и позиционирования. Данные системы позволяют выполнять функции диспетчерского управления и контролировать операции транспортного процесса. К основным функциям телематических систем связи относятся:

- прием заказов на выполнение перевозки;
- своевременное прибытие к назначенному месту;
- регулирование работы транспортной инфраструктуры;
- контроль расхода топлива, запасных частей и эксплуатационных материалов на протяжении всего маршрута движения.



Рисунок 5.3 – Научно-методические инновационные технологии оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС

Оценка и управление эффективностью функционирования системы ВАДС невозможно без применения современных методов идентификации, возможности которого представлены на рис. 5.4.



Рисунок 5.4 – Система идентификации функционирования системы ВАДС

Следует отметить, что до сих пор идентификационные технологии на автомобильном транспорте применялись в основном с целью обеспечения и управления безопасностью дорожного движения. Имеются исследования, связанные с применением идентификационных технологий в области повышения эффективности отдельных элементов системы ВАДС, точнее связанные с эффективностью автомобиля. Современные методы и подходы, уровни научно-технического прогресса и метрологического обеспечения позволяют применение идентификационных технологий для управления эффективностью функционирования системы ВАДС, что особенно важно в горных и высокогорных условиях деятельности водителя, эксплуатации автомобиля и дороги, а также изменчивости параметров среды.

Выводы по главе 5

1. Сформулированы общие положения инновационной стратегии в сфере автомобильного транспорта в Республике Таджикистан.
2. Предложен концептуальный инновационный системно - энергетический подход повышения эффективности системы ВАДС, суть которой заключается в том, что вначале соответствующие инновационные подходы применяются для повышения эффективности отдельных элементов системы ВАДС, а после с учетом свойств эмергентности, синергизма и неаддитивности системы ВАДС применяется инновационный системный оптимизационный подход для повышения целостной системы ВАДС.
3. Обоснован выбор научно-методического инновационного подхода оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС на основе применения научно-методических инновационных технологий различной направленности.
4. Обосновано применение идентификационных технологий для управления эффективностью функционирования системы ВАДС на основе современных методов и подходов, уровня научно-технического прогресса и метрологического обеспечения в горных и высокогорных условиях деятельности водителя, эксплуатации автомобиля и дороги, а также изменчивости параметров среды.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа состояния проблемы, результатов теоретических и экспериментальных исследований установлены низкие значения эффективности системы ВАДС, что составляет 21 ... 32% при ее функционировании в горных условиях. Более детальное исследование проблемы обусловлено разработкой теоретических основ и методологии для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях. Все это способствовало решению крупной научной проблемы, имеющей важное народнохозяйственное значение, связанной с оценкой и изысканием путей повышения эффективности системы ВАДС, которая использована в данной работе для решения вопросов эффективности транспортного процесса, что ранее применялась по отношению к безопасности дорожного движения. На основе изучения свойств системы ВАДС, разработана классификационная схема с учетом горных условий эксплуатации. В предложенной классификационной схеме обоснованы структура системы ВАДС, сложность, многоаспектность, многокритериальность и часто неоднозначность отношений и связей между ее компонентами [7-А, 32-А].

2. На основе разработанных методологии и теоретических основ оценки эффективности каждого из компонентов системы ВАДС, установлена степень их совокупного влияния на формирование эффективности системы в условиях гор. Эффективность водителя оценена по уровню мастерства управления автомобилем, т.е. соотношением между бережливой и агрессивной стилями езды, что хорошо коррелирует со стажем его работы. Оценка влияния автомобиля на эффективность функционирования системы ВАДС представлена по расходу топлива и запасных частей. Влияние автомобильной дороги на эффективность функционирования системы ВАДС предложено оценивать обобщающим динамическим коэффициентом дороги k_D , распределением протяженности автомобильных дорог общего пользования по высотам н.у.м. В результате оценки и анализа сети автомобильных дорог в разрезе их расположения на различных высотах н.у.м. установлено, что чуть более 15 %

автомобильных дорог общего пользования на территории Республики Таджикистан проложены на равнинных местностях, а 85% - относятся к горным дорогам, которые функционируют на высотах выше 500 м н.у.м. Установлено, что при общем числе перевалов на территории Республики, превышающем 200 ед., плотность их распределения составляют, соответственно, около 1,5 перевалов на 1000 км² и свыше 1,4 перевалов на каждые 100 км автомобильной дороги общего пользования [1-А, 2-А, 11-А, 14-А, 35-А, 37-А].

3. Разработана концепция комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС, в основу которого положена точка зрения о том, что эффективность данной системы можно оценить путем отождествления эффективности преобразования энергии, как отношение полезной работы, выполненной системой к общему количеству затраченной энергии. Обоснована концептуальность метода исследования эффективности системы ВАДС и предложена концептуальная модель оценки эффективности системы в виде дифференциального уравнения [1-А, 34-А].

4. Дана оценка эффективности функционирования системы ВАДС по производительности автомобиля, которая выражена через мощность ДВС с учетом того, что эти оба показателя по своей сути выражают удельную работу, отнесенную на единицу времени. На основе математической модели для определения эффективной мощности ДВС при неустановившемся режиме движения, предложенной академиком В.Н. Болтинским и уточненной профессорами Ю.К. Киртбая и С.А. Иофиновым с учетом срока службы машины и вероятностного характера нагрузки, предложено дополнительное уточнение с введением коэффициента, учитывающего снижение мощности от высоты н.у.м.

Определены значения входящих коэффициентов в предложенную формулу для определения эксплуатационной мощности ДВС, с учетом горных и высокогорных условий эксплуатации:

$$\lambda_d = (1 - 0,75\delta_m), \text{ где } \delta_m = 2A_m / M_{cp} \approx 0,25;$$

$$\lambda_t = (1 - 0,15t), \text{ где } t = 6 \dots 7 \text{ лет};$$

$$\lambda_v = (1 - 0,65v), \text{ где } v = 0,07 \dots 0,15;$$

$$\lambda_h = (1 - 0,12h), \text{ где } h = 300 \dots 4655 \text{ м. [1-A].}$$

5. Предложена методика и математическая модель комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС взамен применяемых до сих пор методик, основанных на оценке эффективности отдельных ее компонентов по энергетическому показателю. Согласно разработанной методике и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований установлено, что эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях (с различными грузовыми автомобилями) составляет 55 ... 80% от эффективности их функционирования равнинных условиях [1-A, 20-A].

6. Разработана энтропийная модель на основе статистики Цаллиса и обоснована целесообразность ее применения для оценки эффективности случайно детерминированной по своей природе системы ВАДС. Установлено, что в сложной системе ВАДС имеет место значительные взаимодействия между её компонентами, немарковость динамического процесса функционирования системы в горных условиях, чем обусловлено неаддитивность энтропии. Всем этим продиктована нецелесообразность моделирования эффективности системы ВАДС на основе классической энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона, т.к. существующие модели не являются вполне адекватными. Разработанная модель оценки эффективности системы ВАДС на базе формализма неаддитивной статистики Цаллиса способствует описанию неоднозначного взаимодействия компонентов системы ВАДС [12-A, 18-A, 19-A, 22-A].

7. Предложена методика количественной оценки качества сложных ремонтируемых и неремонтируемых технических систем. Выведена формула в виде интегрального уравнения для количественной оценки качества при формировании оно под совокупным влиянием двух независимых факторов [24-A].

8. Разработан инновационный системно - энергетический оптимизационный (ИСЭО) подход оценки и повышения эффективности системы ВАДС в горных условиях. Суть концепции системности подхода заключается в

том, что вначале соответствующие инновационные подходы применяются для повышения эффективности отдельных компонентов системы, а с учетом свойств эмергентности, синергизма и неаддитивности, может быть применен ИСЭО подход для повышения эффективности системы ВАДС в целом. Предлагаемый подход является оптимизационным потому, что эффективность системы ВАДС формируется под влиянием большого количества факторов, оптимальное сочетание которых является неизбежным условием ее максимизации. Данная методика является системно – энергетическим потому, что повышение эффективности функционирования системы ВАДС обусловлено преимущественно энергетическими затратами [21-А].

9. На основе обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований установлено, что эффективность функционирования систем ВАДС, ВЭДС и БАДС изменяются в пределах:

– для равнинных условий:

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = 0,30 \dots 0,35, \mathcal{E}_{\text{БАДС}} = 0,81 \dots 0,86 \text{ и } \mathcal{E}_{\text{ВЭДС}} = 0,64 \dots 0,75;$$

– для горных условий:

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = 0,21 \dots 0,25 \text{ и } \mathcal{E}_{\text{БАДС}} = 0,78 \dots 0,83 \text{ и } \mathcal{E}_{\text{ВЭДС}} = 0,55 \dots 0,71.$$

Все это свидетельствует об имеющихся значительных резервах повышения эффективности транспортного процесса в данных условиях [28-А].

10. Разработана методика оценки экономической эффективности функционирования системы ВАДС, согласно которой себестоимость грузоперевозок в зависимости от грузоподъемности автомобиля-самосвала может варьировать: для автомобиля БелАЗ-7540В от 0,85 до 1,50 сомони/ткм; для автомобиля SHACMAN-SX3256DR384 от 0,70 до 1,43 сомони/ткм [17-А].

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эффективность транспортного процесса, точно также и системы ВАДС, обуславливаются объемом грузоперевозок и качеством его выполнения. В горных условиях качество перевозок ухудшается незначительно, следовательно,

в данном случае, эффективность системы ВАДС может быть оценена преимущественно повышением объема грузоперевозок.

Следовательно, разрабатываемые рекомендации по повышению эффективности функционирования системы ВАДС будут направлены на рост объема грузоперевозок:

1. Целесообразным является оценить эффективность различных марок грузовых автомобилей по фактическим значениям транспортного расхода топлива, которые в горных условиях в среднем за езду составляют для автомобилей-самосвалов марок БелАЗ-7540В, HОVО-336 и SHACMAN-SX3256DR384 соответственно 6,2; 5,3 и 4,8 л / (100 ткм). По фактическому значению производительности и транспортного расхода топлива наряду с автомобилем-самосвалом марки БелАЗ-7540В, могут быть рекомендованы для выполнения транспортных работ в горных условиях также автомобили-самосвалы марок HОVО-336 и SHACMAN-SX3256DR384.

2. Важным путем повышения эффективности функционирования системы ВАДС является снижение ее сложности, которое можно осуществлять исключением и/или снижением сложности отдельного ее компонента, а в данном случае:

- внедрения беспилотного управления автомобилем;
- снижения сложности дороги за счет рационализации ее геометрии в плане и профиле, а также повышения качества дорожного покрытия.

3. Рациональное комплектование транспортно-погрузочных средств с учетом специфики транспортного процесса и условий их осуществления в горных условиях.

4. Повышение эффективности системы ВАДС путем обеспечения устойчивого развития сервисных услуг, а также оптимизации нагрузочно-скоростного режима движения.

5. Разработка мер по снижению расхода топлива и смазочных материалов, а также по сокращению затрат на запасные части и ремонтные материалы.

6. Повышение надежности дороги путем своевременного и качественного обслуживания, очистки поверхности дороги от засыпанных на ней обломков горных пород и инородных предметов, тем самым снижая уровень абразивности дорожного полотна.

7. Перевод автомобиля на более дешёвые и доступные виды энергоносителей.

8. Перевод автомобиля на электрическую тягу.

9. Внедрение искусственного интеллекта в сферу транспортных услуг для повышения эффективности системы ВАДС в горных условиях.

10. Снижение влияния среды на надежности водителя, автомобиля и автомобильной дороги.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев, А.Х. Автоматизированная искусственная неровность /А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, А.Г. Цаболов // Патент на изобретение №2763649. – Российская Федерация. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2021. – 6 с.
2. Абаев, А.Х. Разделительный барьер для автомобильных дорог / А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, А.Г. Цаболов // Патент на изобретение №2759566. – Российская Федерация. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2021. – 7 с.
3. Абаимов, Р.В. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебное пособие / Р.В. Абаимов, П.А. Малащук. - Сыктывкар: СЛИ, 2012. - 112 с.
4. Абомелик, Т.П. Методология планирования эксперимента: метод. указания к лабораторным работам/Т.П. Абомелик. – Ульяновск: УлГТУ, 2011 – 38 с.
5. Аброськин, А.С. Применение современных систем автоматизации на открытых горных работах/ А.С. Аброськин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2015.– Т. 326.– №12.– С.112-130.
6. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. Оптимизация затрат на поддержание работоспособности в процессе эксплуатации автомобиля/Ф.Н. Авдонькин. – Саратов: СПИ, 1991. – 76 с.
7. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей: Основы методики инж. исслед. /Ф.Н. Авдонькин. – Саратов: СГТУ, 1993. - 51с.
8. Алексеева, И. М., Статистика автомобильного транспорта. Учебник для вузов/ И.М. Алексеева, О.И. Ганченко, Е.В. Петрова. – М.: Экзамен, 2005.–352 с.
9. Алексеева, О. В. Эффективность системы ВАДС: методические указания для выполнения контрольной работы для обучающихся всех форм обучения по

направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов», направленность (профиль) – «Организация перевозок и безопасность движения», дисциплина – «Эффективность системы ВАДС» / О. В. Алексеева//Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет.– Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. – 9 с.

10. Алиев, В.А. Исследование надежности автомобилей в высокогорных условиях эксплуатации: дисс. канд. техн. наук. 05.00.00 / В.А. Алиев. – Душанбе. – 1971. – 180 с.

11. Алиев, В.А. Надежность тормозных систем автомобилей КамАЗ в специфических условиях республики / В.А. Алиев, А.А. Турсунов // Горизонты науки. – Душанбе: Дониш, 1987. – №4. – С. 23–26.

12. Аминов, И.А. Природно-экономические зоны Республики Таджикистан: состояние и перспективы/ И.А. Аминов// Вестник таджикского государственного университета права, бизнеса и политики, № 1 (53). – 2013 г. – С. 37-46.

13. Антонов, А.С. Армейские автомобили: Теория / А.С. Антонов, Ю.А. Кононович, Е.И. Магидович, В.С. Прозоров. – М.: Воениздат, 1970. – 192 с.

14. Аринин, И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей / И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов. – Изд. 2-е. – Ростов на Д: Феникс, 2007. – 314 с.

15. Аринин, И.Н. Техническая эксплуатация автомобилей: управление технической готовностью подвижного состава/И.Н. Аринин, С.И. Коновалов, Ю.В. Баженов, А.А. Бочков. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2003. – 246 с.

16. Атаманов, Ю. Е. Теория подвижного состава: учебно-методическое пособие по лабораторным работам для студентов специальности 1-370105 «Городской электрический транспорт»: в 2 ч. Ч. 1. Колёсный движитель. Тягово-скоростные и тормозные свойства / Ю. Е. Атаманов, В. Н. Плищ. – Минск: БНТУ, 2017. – 193 с.

17. Аугамбаев, М. Основы планирования научно-исследовательского эксперимента/ М. Аугамбаев, А.З. Иванов, Ю.И. Терехов; под ред. Г.М. Рудакова. – Ташкент: Укитувчи, 2004. – 336 с.

18. Бабков, В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271с.

19. Бабков, В.Ф. Качение автомобильного колеса по грунтовой поверхности // Тр. МАДИ. – М.: Дориздат, 1953. – Вып. 15. – С. 89.

20. Бакеев, Р.Б. Проблема определения и корректирования нормативов ресурса автомобильных шин/Р.Б.Бакеев//Проблемы эксплуатации автомобилей, строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: Межвузовский сборник научных трудов. – Тюмень: ТГНУ, 2001. – С. 3-5.

21. Балгабеков, Т.К. Факторы, влияющие на эффективность эксплуатации грузовых автомобилей/Т.К. Балгабеков, А.С. Кошмаганбетова // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – №12-2. – С. 190-194.

22. Бердиев А.Л., Умирзоков А.М.–Энергетический подход при оценке интенсивности износа пневматической шины/А.Л. Бердиев, А.М. Умирзоков// Журнал Кишоварз (Земледелец). Теоретический и научно - практический журнал Таджикского аграрного университета им. Ш. Шохтемур. – 2022. – №3(95), С. – 104 – 108.

23. Бобоев, К.О. Эффективность функционирования и развития региональной транспортной инфраструктуры (на материалах Республики Таджикистан): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / К.О. Бобоев. – Душанбе, 2016. – 217 с.

24. Болтинский В.Н. Теория, конструкция и расчет тракторных и автомобильных двигателей/ В.Н. Болтинский. – М.: Сельхозиздат, 1962. –391 с.

25. Брэгман, Л.Д. Доказательство сходимости метода Шелейховского для задачи с транспортными ограничениями/Л.Д. Брэгман// ЖВ и МФ, 1967. – № 1. – С.147-156.

26. Булинский, А. В. Теория случайных процессов /А.В. Булинский, А.Н. Ширяев. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 408 с.

27. Быстрянец, Е.В. Методика определения рациональных параметров информационного обеспечения автомобильного транспорта/ Е.В. Быстрянец, В.С. Логойда // Автоматизация. Современные технологии ежемесячный межотраслевой научно-технический журнал. – 2017. – Т. 71. – № 08. – С. 381–384.

28. Бычкова, С.М. Контроль качества аудиторской деятельности/С.М. Бычкова, Е.Ю. Итыгилова. – М.: «Научная библиотека», 2015. – 479 с.

29. Бычков, В.П. Направления развития инновационной деятельности на автомобильном транспорте/В.П. Бычков, И.Ю. Проскурина, Ю.П. Усова //Журнал: Регион, системы, экономика, управление. – 2019. – №3 (46). – С. 99-103.

30. Бычков, В. П. Организационно-экономические методы повышения конкурентоспособности услуг на автомобильном транспорте: монография / В. П. Бычков, А. М. Букреев, И. Ю. Проскурина, Д. В. Бычков. – М.: КноРус, 2016. – 368 с.

31. Васильев, А.П. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги / А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.Г. Горячев, С.В. Лугов // МАДИ (ГТУ). – М., 2003. – 31с.

32. Вахламов, В.К. Автомобили: теория и конструкция автомобиля и двигателя /В.К. Вахламов, М.Г. Шатров, А.Л. Юрчевский. – М.: Академия, 2012. – 816 с.

33. Вахламов, В.К. Автомобили: эксплуатационные свойства. Учеб. пособие для вузов / В.К. Владимир. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240 с.

34. Великанов, Д. Требования к конструктивным особенностям и типу автомобилей южного и горного исполнения / Д. Великанов, А. Левин // Автом. Транспорт. – 1977. – №9. – С. 23–26.

35. Великанов, Д.П. Автомобильные транспортные средства / Д.П. Великанов. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
36. Великанов, Д.П. Эффективность автомобиля / Д.П. Великанов. – М.: Транспорт, 1969. – 239 с.
37. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – Москва: Академия, 2007. – 576 с.
38. Вильсон, А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем/ А. Дж. Вильсон. – М.: Наука, 1978.– 247 с.
39. Власов, В. М. Особенности использования на наземном транспорте телематических бортовых регистрирующих устройств / В. М. Власов, Д. Б. Ефименко // Средства и технологии телематики на автомобильном транспорте: Сб. науч. тр. МАДИ. — М., 2008. — С. 98—108.
40. Власов, В. М. Развитие методов автоматического учета режимов труда и отдыха водителей автотранспортных средств на основе использования бортового оборудования спутниковой навигации и видеофиксации / В. М. Власов, В. Н. Богумил, Д. Б. Ефименко // АТП. — 2013. — № 10. — С. 27—30.
41. Волков, В.С. Повышение эффективности грузовых автомобильных перевозок/ В.С. Волков, Т.А. Буторин, Г.М. Филатов// Современные проблемы науки и образования. –2023. – №5. – 42 с.
42. Волков, Е.В. Теория движения автомобиля: монография / Е.В. Волков – Хабаровск: ТОГУ, 2018. – 203 с.
43. Воронков, А.Г. Оценка транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги: метод. указания / А.Г. Воронков, К.А. Андрианов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. – 24 с.
44. Гарманов, Е.Н. Экономическая эффективность дорожного хозяйства/ Е.Н. Гарманов. – М.: Транспорт, 1984. –173 с.
45. Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие / А.В. Гасников и др. Под ред. А.В. Гасникова. – М.: МЦНМО, 2012. – 376 с.

46. Гащук, П. Автомобіль. Теорія колісного рушія/П. Гащук/ – Київ: Кондор, 2018. – 328 с.
47. Гегель, Георг Вильгельм Фридрих/ Энциклопедия философских наук. Том 1. Наука логики, § 90/Георг Вильгельм Фридрих Гегель. – М.: Мысль, 1974. – 452 с.
48. Генкин, И.Л. Энтропия и эволюция Вселенной/И.Л. Генкин// Астрономия, методология, мировоззрение. – М., 1979. – С. 180 – 186.
49. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для студентов вузов / В. Е. Гмурман. – М.: Высшее образование, 2008. – 479 с.
50. Гнеденко, Б.В. Математические методы в теории надёжности / Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М.: Наука, 2010 – 524 с.
51. Горбачев, С.В. Оценка экономической эффективности мероприятий по организации дорожного движения: методическое указание по курсовому и дипломному проектированию/С.В. Горбачев, Т.М. Шпильман, А.Н. Фролов. Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 46с.
52. ГОСТ 6875-54. Автомобили грузовые. Методы контрольных испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1974. – 349 с.
53. ГОСТ 22576-90. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 34 с.
54. ГОСТ 20306-90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытания. – М.: Издательство стандартов, 1991.-34 с.
55. ГОСТ Р 52399 – 2005. Геометрические элементы автомобильных дорог. – М.: Стандартиформ, 2006. – 11 с.
56. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава (взамен ГОСТ 12536-79). – М.: Стандартиформ, 2019. – 103 с.
57. ГОСТ 30412-96. Дороги автомобильные и аэродромы. Методы измерений неровностей оснований и покрытий. – М.: 1996. – 9 с.

58. ГОСТ Р 58137-2018. Дороги автомобильные общего пользования. Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла. – М.: Стандартинформ, 2018. – 52 с.

59. ГОСТ Р 51568-99 (ИСО 3310-1-90) Сита лабораторные из металлической проволоочной сетки. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 11 с.

60. ГОСТ 26899-68. Техническая диагностика. Стенды роликовые для определения параметров тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобилей и колесных тракторов в условиях эксплуатации. Общие технические требования. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 12 с.

61. Государственная целевая программа развития транспортного комплекса Республики Таджикистан до 2025 года (Утверждена постановлением Правительства Республики Таджикистан от 1 апреля 2011 года №165). – г. Душанбе, 2011. – 40 с.

62. Графкина, М.В. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник/ М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2016. – 320 с.

63. Гриб, С.И. Механика грунтов. Физические и механические характеристики грунтов / С. И. Гриб // – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 65 с.

64. Громов, Н.Н. Менеджмент на транспорте/Н.Н. Громов.– М.:Академия, 2006. – 528 с.

65. Губарев, А.В. Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических средств / А.В. Губарев, А.Г. Уланов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 564 с.

66. Гусев, С. И. Структура системы функционирования беспилотного аэротранспортного средства / С.И. Гусев, В.В. Елифанов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. –2020. – № 4 (92). С. 45-47.

67. Давлатшоев, Р.А. Повышение тормозных свойств автотранспортных средств в горных условиях эксплуатации: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / Р.А. Давлатшоев. – Душанбе, 2007. – 206 с.

68. Девятов, М.М. Формирование современных требований к транспортной инфраструктуре сельских муниципальных образований на основе исследования эволюции системы водитель-автомобиль-дорога-среда / М.М. Девятов, А.М. Поляков, Е.В. Столетов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – № 2(75). – С. 80–91.

69. Дулесов, А.С. Свойства энтропии технической системы/А.С. Дулесов, М.Ю. Семенова, В.И. Хрусталева // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8-3. – с. 631-636.

70. Дятлов, М.Н., Тодоров, А.Н. Профессиональная надежность водителя автомобильного транспорта / Молодой ученый. – 2013. – № 10 (57). – С. 134–138.

71. Егоров, А.Е. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента/ А.Е. Егоров, Г.Н. Азаров, А.В. Коваль; под ред. В.Г. Воронова. – Харьков: Вища шк., 1986. – 240 с.

72. Единые нормы амортизационных отчислений основных средств в Республике Таджикистан и таблица основных средств, включаемые в амортизационные группы. Утверждена согласно распоряжению, от 12 февраля 2014 года № 24. – г. Душанбе, 118 с.

73. Еремин, В.М. Концептуальная модель функционирования системы ВАДС как основа компьютерной имитации/В.М. Еремин//САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – №1(2). – С. 90–93.

74. Еремин, В.М. Методологические аспекты исследования системы «водитель-автомобиль-дорога-окружающая среда» / В.М. Еремин//Актуальные вопросы повышения безопасности движения: Сб. науч. трудов. – М.: МАДИ, 1988. – С. 4–8.

75. Ефанов, А.Н. Оценка эффективности функционирования транспортной системы / А.Н. Ефанов, Н.К. Румянцев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – №1. – С. 154 – 157.

76. Ефименко, В.Н. Пути обеспечения эксплуатационной надежности автомобильных дорог в природных условиях Сибири/ В.Н. Ефименко, С.В. Ефименко, М.В. Бадина//Транспортное строительство: транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 1. – С. 18 – 19.

77 Ефимова, Е. Г. Транспорт в мировом хозяйстве/Е.Г. Ефимова, – М.: Анкил, 2007. – 352 с.

78. Жемчугов, М.К. Цель и целеполагание в теории социальной организации/ М.К. Жемчугов//Проблемы экономики и менеджмента. – 2012. – №4. – С. 7–12.

79. Жуковец, А.Г. Содержание и ремонт автомобильных дорог: уч.-метод. пособие для выполнения курсового и дипломного проектирования / А.Г. Жуковец, Н.В. Бандюк. – Гомель: БелГУТ, 2016. – 61 с.

80. Зайцев, А.В. Обработка результатов полного факторного эксперимента: метод. указания к выполнению практической работы / А.В. Зайцев. – Курган: КГУ, 2016. – 23 с.

81. Зайцев, А.В. Планирование и обработка эксперимента при диффузионном хромировании деталей из серого чугуна / А.В. Зайцев, С.Н. Синицын, В.А. Фролов // Вестник КГУ. Серия «Технические науки». – 2011. – Вып. 6. – № 1 (20). – С. 83–85.

82. Закон Республики Таджикистан «О дорожном движении». № 1533 от 17 мая 2018 года. – г. Душанбе, 2018. –10 с.

83. Засмужец, С.И. Анализ эффективности работы грузового автотранспорта/ С.И. Засмужец // Планово – экономический отдел. – 2007. - № 7. – С. 25-29.

84. Захаров, Н.С. Влияние условий эксплуатации на долговечность автомобильных шин/ Н.С. Захаров. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1997. – 139 с.

85. Зимелев, Г.В. Теория автомобиля/ Г.В. Зимелев. – М.: Воениздат, 1957. – 455 с.
86. Золотарь, И.А. Повышение надежности автомобильных дорог/ И.А. Золотарь, В.К. Некрасов, С.В. Коновалов, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон. – М.: Транспорт, 1977. – 183 с.
87. Иванов, В.Н. Модель поведения водителя типа «стимул-реакция» / В.Н. Иванов. Н.А. Мурахина. – Труды МАДИ, 1974. – Вып. 73. – С. 71–83.
88. Иванов, В.Н. Проблемы обоснования эксплуатационных свойств и систем комплекса АВД: дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.10 / В.Н. Иванов – М.: МАДИ, 1970. – 416 с.
89. Иванов, В. Н. Экономия топлива на автомобильном транспорте / В. Н. Иванов, В. И. Ерохов. М.: Транспорт, 1984. - 302 с.
90. Иофинов С.А. Определение оптимальных значений эксплуатационных параметров при вероятностном характере величин/ С.А. Иофинов, Л.Е. Агеев, И.Н. Крячко, В.Ф. Скробач//Записки ЛСХИ. –Л. Пушкин, 1971. – Т.164. – Вып.1. – С. 13 ... 16.
91. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка/ С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. – М.: Колос, 1984 – 351 с.
92. Иларионов, В.А. Эксплуатационные свойства автомобиля (теоретический анализ) / В.А. Иларионов. – М.: Машиностроение, 1966. – 280 с.
93. Исмонзода, С.М. Проблемы обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Таджикистан / С.М. Исмонзода. – Орёл: ФГКОУ ВО Орловский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации имени В.В. Лукьянова. – 2019. – №1, – С. 209–213.
94. Исхаки, Ю.Б. Дыхательные пути и высокогорье / Ю.Б. Исхаки, А.А. Жаворонков, А.С. Ростовщиков. – Душанбе: Ирфон, 1989. – 128 с.
95. Каган, М.С. Человеческая деятельность. (Опыт системного анализа)/ М.С. Каган -М.: Политиздат, 1974. - 328 с.
96. Калитаев, А.Н. О понятиях «эффективность операции» и «качество военно-технических систем». Военная мысль № 2/1995, стр. 49 – 53.

97. Калужский, Я.А. Повышение безопасности движения средствами дорожноэксплуатационной службы / Я.А. Калужский, В.М. Кисляков, Ж.В. Бегма. – М.: Транспорт, 1971. – 149 с.

98. Кантаев, А.С. Определение гранулометрического состава дисперсных материалов / А.С. Кантаев, И.Д. Брус. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 12 с.

99. Канторович, Л.В. Проблемы эффективного использования и развития транспорта / Л.В. Канторович. – М.: Наука, 1989. – 304 с.

100. Каримов, Б.Б. Автомобильные дороги в условиях гор и жаркого климата. Том 1/ Б.Б. Каримов, А.М. Алиев. – М.: МПК, 2014. – 335 с.

101. Каримов, Б.Б. Дорожное хозяйство Таджикистана (Пути совершенствования) / Б.Б. Каримов – М.: МПК, 1993. – 328 с.

102. Каримов, Б.Б. Дорожно-климатическое районирование Таджикистана / Б.Б. Каримов, Т.А. Расулов // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2018. – № 3 (85). – С. 28-31.

103. Каримов, Б.Б. Обоснование рациональных конструкций дорожных одежд в предгорных и горных районах Таджикистана: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.14 / Б.Б. Каримов. - М.: МПК, 1987. - 15 с.

104. Каримов, Б.Б. Пути совершенствования дорожного хозяйства Таджикистана: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.23.11 / Б.Б. Каримов. – М.: Московский государственный автомобильно-дорожный институт, 1994. - 47 с.

105. Каримов, Б.Б. Рекомендации по выбору рациональных конструкций дорожных одежд в условиях Таджикской ССР / Б.Б. Каримов, О.А. Сяпич, В.К. Петренко, Ю.В. Бутлицкий и др. - Ташкент: Среднеазиатский филиал Союздорнии, 1982. - 124 с.

106. Карьерные самосвалы БелАЗ-7540А, БелАЗ-7540В, БелАЗ-7540С, БелАЗ-7540D, БелАЗ-7540К, БелАЗ-7547, БелАЗ-75471, БелАЗ-75473 и их модификации /Руководство по ремонту 7547-3902080 РС. Республика Беларусь. Изд.-завод, 2013. – 368 с.

107. Качество (Электронный ресурс). Режим доступа – <https://znaytovar.ru/new1090.html>. От 29.08.2022.
108. Квитко, Х.Д. Эффективность использования грузовых автомобилей / Х.Д. Квитко. – М.: Транспорт, 2003. – 174 с.
109. Кингман, Дж. Пуассоновские процессы: пер. с англ./Дж. Кингман: под ред. А. М. Вершика. – М.: МЦНМО, 2007. – 136 с.
110. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1982. – 319 с.
111. Киртбая Ю.К. Основы теории использования машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве. – Киев: Машгиз, 1957. – 288 с.
112. Кодекс автомобильного транспорта Республики Таджикистан от 12 февраля 2020 года, №1594. – г. Душанбе, 2020.– 43с.
113. Козлов, В.Г. Влияние погодно-климатических факторов на системы комплекса "водитель-автомобиль-дорога-среда" /В.Г. Козлов, А.В. Скрыпников, М.А. Абасов, В.В. Никитин, В.В. Самцов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 1. – С. 30–36.
114. Колесниченко, А. В. Конструирование энтропийной транспортной модели на основе статистики Цаллиса/А.В. Колесниченко//Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2013. – № 33. – 23 с.
115. Колчин, А.И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей. Учеб. пособие для вузов / А.И. Колчин, В.П. Демидов. 4-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 496 с.
116. Конов, М. Ю. Повышение топливной экономичности двигателя внутреннего сгорания/М.Ю. Конов// Молодой ученый. – 2017. – №24. – С. 155-159.
117. Кораблев, Р.А. Развитие и современное состояние работ по организации дорожного движения: учебное пособие/ Р.А. Кораблев. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГЛУ», 2015.–756 с.

118. Корн, Г. Справочник по математике для научных сотрудников и инженеров: определения, теоремы, формулы/Г. Корн, Т. Корн. – М: Наука, 1977. – 832 с.

119. Крамская, Е.В. Атлас Узбекской ССР, Киргизской ССР, Таджикской ССР, Туркменской ССР: Политико-адм. деление-по состоянию на 1 янв. 1988 г. Численность населения – на 1 янв. 1987 г. / Е.В. Крамская, Г.А. Золотухина, Г.Ф. Ткаченко. – М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР (ГУГК), 1988. – 75 с.

120. Крестовников, Г.А. Исследование режима максимальной скорости грузовых автомобилей и тягачей – Труды НАМИ, 1966. – Вып. 81. – С. 39–57.

121. Крянев, А. В. Математические методы обработки неопределенных данных / А. В. Крянев, Г. В. Лукин. –М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 216 с.

122. Лазарев, С.Н. Оценка качества безопасного функционирования автомобиля в дорожно-транспортной системе "водитель-автомобиль-дорога-среда" по статическим свойствам / С.Н. Лазарев, Н.А. Орешин, Д.А. Мамлеев // Управление деятельностью по обеспечению БДД: состояние, проблемы, пути совершенствования. – 2019. – № 1(2). – С. 278–284.

123. Лель, Ю.И. Карьерные автодороги их значимость и проблемы совершенствования / Ю.И. Лель, Ю.В. Стенин, А.Г. Колчанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 3. – С. 103–108.

124. Леонович, И.И. Диагностика автомобильных дорог: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-700301 «Автомобильные дороги» / И.И. Леонович, С.В. Богданович. – Минск: БНТУ, 2012. – 226 с.

125. Леонтович, М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика/ М.А. Леонтович. – М.: Наука, 1983 – 416 с.

126. Литвинов, А.С. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А.С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1989.-240 с.

127. Литвинов, А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А.С. Литвинов. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.

128. Лобанов, Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. -М.: Транспорт.1980. -311 с.

129. Логистические процессы и морские магистрали II в Азербайджане, Армении, Грузии, Казахстане, Молдове, Таджикистане, Туркменистане, Узбекистане, Украине. Проект мастер-плана «LOGMOS» – Приложение 5. Обзор автомобильного сектора. Проект. – 2013. – 178 с.

130. Луканин, В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда: учеб, пособие для вузов / В. Н. Луканин, А.П. Буслаев, М.В. Яшина // под ред. В. Н. Луканина. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 646 с.

131. Мамбеталин, К.Т. Штифтовая муфта сцепления / К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, А.М. Умирзоков // Полезная модель к изобретению RU №198627. – Российская Федерация. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2020. – 4 с.

132. Мамити, Г.И. Основные понятия и допущения теории движения колесных машин/Г.И. Мамити, А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, З.Т. Кочиев, С.А. Сланов//Журнал Кишоварз (Земледелец). – Душанбе: Теоретический и научно - практический журнал Таджикского аграрного университета им. Ш. Шохтемур. – 2019. – №3(83) – С. 96-99.

133. Мамити, Г.И. Ошибочные выводы теории автомобиля / Г.И. Мамити, М.С. Льянов, В.А. Ким, А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, Т.Т. Агузаров, С.А. Сланов // Журнал: Автомобильная промышленность. – 2020. – № 8.

134. Международные стандарты. «Управление качеством продукции». ИСО 9000-9004, ИСО 8402. — М.: Изд-во стандартов, 1988.

135. Мещеряков, Б.Г. Большой психологический словарь/Б.Г. Мещеряков, В.П. Зинченко - М.: Педагогика-Пресс, 2002 г. – 672 с. (раздел 2.10).

136. Мирзоева, Н.Ш. Совершенствование методологии финансирования содержания автомобильных дорог горного региона в обеспечении экономической безопасности: дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / Н.Ш. Мирзоева. – Душанбе, 2009. – 189 с.

137. Моисеенко, Р.П. К оценке долговечности автомобильных дорог/ Р.П. Моисеенко, В.Н. Ефименко // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2019. – Т. 21. – № 3. – С. 207–213.

138. Моисеенко, Р.П. Расчет надежности нежестких дорожных одежд методом моментов по критерию допускаемого прогиба/Р.П. Моисеенко, Г.В. Пушкарева, Б.Г. Акимов, А.О. Стешенко //Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2017. – № 6. – С. 220 –226.

139. Мурадов, Х.Я. О расчетных схемах для оценки устойчивости элементов системы «Склон-земляное полотно». МАДИ (ТУ) / Х.Я. Мурадов. – М.: Деп. в ЦБНТИ Инфрмавтодор в сборнике №12, 1998. – 16 с.

140. Мурахина, Н.А. Повышение безопасности дорожного движения методом оптимизации системы Автомобиль - Водитель – Дорога: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.11 / Н.А. Мурахина. – М., 1974. – 188 с.

141. Нарбут, А.Н. Автомобили: Рабочие процессы и расчет механизмов и систем. 2-е изд., испр. /А.Н. Нарбут.– М.: Изд-кий центр «Академия», 2008. – 235 с.

142. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на период до 2030 год. –Душанбе, 2016. –110 с.

143. Некрасов, В.И. Многофакторный эксперимент. Планирование и обработка результатов: учеб. пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1998. –146 с.

144. Николаенко, А.В. Топливная система дизеля (авторское свидетельство) / А.В. Николаенко, В.П. Зуев, Н. Парфенов, А.М. Умирзоков // Изобретение № 1574882. – Госкомизобретений СССР, 1990. – 5 с.

145. Нигматов, И.И. Особенности архитектурно строительного проектирования зданий, возводимых в условиях жаркого климата Центральной Азии / И.И. Нигматов. – Душанбе, 1993. – 216 с.

146. Ньютон, Исаак. Математические начала натуральной философии. Ч.3. Система мира. Перевод с латинского и примечания А.Н. Крылова/ Исаак Ньютон. –М.: Наука, 1989. –688 с.–ISBN 5-02-000747-1

147. Огвоздин, В. Ю. «Управление качеством. Основы теории и практики»: Учебное пособие, 6-е издание/ В.Ю. Огвоздин. – М., Изд. «Дело и Сервис», 2009. – 304 с.

148. Олемской, А.И. Синергетика сложных систем: Феноменология и статистическая теория/А.И. Олемской, – М.: КРАСАНД, 2009. – 384 с.

149. ООО «ТехКомплектСервис» / Технические характеристики / самосвалы HOWO-ZZ3257N3847N1 и SHACMAN-SX3256DR384 [Электронный ресурс], – режим доступа: <https://tehkomservis.ru/> (дата обращения 19.12.2019).

150. Определение гранулометрического состава дисперсных материалов: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501–Химическая технология материалов современной энергетики/сост. А.С. Кантаев, И.Д. Брус//Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

151. Основы системного подхода и их приложение к разработке территориальных АСУ /под ред. Ф.И. Перегудова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1976. – 440 с.

152. Оценка ровности конструктивных слоёв дорожной одежды универсальной дорожной рейкой: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология и организация работ по строительству дорожной одежды» / сост. Е.В. Андреева. – Омск: СибАДИ, 2011 - 16 с.

153. Папков, Б.В. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков/ Б.В. Папков, А.Л. Куликов. – М.: Юрайт, 2019. – 470 с.

154. Песков, В.И. О новой теории движения колесной машины / В.И. Песков // Автомобильная промышленность. – 2020. – № 4. – С. 19 – 20.

155. Петрушов, В.А. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов /В.А. Петрушов, С.А. Шуклин, В.В. Московкин. – Москва. Машиностроение, 1975. – 224 с.

156. Петрушов, В.А. Способы обобщенной оценки влияния схемы привода на расход топлива автомобилем/В.А. Петрушов – «Автомобильная промышленность». – 1966. – №12. – С. 23–77.

157. Погода в Таджикистане [Электронный ресурс], – режим доступа: <http://tajikistan.pogoda360.ru/603282/> (дата обращения: 19.10.2019).

158. Половко, А.М. Основы теории надежности. 2-е изд., перераб. и доп./ А.М. Половко, С.В. Гуров. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

159. Поначугин, А.В. Актуальные проблемы разработки и внедрения автоматизированной системы управления на городском пассажирском транспорте/ А.В. Поначугин, В.А. Соколов. – Белгород: Научные ведомости Белгородского государственного национального исследовательского университета (БелГУ). Серия Экономика. Информатика. – 2018. – № 2. – Том 45. – С.353–362. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-2-353-362

160. Пугачёв, И. Н. Экологические проблемы надёжности системы «Водитель - автомобиль - дорога - среда» / И. Н. Пугачёв, П. А. Пегин // Проблемы безопасности и совершенствования учебного процесса: Сб. науч. ст. // Под ред. Л. П. Майоровой, Л. Ф. Юрасовой, Т. В. Гомзы. - Хабаровск: Изд-во Хабар, гос. техн. ун-т, 2001. - С. 65-68.

161. Рахимов, Я.А. Человек и высокогорье / Я.А. Рахимов, Л.Е. Этинген, В.Ш. Белкин. – Душанбе: Ирфон, 1982. – 96 с.

162. Реброва, И.А. Планирование эксперимента: метод. учебное пособие/И.А. Реброва. – Омск: СиБАДИ, 2010. – 105с.

163. Ревина, И.В. Планирование эксперимента: метод. указания при работе над курсовыми работами и дипломным проектом/И.В. Ревина. – Омск: Издательство ОмГТУ, 2015. – 50 с.

164. Резник, Л.Г. Теоретические основы адаптации автомобилей. Корректирование норм расхода топлива/ Л.Г. Резник, Н.И. Кузьмицкая. – Тюмень: ТюмГНУ, 2010. – 188 с.

165. Резник, Л.Г. Экономия топливно-энергетических ресурсов на автомобильном транспорте/Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков. – Тюмень: «Б. и.», 1984. - 35 с.

166. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации/ Л. Г. Резник, Г. М. Ромалис, С. Т. Марков. – М.: Транспорт, 1989. - 128 с.

167. Саидзода, Р.Х. Энтропия Цаллиса/Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков//Вестник технологического университета Таджикистана. №3 (34) – 2023.- С.47-54.

168. Саидзода, Р.Х. Управление энергетической эффективностью функционирования системы ВАДС / Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 4 (64) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2023.– С.70–77.

169. Саидзода, Р.Х. Концептуальный инновационный системно-энергетический подход повышения эффективности системы ВАДС / Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 4 (64) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2023.– С.86–93.

170. Саидзода, Р.Х. Методика количественной оценки качества ремонтируемых технических систем/Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. -№1.- С. 137-141.

171. Саидов, Ш.В. Инерционно-электростатический воздухоочиститель для ДВС (авторское свидетельство) / Ш.В. Саидов, Б. Азамов, А.М. Умирзоков // Изобретение № 1409769. – Госкомизобретений СССР, 1988. – 5 с.

172. Саидов, Ш.В. Повышение эффективности энергетических установок с воздушным охлаждением на мобильных хлопководческих агрегатах обеспечением рациональных показателей надежности, топливной

экономичности и уровня эксплуатации: автореферат диссертации доктора технических наук / Ш.В. Саидов. – Л.: ЛСХИ, 1990. – 42 с.

173. Саидов, Ш.В. Управление качеством и конкурентоспособностью двигателей. Учебное пособие для технических вузов/Ш.В. Саидов, А.А. Саибов. – Душанбе, 2008. – 400 с.

174. 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). – Выпуск 2(61), апрель- июнь, 2020. – С.10-16.

175. Сайдуллозода, С.С. Оценка надежности системы ВАДС/ С.С. Сайдуллозода, К.Т.Мамбеталин, А.М. Умирзоков, У.М. Маллабоев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение», 2020. – Т. 20. – № 1. – С. 38–46.

176. 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.

177. Сайдуллозода, С. С. Оценка энергетических затрат автомобилей-самосвалов на основе модели их функционирования в горных условиях Республики Таджикистан: автореферат дисс. к.т.н.: 05.05.03/ С.С. Сайдуллозода. – Челябинск: ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 2022. - 23 с.

178. Самойлов, Д.С. Организация и безопасность городского движения / Д.С. Самойлов, В.А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1972. – 256 с.

179. Самцов, В.В. Методы нелинейного программирования, используемые при проектировании трассы/В.В. Самцов, М.А. Абасов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – № 225. – С. 131–143.

180. Сафаров, Н. Республика Таджикистан. Национальная стратегия и план действий по сохранению и рациональному использованию биоразнообразия / Н. Сафаров. – Душанбе, 2013. – 216 с.

181. Семенов, Н.В. – Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. / Н.В. Семенов; Под ред. С.И. Белоцерковской – М.: Транспорт, 1993. – 190 с.
182. Сергеев, А.Г. Метрологическое обеспечение эксплуатации технических систем/А.Г. Сергеев. – М.: Изд. МГОУ, 1994. – 488 с.
183. Сидяков, В.А. Карьерные автомобильные дороги: проектирование, строительство, содержание / В.А. Сидяков, А.Г. Колчанов, Ю.В. Стенин – Москва: Недра, 2011. – 143 с.
184. «Синяя книга» IRU Международного союза автомобильного транспорта (МСАТ) «Автомобильный транспорт Таджикистана 2008– 2009». – Москва, 2009. – 163 с.
185. Скворцова, Т.В. Повышение надёжности звена "водитель" в системе "водитель-автомобиль-дорога среда" / Т.В. Скворцова // Воронежский научно-технический Вестник. – 2012. – Т. 1. – № 1. – С. 26–33.
186. Скрыпников, А.В. Комплекс "водитель-автомобиль-дорога-среда" как двухуровневая децентрализованная система обслуживания /А.В. Скрыпников, Е.В. Чернышова, М.А. Абасов, П.В. Тихомиров //Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 5. – С. 81–87.
187. СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 112 с.
188. СНиП 2.05.07-91 «Промышленный транспорт» / Министром России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 112 с.
189. Современные программные системы компании Modular Mining для управления горным оборудованием на карьерах // Горная промышленность. 1996. №4. С. 46. URL: <https://mining-media.ru> (дата обращения: 23.01.2018).
190. Соколовская И.Ю. Полный факторный эксперимент / И.Ю. Соколовская // Методические указания для самостоятельной работы студентов. – Новосибирск: НГАВТ, 2010. – 36 с.
191. Степанов, И.С. Влияние элементов системы водитель-автомобиль-дорога среда на безопасность дорожного движения: Учебное пособие / И.С.

Степанов, Ю.Ю. Покровский, В.В. Ломакин, Ю.Г. Москалева – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 171 с.

192. СТ РТ 1087 –2009. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию/М.Б. Саидов, А.А. Турсунов, У.Г. Рахмонов У.Г. А.М. Умирзоков и др.// Стандарт РТ. Издание официальное. Агентство по стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции РТ. – Душанбе, 2019. – 43 с.

193. СТ РТ 1088 –2009. Автотранспортные средства. Периодический осмотр. Методы контроля /М.Б. Саидов, А.А. Турсунов, У.Г. Рахмонов У.Г. А.М. Умирзоков и др.// Стандарт РТ. Издание официальное. Агентство по стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции РТ. – Душанбе, 2009. – 39 с.

194. Сурмин, Ю.П. Теория систем и системный анализ: учебное пособие / Ю.П. Сурмин – Киев: МАУП, 2003. – 368 с.

195. Таджикистан. Обзор деятельности по борьбе с изменением климата. Доклад. (подготовлена командой экспертов во главе с Джитендра Шах (Jitendra Shah), координатором Департамента устойчивого развития стран Европы и Центральной Азии (ECSN) и группой экспертов. г. Душанбе – 2013 г. -18 с.

196. Таджикская Советская Социалистическая Республика. Таджикская Советская Энциклопедия. Том 6 / Под ред. Асимова М. С. - Душанбе: Издательство Академии наук Таджикской ССР, 1984. - 406 с.

197.Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов / В. П. Тарасик. – Минск: ДизайнПРО, 2004. – 640 с.

198. Токарев, А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля / А.А. Токарев. – М.: Машиностроение, 1982. – 224 с.

199. Турсунов, А.А. Адаптация автомобилей к суровым горным условиям эксплуатации/А.А. Турсунов// Доклады АН РТ, 2002. – Том XLV. – № 11-12. – С. 106-114.

200. Турсунов, А.А. Влияние горной среды на эффективность использования вакуумных приборов / А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков//

Политранспортные системы. Материалы V Всероссийской научно-технической конференции, Красноярск, 21-23 ноября 2007 г.: в 2-х частях. Ч.2. – Сиб. федер. Ун-т; Плитехн. ин-т, 2007. – С. 124 – 127.

201. Турсунов, А.А. Влияние метеорологических условий горного региона на эффективность работы АТС / А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков // Вестник Таджикского технического университета. – 2008. – Т.1. – № 1. – С.68–70.

202. Турсунов, А.А. Надежность водителя автомобиля в горных условиях /А.А. Турсунов, Я. Юсупов // Труды ТТУ, Серия: Транспорт и дорожное хозяйство, Вып. 2. – Душанбе, 1999. – С. 28–30.

203. Турсунов, А.А. Оценка влияния параметров горной среды на энергетические показатели энергоустановок транспортных машин / А.А. Турсунов, М.А. Абдуллоев, А.М. Умирзоков // Транспортные и транспортнотехнологические системы: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – С. 330 – 334.

204. Турсунов, А.А. Оценка суровости горных условий эксплуатации транспортных систем/А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков //Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы развития автомобильного автотранспорта и транспортных коммуникаций в Центрально-азиатском регионе». – Ташкент, 2007. – С. 169 – 171.

205. Турсунов, А.А. Применение SADT-моделирования в решении задач технической эксплуатации транспортных средств в горных условиях/ А.А.Турсунов, А.М.Умирзоков //Научный вестник МГТУ ГА. – № 147. – 2009 г.– С. 65-71.

206. Турсунов, А.А. Проблемы соответствия нормативов токсичности выхлопных газов АТС международным экологическим требованиям / А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков, М.А. Абдуллоев, О.С. Ниёзов// Материалы IV-ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке».ТТУ, 20-22 мая 2010 г. –Душанбе, 2010. – С. 91-93.

207. Турсунов, А.А. Пути повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях/ А.А. Турсунов, // ВИНТИ. Транспорт: наука, техника, управление. М., -2001. – №7.– С.37-40.

208. Турсунов, А.А. Управление нормативами технической эксплуатации автомобилей в горных условиях/ А.А.Турсунов, А.М. Умирзоков, М.А. Абдуллоев, Ш.С. Алиев// Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ: материалы Международной научно-технической конференции.- Душанбе:ТТУ им. акад. М.С. Осими, 2011, ч.I.- 454 – С.221-224.

209. Турсунов, А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации: монография/А.А. Турсунов. – Душанбе: Ирфон, 2003. – 356 с.

210. Турсунов, А.А. Управление работоспособностью автомобилей в горных условиях эксплуатации: дисс. ... докт. техн. наук: 05.22.10 / А.А. Турсунов – Душанбе, 2002. – 441 с.

211. Турчак, Л. И. Основы численных методов: учебное пособие / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 304 с.

212. Уемов, А.И. Системный подход и общая теория систем / А.И. Уемов. – М.: Мысль, 1978.–272 с.

213. Уланов А.Г. Оптимизация расхода топлива автомобилем в зависимости от скорости его движения / А.Г.Уланов, А.М. Умирзоков, С.С.Сайдуллозода, А.А. Гафоров //Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 2 (58) – 2022. – С.128-132.

214. Умаров, М.М. Анализ методов оценки надежности сложных технических комплексов. Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса/М.М Умаров, А.Ю. Арутюнян. – Воронеж: ВГУИТ, 2015. – С. 76–81.

215. Умаров, М.М. Применение цифровых моделей местности для трассирования лесных автомобильных дорог/М.М. Умаров, Е.Ю. Микова//

Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 2 (262). – С. 58–69.

216. Умирзоков, А.А. Анализ влияния рельефа местности на функционирование системы ВАДС / А.М. Умирзоков, Н.Р. Гоибов, Дж. Аминов, Т.И., А.Л. Бердиев С.С. Сайдуллозода // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С.Осими. – 2021. – № 2 (54). – С.69-74.

217. Умирзоков, А.М. Влияние дорожных, климатических и эксплуатационных факторов на долговечность автомобильных шин / А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, М.А. Абдуллоев, Ф. Джобиров // Вестник Таджикского технического университета. – 2015. – № 3(31). – С. 89–94.

218. Умирзоков, А.А. Влияние тяжелых эксплуатационных условий высокогорья на долговечность автомобильных шин/ А.М. Умирзоков, А.А. Саибов// Неделя науки. Материалы Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной 20-ой годовщине Дня национального единства и Году молодежи. - Душанбе, 2017. – С. 64.

219. Умирзоков, А. М. Информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля/А.М. Умирзоков, А.Л. Бердиев, Дж.Ш. Тошев, Ф.И. Джобиров, О.К. Бобобеков, Х.Б. Хусейнов, Дж.З. Тошов//Малый патент на изобретение № TJ 1499. – Республика Таджикистан. Патентное ведомство, 2024. – 5 с.

220. 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.

221. Умирзоков, А.А. Эффективность системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС) / А.М. Умирзоков, У.М. Маллабоев, А.А. Саибов, А.А. Гафаров, Х.Б. Хусейнов// Вестник технологического университета Таджикистана. – 2019. – 1 (36). – С. 59-64.

222. 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.

223. Умирзоков, А.М. Классификация факторов, влияющих на пробег шин в условиях высокогорных карьеров / А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Ф.И. Джобиров, А.Х. Абаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 3(43). – С. 44–48.

224. Умирзоков, А.А. Климатические факторы и их влияние на нагрузочные характеристики дизелей/ А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Х.Б. Хуейнов // Материалы международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы». г. Тюмень: ТюмГНГУ, Уральское межрегиональное отделение Российской Академии транспорта (УрО РАТ), 2015. С – 308-312.

225. 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 ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. – 2019. – № 1 (Том 19). – С. 37–46.

226. Умирзоков, А.М. Корректирование нормативов ресурса шин грузовых автомобилей в горных условиях эксплуатации: монография / А.М. Умирзоков, Ф.И. Джобиров.– Душанбе: Типография ООО «Сифат офсет», 2023. –218 с.

227. 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.

228. Умирзоков, А.А. Особенности механизма изнашивания автомобильных шин в условиях горных карьеров / А.М. Умирзоков, И.П. Трояновская, А.Л. Бердиев С.С. Сайдуллозода//Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2022. – № 3(138). – С. 114-123.

229. Умирзоков, А.А. Ояндаи рушди автомобилкунонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон / А.М. Умирзоков, Дж.Ш. Тошев//Политехнический вестник. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С.Осими. Серия Инженерные исследования. – 2022. – № 2 (58). – С.124-128.

230. Умирзоков, А.М. Оценка сети автомобильных дорог Республики Таджикистан/ А.М. Умирзоков, Н.Р. Гоибов, С.С. Сайдуллозода, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – №3 (134). – С. 117–124.

231. 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 БГУ. – 2021. – №4. – С. 396–403.

232. Умирзоков, А.А. Оценка эффективности общественного маршрутного транспорта в г. Душанбе/ А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Б.Ж. Мажитов// Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими. №1(37)-2017.– Душанбе: Изд-е ТТУ им. акад. М.С. Осими, 2017. – С. 81-90.

233. Умирзоков, А.М. Оценка эффективности эксплуатации автомобилей в условиях высокогорья Республики Таджикистан / А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Б.Ж. Мажитов, А.Л. Бердиев, Ф.А. Турсунов // «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». Материалы XVIII Междунар. науч. практ. конф. 24-25 ноября 2016 г. – г. Владимир: ВГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Аркаим, 2016. – С. 37–43.

234. 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.

235. Умирзоков, А.М. Структура среды эксплуатации системы ВАДС / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, А.А. Гафаров, С.С. Сайдуллозода, А.А. Саибов, А.Х. Абаев, Ф.А. Гафаров // Вестник ТУТ. – 2018. – 3 (34), – С. 47–54.

236. Умирзоков, А.М. Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы Водитель–Автомобиль–

Дорога–Среда в горных условиях: монография/ А.М. Умирзоков. – Душанбе: Изд-во ООО «Сифат-Офсет», 2023 – 218 с.

237. Умирзоков, А.М. Устройство для саморегулирования давления воздуха в шине / А.М. Умирзоков, А.Л. Бердиев//Малый патент на изобретение № TJ 1390. – Республика Таджикистан. Патентное ведомство, 2023. – 4 с.

238. 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 Инженерный исследования. – 2019. – №1 (45). – С. 167–171.

239. Умирзоков, А.А. Энергетическая оценка эффективности пассажирского транспорта в г. Душанбе / А.М. Умирзоков, Э.Эмомджаъфар// Материалы научно-практической конференции «Безопасность движения и инновационные тенденции в транспорте» посвященный профессорам Турсунову А.А., Оеву А.М. и Сангинову О.К.// Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими. – Душанбе, 2020. – С. 152-155.

240. Умирзоков, А.А. Энтропийная модель оценки функционирования системы вадс на основе статистики Цаллиса/ А.М. Умирзоков, Р.Х. Саидзода// Вестник технологического университета Таджикистана. – 2023. –№4-1 (55). – С. 89-98.

241. Умирзоков, А.А. Эффективность системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС) / А.М. Умирзоков, У.М. Маллабоев, А.А. Саибов, А.А. Гафаров, Х.Б. Хусейнов// Вестник технологического университета Таджикистана. №1 (36) – 2019.- Душанбе, 2019. – С.59-64.

242. Ушаков, Л.С. Активный факторный эксперимент. Математическое планирование, организация и статистический анализ результатов: Уч. пособие/ Л.С. Ушаков, С.А. Рябчук, Ю.Е. Котылев - ОрелГТУ, 2002 – 39 с.

243. Фалькевич, Б.С. Теория автомобиля / Б.С. Фалькевич – М.: Машиностроение, 1963. – 259 с.

244. Фаробин, Я.Е. Оптимизация параметров автопоездов по производительности/Я.Е. Фаробин // Изв. вузов. Машиностроение, – 1980. – №10. – С. 71–83.

245. Фаробин, Я.Е., Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для международных перевозок / Я.Е. Фаробин, В.С. Шупляков. – М.: Транспорт, 1983. – 200 с.

246. Филькин, Н.М. Основы теории исследования эксплуатационных свойств автомобиля / Н.М. Филькин, Р.Ф. Шаихов, И.П. Буянов. – Пермь: ФГБОУ ВО Пермская ГСХА, 2016. – 241 с.

247. Фам, М.Ч. Инновация на транспорте/М.Ч. Фам, В.В. Чан, Т.Б. Хоанг. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://na-journal.ru/1-2018-gumanitarnye-nauki/1033-innovacii-v-sfere-transporta> (дата обращения: 03.08.2023).

248. Фатхутдинов, Р.А. Инновационный менеджмент: учебник для вузов / Р.А. Фатхутдинов. - СПб.: Питер, 2012. - 448 с.

249. Хакен, Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам/ Г.Хакен, – М.: Мир, 1991. – 240 с.

250. Хинчин, А.Я. Понятие энтропии в теории вероятностей/ А.Я. Хинчин // Успехи математических наук. – 1953. – Т. 8. – № 3. – С. 3–20.

251. Хусаинов, А.Ш. Эксплуатационные свойства автомобиля. Учебное пособие /А.Ш. Хусаинов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 109 с.

252 Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамически и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л.А. Черепанов. – Тольятти: ТолПИ, 2001. – 41 с..

253. Чернышов, В.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / В.Н. Чернышов, А.Н. Чернышов. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2008. – 96 с.

254. Черунов, П.В. Исследование системы формирования качества пневматических шин/П.В. Черунов//Секция 1–Материалы международного электронного научно–практического журнала «Современные научные исследования и разработки». –№ 6. – 2016 г. –С. 223 – 225.

255. Чирков, Е.В. Теоретические основы и методы математического моделирования лесовозных автомобильных дорог/ Е.В. Чирков, С.А. Поставнический // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018. № 6 (366). – С. 117–127.

256. Чудаков, Е. А. Пути повышения экономичности автомобиля / Е. А. Чудаков. – Вып.12. – Л.: Изд-во АН СССР, 1948. - 167 с.

257. Чудаков, Е.А. Теория автомобиля / Е.А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1950. – 343 с.

258. Шелейховский, Г.В. Композиция городского плана как проблема транспорта/ Г.В. Шелейховский.– М.: ГИПРОГОР, 1946. –129 с.

259. Ширинкин, Н.В., Стукалов Р.В. Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщенная модель их решения/ Н.В. Ширинкин, Р.В. Стукалов//Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий, 2015. –№ 4 (66). – С. 93–98.

260. Шарифов, А. Реструктуризация дорожной отрасли транспортного комплекса Республики Таджикистан: дисс...канд. экон. наук: 08.00.05 / А. Шарифов. – Душанбе, 2003. – 127 с.

261. Эффективность использования автомобильного транспорта в суровых условиях [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://infopedia.su/15x13ca2.html> (дата обращения: 03.01.2021).

262. Юдин, Ю. В. Организация и математическое планирование эксперимента: учебное пособие / Ю. В. Юдин, М. В. Майсурадзе, Ф. В. Водолазский. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 124 с.

263. ЮНЕП (англ. **UNEP, United Nations Environment Programme**) – Программа по окружающей среде, созданная в рамках системы ООН, способствующая координации охраны природы на общесистемном уровне. Программа учреждена на основе резолюции Генеральной Ассамблеи ООН под № 2997 от 15 декабря 1972 года (A/RES/2997(XXVII)). Основной целью ЮНЕП является организация и проведение мер, направленных на защиту и

улучшение окружающей среды на благо нынешнего и будущих поколений. Девиз Программы – «Окружающая среда в интересах развития».

264. Abishev, K.K. On the issue of reliability of a motor vehicle driver / K.K. Abishev // Bulletin of Semey Shakarim State University, 2015. – Vol. 2 (70). – P. 3–6.

265. Autonomous car development company Waymo. [Electronic resource] URL: <https://waymo.com>, dostup svobodnyj [free access] (accessed: 12.01.2022).

266. Bellet, T. Human driver modelling and simulation into a virtual road environment / T. Bellet, P. Mayenobe, J.C. Bornard, J.C. Paris, D. Gruyer, B. Claverie // Human Modelling in Assisted Transportation, 2011. – P. 251–262.

267. Belyaev, A.N. Theoretical foundations of the method of designing a clothoid track with approximation of succession of points/ A.N. Belyaev, V.G. Kozlov, E.V. Chernyshova // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2019. – T. 726. – P. 654–667.

268. Buss, D. Driver`s reliability and its effect on road traffic safety / D. Buss, K. Abishev, A. Baltabekova // Procedia Computer Science, 2019. – Vol. 149. – P. 463–466.

269. Caddy, Ian N. Supply chains and their management: Application of general systems theory / Ian N. Caddy, Mammy M. Helou // Journal of Retailing and Consumer Services. – 2007. – Vol. 14, iss. 5. – P. 319–327.

270. Curado, E.M.F., Generalized statistical mechanics: connection with thermodynamics/ E.M.F. Curado, C. Tsallis // J. Phys, 1991. – A 24. – P. L69-72.

271. Danko, D. M. The digital chart of the world project / D. M. Danko // Proceedings of the Eleventh Annual ESRI User Conference. – Environmental Systems Research Institute, 1991. – T. 1. – P. 1125–1128.

272. David, L.G. How does on-road fuel economy vary with vehicle cumulative mileage and daily use? / L.G. David, L. Jun, J.K. Asad, W. Behram, L.H. Janet, G. Richard // Transportation Research Part D. – Transport and Environment, 2017. – Vol. 55. – P. 142–161.

273. Davis, B. Driver's reliability and its effect on road traffic safety / B. Davis, A. Kairatolla, B. Almagul // *Procedia Computer Science*. – 2019. – Vol. 149. – P. 463–466.

274. Dorokhin, S.V. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision/ S.V. Dorokhin, V.G. Kozlov// *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. Vol. 12. No. 2. P. 511–515.

275. Dynamical foundations of nonextensive statistical mechanics. Preprint. 2001. URL: <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0105374>.

276. Fabian, D. What makes a good driver on public roads and race tracks? An interview study / D. Fabian , S. Falk , W. de Joost // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. – 2021. – Vol. 80. – P. 399–423

277. Farahmand, B. Effect of road geometry on driver fatigue in monotonous environments: A simulator study / B. Farahmand, A.M. Boroujerdian // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2018. – Vol. 58. P. 640–651.

278. Frauke, W. Conceptual model of the industry sector in an energy system model/W. Frauke, B. Mattia // *A case study for Denmark. Journal of Cleaner Production*, 2018. – Vol. 203. P. 427–443.

279. Gaoxiang, L. Impact of the dual-credit policy on improvements in fuel economy and the production of internal combustion engine vehicles / L. Gaoxiang, M. Haicheng, F. Tijun, K.Ch. Hing // *Resources, Conservation and Recycling*, 2000. – Vol. 156, P. 104712.

280. Glantz, M. New Hominin Remains from Uzbekistan / M. Glantz, B. Viola, P. Wrinn, T. Chikisheva, A. Derevianko, A. Krivoshekin, U. Islamov, R. Suleimanov, T. Ritzman. – *Journal of Human Evolution*, 2008. – 55 (2): P. 223–237.

281. Graser, A. Processing: A python framework for the seamless integration of geoprocessing tools in QGIS / A. Graser, V. Olaya // *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2015. – T. 4. – №. 4. – C. 2219–2245.

282. Gulevsky, V.A. Menzhulova A.S. Method of individual forecasting of technical state of logging machines/ V.A. Gulevsky, A.S. Menzhulova // В сборнике:

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering electronic resource. 2018. P. 042056.

283. Hans, J.W. Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption data from heavy-duty trucks / J.W. Hans, S. Morten // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2015. – Vol. 36. – P. 107–120.

284. Haque, M.O. Evaluating the effects of the road safety system approach in Brunei / M.O. Haque, T.H. Haque // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. – 2018. – Vol. 118. – P. 594–607.

285. Hastings, Global Land One-kilometer Base Elevation (GLOBE) Digital Elevation Model, Documentation / Hastings, A. David, Paula K. Dunbar // *Key to Geophysical Records Documentation (KGRD) 34*. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Geophysical Data Center, 325 Broadway, Boulder, Colorado 80303, U.S.A., 1999. – Vol. 1.0. – P. 44–56.

286. Herman, R. Characterizing Traffic Conditions in Urban Areas / R. Herman, S. Ardekani, *Transportation Science*, 1984. – Vol. 18(2). – P. 101–140.

287. Herman, R. Traffic Dynamics: Analysis of Stability in Car Following / R. Herman, E.W. Montroll, R.B. Potts. // *Operations Research*, 1959. – Vol. 7(1). – P. 86–106.

288. Ian, N.C. Supply chains and their management: Application of general systems theory / N.C. Ian, M.H. Mammy // *Journal of Retailing and Consumer Services*. – September, 2007. – Vol. 14, Issue 5. – P. 319–327.

289. Impact of the dual-credit policy on improvements in fuel economy and the production of internal combustion engine vehicles / L. Gaoxiang, M. Haicheng, F. Tijun, K.Ch. Hing // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2020. – Vol. 156. – Number 104712.

290. Jamous, Wael. Assessing travel time reliability implications due to roadworks on private vehicles and public transport services in urban road networks / Wael Jamous, Chandra Balijepalli // *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. – 2018. – Vol. 5, iss. 4. – P. 296–308.

291. Janssen, W.H. Driver Task Load in Different Road Environments / W.H. Janssen // Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting, 1983. – Vol. 27(4).– P. 323–323.

292. Jimenez, F. Advanced Driver Assistance System for road environments to improve safety and efficiency / F. Jimenez, J.E. Naranjo, J.J. Anaya, F. García, A. Ponz, J.M. Armingol // Transportation Research Procedia, 2016. – Vol. 14. – P. 2245–2254.

293. Joaquim, F. Cooperative sensing for improved traffic efficiency: The highway field trial / F. Joaquim, A. Muhammad, F. Bruno, S. Luis, A. João, M. Lara, C. Rui, I. Giovanni, C. Elena // Computer Networks, 2018. – Vol. 143. – P. 82–97.

294. Johnson, Rebecca. European national government approaches to older people's transport system needs / RebeccaJohnson, Jon Shaw, Jörn Berding, Matthias Gather, Markus Rebstock // Transport Policy. – 2017. –Vol. 59. – P. 17–27.

295. Kino, Yasunobu. Conceptual Modeling supported by Text Analysis / Yasunobu Kino // ProcediaComputer Science. – 2018. – Vol. 126. – P. 1387–1394.

296. Komarov, V. V., Arhitektura i standartizaciya telematiceskikh i intellektual'nyh transportnyh sistem. Zarubezhnyj opyt i otechestvennaya praktika. [Architecture and standardization of telematics and intelligent transport systems. Foreign experience and domestic practice]/V. V.Komarov, S. A. Garagan – Moscow: NTB «Energy», 2012 – 158 p.

297. Levushkin, D.M., Mogutnov R.V., Skrypnikov A.V. Mathematical modeling of damage function when attacking file server/D.M. Levushkin, R.V. Mogutnov, A.V. Skrypnikov// Journal of Physics: Conference Series, 2018. – T. 1015. – P. 032069.

298. Likaj, R. Mathematical and computer model of the car driver in a bumpy road / R. Likaj, A. Shala // 15th International Research / Expert Conference” Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, 2011, Prague, Czech Republic, 12-18 September.

299. Lina, S.V. Toward a greater understanding of Colombian professional truck drivers' safety performance / S.V. Lina, J.B. Michael // *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*. – 2020. – Vol. 73. – P. 188–204.

300. Navid, G. Road Safety Review update by using innovative technologies to investigate driver behavior / G. Navid, A. Ennia, V. Valeria // *Transportation Research Procedia*. – 2020. – Vol. 45. – P. 368–375.

301. Nesterov, Y. Static equilibrium in congested transportation networks / Y. Nesterov, A. de Palma // *Networks and Spatial Economics*, 2003. – V. 3. – P. 371–395.

302. Nicholas, P. Systems approach to city design: Exploring the compatibility of sociotechnical systems / P. Nicholas, Patorniti, J. S. Nicholas, M.S. Paul // *Habitat International*, 2017. – Vol. 66. – P. 42–48.

303. Nonextensive statistical mechanics and thermodynamics: Bibliography / URL: <http://tsallis.cat.cbpf.br/biblio.htm>.

304. Novak, M. Challenge of Human Factor Influence for Car Safety / M. Novak, Z. Votruba // *Symposium of Santa Clara on Challenges in Internet and Interdisciplinary Research -SSCCII-2004*.

305. Novak, M. Impacts of Driver Attention Failures on Transport Reliability and Safety and Possibilities of its Minimizing / M. Novak, Z. Votruba, J. Faber // *Lecture at conference SSGRR-2003*.

306. Oron-Gilad, T. Road Environment and Driver Fatigue / T. Oron-Gilad, R. Hancock // *Driving Assessment Conference*, 2005. – Vol. 3. – P. 318–324.

307. Patorniti, Nicholas P. A systems approach to city design: Exploring the compatibility of sociotechnical systems / Nicholas P. Patorniti., Nicholas J. Stevens., Paul M. Salmon // *Habitat International*. – 2017. – Vol. 66. – P. 42–48.

308. Rajak, S. Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic / S. Rajak, P. Parthiban, R. Dhanalakshmi // *Ecological Indicators*. – 2016. – Vol. 71. – P. 503–513.

309. Reed, W. J. On Pareto's law and the determinants of Pareto exponents/W.J. Reed//*J. Income Distribution*, 2004. –V. 13. –P.7-17.

310. Runzhe, H. Virtual Engine In-Cylinder Pressure Sensor for Automobiles and Agricultural Tractors / H. Runzhe, B. Christian, B. Georg // IFAC-PapersOnLine. – 2020. – Vol. 53. Issue 1. – P. 543–548.

311. Ryabova, O.V. Development of a strategy of the maintenance of transportation facilities taking into account the climatic conditions of Vietnam/ O.V. Ryabova, N.Ph. Ngoc// Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2017. № 1 (33). P. 48–60.

312. Saibov, A.A. Analysis of Theoretical Frameworks of Air Stream Motion and Heat Exchange with Cylinders and Their Heads for Air-Cooled Engines/ A A Saibov, A.M. Umirzokov, F M Mahmudova, S.S. Saidullozjda, Kh.Kh. Khabibullozoda//(Scopus). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 16–18 марта 2022 года.

313. Schwammle, V. Two-parameter generalization of the logarithm and exponential functions and Boltzmann-Gibbs-Shannon entropy / V.Schwammle, C. Tsallis // URL: <http://xxx.lanl.gov/abs/cond-mat/0703792>.

314. Sonu, Rajak. Sustainable transportation systems performance evaluation using fuzzy logic / Rajak Sonu, P. Parthiban., R. Dhanalakshmi. Ecological Indicators. 2016. – Vol. 71. – P. 503–513.

315. Trapeznikova, M. A. Simulating multilane traffic flows based on cellular automata theory/ M.A. Trapeznikova, I.R Furmanov, N.G. Churbanova, R. Lipp.//Mathematical Models and Computer Simulations. 2012. – Pp. 53– 61.

316. Tsallis, C. The role of constraints within generalized Nonextensive statistics/C. Tsallis, A.R. Plastino // Physica A.,1998. –V. 261. –P. 534-554.

317. Tsallis, C. Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics/ C.J. Tsallis// Stat.Phys, 1988. – V. 52. – P. 479-487.

318. 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 // Materials Science and Engineering, 2021. – P. 1–6.

319. Umirzokov, A.M. Assessment of the resource of elements of transportation machines operated in mining energy enterprises / A.M. Umirzokov, M. Abdullo, F.I.

Jobirov, S.S. Saidullozjda, A.B. Tashripov//(Scopus). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 23–25 сентября 2021 года. – St. Petersburg, 990 (2022). – P. 012063.

320. Umirzokov, A M. Classification of factors influencing the reliability of the drivervehicle-road-environment (DVRE) system in the conditions of mountain quarries/ A.M. Umirzokov, U.M. Mallaboev, S.S. Saidullozoda, Kh.Kh. Khabibullozoda //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. – Vol. 817. –P. 1–8.

321. Umirzokov, A.M. On issue of evaluating the effectiveness of the driver-car-roadenvironment (DCRE) system / A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, S.S. Saidullozoda // Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021. – P. 30–38.

322. Umirzokov, A.M. Road fuel consumption by a dump truck in mountain conditions/ A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, S.S. Saidullozoda // Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021. – P. 267–277.

323. Wael, Jamous. Assessing travel time reliability implications due to roadworks on private vehicles and public transport services in urban road networks. / Wael Jamous, Chandra Balijepalli // Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2018. – Vol. 5, – Issue 4. – P. 296–308.

324. Walnum, H.J. Does driving behavior matter? An analysis of fuel consumption data from heavy-duty trucks / H.J.Walnum, M. Simonsen // Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2015. – Vol. 36. – P. 107–120.

325. Wiese, Frauke. Conceptual model of the industry sector in an energy system model: A casestudy for Denmark/ Frauke Wiese, Mattia Baldini // Journal of Cleaner Production. – 2018. – Vol. 203. –P. 427–443.

326. Wikander, C.J. Evaluation of Auxiliary Device Efficiency in Heavy Vehicle Application / C.J. Wikander, J. Flemmer // 2013.

327. Wilson, A.J. Entropy maximizing models in the theory of trip distributions, mode split and route split/A.J. Wilson // J. Transp. Econ. Policy, 1969. –V. 3. –P. 108–126.

328. Wilson, A.J. A statistical theory of spatial distribution models/A.J. Wilson // Transp. Res, 1967. – V.1. – P. 253-269.

329. Zhang, Rong. Estimation of network level benefits of reliability improvements in intermodal freight transport / Rong Zhang, Wenliang Jian, Lóránt Tavasszy // Research in Transportation Economics. – 2018. – Vol. 70. – P. 1–8.

330. Zhou, M. A review of vehicle fuel consumption models to evaluate eco-driving and eco-routing / M. Zhou, H. Jin, W. Wang // Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2016. – Vol. 49. – P. 203–218.

ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

а) Монографии

[1-А] Умирзоков, А.М. Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы Водитель–Автомобиль–Дорога–Среда в горных условиях: монография/ А.М. Умирзоков. – Душанбе: Изд-во ООО «Сифат-Офсет», 2023 – 218 с.

[2-А] Умирзоков, А.М. Корректирование нормативов ресурса шин грузовых автомобилей в условиях строительства гидротехнических сооружений (на примере строительства Рогунской ГЭС): монография/А.М. Умирзоков, Ф.И. Джобиров. – Душанбе: Изд-во ООО «Сифат-Офсет», 2024–148 с.

б) Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при президенте РТ для опубликования научных результатов докторских диссертаций

[3-А] Умирзоков, А.М. Основные понятия и допущения теории движения колесных машин/ Г.И. Мамити, А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, З.Т. Кочиев, С.А. Сланов//Журнал Кишоварз (Земледелец). №3(83), 2019. Теоретический и научно - практический журнал Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур.- Душанбе, 2019. – С. 96-99.

[4-А] Умирзоков, А.М. Оптимизация расхода топлива автомобилем в зависимости от скорости его движения/А.Г. Уланов, А.М. Умирзоков, С.С. Сайдуллозода, А.А. Гафоров //Политехнический вестник. Серия Инженерные

исследования. № 2 (58) – 2022. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2022.– С.128-132.

[5-А] Умирзоков, А.А. Анализ влияния рельефа местности на функционирование системы ВАДС/А.М. Умирзоков, Н.Р. Гоибов, Дж. Аминов, Т.И. Ахунов, А.Л. Бердиев С.С. Сайдуллозода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. № 2 (54) – 2021.– С.69-74.

[6-А] Умирзоков, А.М. Влияние дорожных, климатических и эксплуатационных факторов на долговечность автомобильных шин / А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, М.А. Абдуллоев, Ф. Джобиров // Вестник Таджикского технического университета. – 2015. – № 3(31). – С. 89–94.

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

[8-А] Умирзоков, А.М. Классификация факторов, влияющих на пробег шин в условиях высокогорных карьеров/А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Ф.И. Джобиров, А.Х. Абаев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 3(43). – С. 44–48.

[9-А] Умирзоков, А.А. Ояндаи рушди автомобилкунонӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон / А.М. Умирзоков, Дж.Ш. Тошев//Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 2 (58) – 2022.- С.124-128.

[10-А] Умирзоков, А.А. Оценка эффективности общественного маршрутного транспорта в г. Душанбе/ А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Б.Ж. Мажитов, А.Л. Бердиев, Ф.А. Турсунов. // Вестник ТТУ им. акад. М.С. Осими. №1(37)-2017. – С. 81-90.

[11-А] Умирзоков, А.М. Факторы, влияющих на расход запасных частей в условиях высокогорья/А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, А.А. Саибов, А.Х. Абаев, А.Л. Бердиев // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования, 2019. – №1 (45). – С. 167–171.

[12-А] Умирзоков, А.А. Энтропия системы ВАДС/ А.М. Умирзоков, А.Х. Абаев, А.Л. Бердиев // Журнал «Кишоварз» (Земледелец). №3(95), 2022. Теоретический и научно - практический журнал Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур-Душанбе, 2022.

[13-А] Умирзоков, А.М. Энергетический подход при оценке интенсивности износа пневматической шины/А.Л. Бердиев, А.М. Умирзоков// Журнал Кишоварз (Земледелец). №3(95) – 2022. Теоретический и научно - практический журнал «Кишоварз» Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур. - №3 (96). – 2022.– С.104–108.

[14-А] Умирзоков, А.М. Упрощение системы ВАДС/ А.М. Умирзоков// Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 1 (61) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2023.– С.99–104.

[15-А] Умирзоков, А.М. Долговечность тракторных шин в условиях Республики Таджикистан / А.М. Умирзоков// Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 2 (62) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2023.– С.133–138.

[16-А] Умирзоков, А.М. Экономическая эффективность функционирования системы ВАДС А.М. Умирзоков/Теоретический и научно-практический журнал «Земледелец» Таджикского аграрного университета им. Ш. Шотемур. –Душанбе, 2023. – №2(99). – С.143-149.

[17-А] Умирзоков, А.М. Простое двухточечное энтропийное моделирование функционирования системы ВАДС / А.М. Умирзоков // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 3 (63) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. 2023.– С.90–97.

[18-А] Умирзоков, А.М. Энтропия Цаллиса/Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков//Вестник технологического университета Таджикистана. №3 (34) – 2023.- С.47-54.

[19-А] Умирзоков, А.М. Управление энергетической эффективностью функционирования системы ВАДС / Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков //

Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 4 (64) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2023.– С.70–77.

[20-А] Умирзоков, А.М. Концептуальный инновационный системно-энергетический подход повышения эффективности системы ВАДС / Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков // Политехнический вестник. Серия Инженерные исследования. № 4 (64) – 2023. Научно-технический журнал ТТУ им. акад. М.С. Осими. - Душанбе, 2023.– С.86–93.

[21-А] Умирзоков, А.М. Энтропийная модель оценки функционирования системы ВАДС на основе статистики Цаллиса / А.М. Умирзоков, Р.Х. Саидзода // Вестник технологического университета Таджикистана. №1 (36) – 2024.- С.47-54.

[22-А] Умирзоков, А.М. Экономический эффект от повышения пробега пневматической шины /А.М. Умирзоков, Ф.И. Джобиров, А.Л. Бердиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. -№1. - С. 124-129.

[23-А] Умирзоков, А.М. Методика количественной оценки качества ремонтируемых технических систем/Р.Х. Саидзода, А.М. Умирзоков//Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. -№1.- С. 137-141.

[24-А] Умирзоков, А.М. Оценка энергоэффективности грузового автомобиля/ А.М. Умирзоков, Й.Н. Нурматзода, Ф.М. Махмудова, А.Л. Бердиев, Ф.И. Джобиров// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2024. -№3.- С. 68-73.

[25-А] Умирзоков, А.М. Оценка эффективности функционирования автомобиля в горных условиях эксплуатации/ А.М. Умирзоков// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. -№1.- С. 83-89.

[26-А] Умирзоков, А.М. Оценка суровости условий эксплуатации автомобилей на участке Душанбе – Сангвор Большого Памирского тракта/ А.М.

Умирзоков, Т.Ш. Назаров// Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. -№1.- С. 114-121.

[27-А] Умирзоков, А.М. Влияние метеорологических условий горного региона на эффективность работы АТС /А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков // Вестник Таджикского технического университета. – 2008. – Т.1. – № 1. – С.68–70.

[28-А] Умирзоков, А.М. Методика сравнительной оценки эффективности систем водитель –автомобиль – дорога – среда (ВАДС) и водитель – электромобиль – дорога – среда (ВЭДС) /А.М. Умирзоков, А.А. Алланазаров, А.Л. Бердиев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2025. – №2. – С. 110-113.

в) Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования научных результатов докторских диссертаций

[29-А] Умирзоков, А.М. Ошибочные выводы теории автомобиля / Г.И. Мамити, М.С. Льянов, В.А. Ким, А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, Т.Т. Агузаров, С.А. Сланов // Журнал: Автомобильная промышленность, 2020. – № 8. – С.48-64.

[30-А] Умирзоков, А.М. Конструкция и расчет сцепления автомобиля/ / С.С. Сайдуллозода, К.Т. Мамбеталин, А.М. Умирзоков, Б.К. Мирон// Вестник Московского автомобильно-дорожного Государств. технического университета (МАДИ). – Выпуск 2(61), апрель- июнь, 2020. – С.10-16.

[31-А] Умирзоков, А.М. С.С. Оценка надежности системы ВАДС/ С.С. Сайдуллозода, К.Т. Мамбеталин, А.М. Умирзоков, У.М. Маллабоев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение», 2020. – Т. 20. – № 1. – С. 38–46.

[32-А] Умирзоков, А.М. 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.

[33-А] Умирзоков, А.М. Применение SADT-моделирования в решении задач технической эксплуатации транспортных средств в горных условиях/ А.А.

Турсунов, А.М. Умирзоков // Научный вестник МГТУ ГА. – № 147. – 2009 г. – С. 65-71.

[34-А] 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 ЮУрГУ. Серия: Машиностроение. – 2019. – № 1 (Том 19). – С. 37–46.

[35-А] 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.

[36-А] Умирзоков, А.А. Особенности механизма изнашивания автомобильных шин в условиях горных карьеров / А.М. Умирзоков, И.П. Трояновская, А.Л. Бердиев С.С. Сайдуллозода // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2022. – № 3(138). – С. 114-123.

[37-А] Умирзоков, А.М. Оценка сети автомобильных дорог Республики Таджикистан/ А.М. Умирзоков, Н.Р. Гоиров, С.С. Сайдуллозода, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – №3 (134). – С. 117–124.

[38-А] 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 БГУ. – 2021. – №4. – С. 396–403.

[39-А] 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.

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

[40-А] 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//Materials Science and Engineering, 2021. – P. 1–6.

[41-A] Umirzokov, A.M. Assessment of the resource of elements of transportation machines operated in mining energy enterprises / A.M. Umirzokov, M. Abdullo, F.I. Jobirov, S.S. Saidullozjda, A.B. Tashripov// (Scopus). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg. – St. Petersburg, 990 (2022). – P. 120-127.

[42-A] 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, Kh.Kh. Khabibullozoda //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. – Vol. 817. –P. 1–8.

[43-A] 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.

[44-A] Umirzokov, A.M. Road fuel consumption by a dump truck in mountain conditions/ A.M. Umirzokov, K.T. Mambetalin, S.S. Saidullozoda // Lecture Notes in Mechanical Engineering, 2021. – P. 267–277.

д) Научные статьи

[45-A] Умирзоков, А.А. Энергетическая оценка эффективности пассажирского транспорта в г. Душанбе / А.М. Умирзоков, Э. Эмомджаъфар// Материалы научно-практической конференции «Безопасность движения и инновационные тенденции в транспорте» посвященный профессорам Турсунову А.А., Оеву А.М. и Сангинову О.К.// Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими. – Душанбе, 2020. – С. 152-155.

[46-A] Умирзоков, А.А. Эффективность системы водитель-автомобиль-дорога-среда (ВАДС) / А.М. Умирзоков, У.М. Маллабоев, А.А. Саибов, А.А. Гафаров, Х.Б. Хусейнов// Вестник технологического университета Таджикистана. №1 (36) – 2019.- Душанбе, 2019. – С.59-64.

[47-A] Умирзоков, А.М. Влияние горной среды на эффективность использования вакуумных приборов / А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков// Политранспортные системы. Материалы V Всероссийской научно-технической

конференции, Красноярск, 21-23 ноября 2007 г.: в 2-х частях. Ч.2. – Сибирский федеральный университет: политехнический институт, 2007. – С. 124 – 127.

[48-А] Умирзоков, А.М. Оценка влияния параметров горной среды на энергетические показатели энергоустановок транспортных машин/А.А. Турсунов, М.А. Абдуллоев, А.М. Умирзоков//Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – С. 330 – 334.

[49-А] Умирзоков, А.М. Оценка суровости горных условий эксплуатации транспортных систем/А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков //Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы развития автомобильного автотранспорта и транспортных коммуникаций в Центрально-азиатском регионе». – Ташкент, 2007. – С. 169 – 171.

[50-А] Умирзоков, А.М. Проблемы соответствия нормативов токсичности выхлопных газов АТС международным экологическим требованиям / А.А. Турсунов, А.М. Умирзоков, М.А. Абдуллоев, О.С. Ниёзов// Материалы IV-ой Международной научно-практической конференции «Перспективы развития науки и образования в XXI веке». ТТУ, 20-22 мая 2010 г. –Душанбе, 2010. – С. 91-93.

[51-А] Умирзоков, А.М. Управление нормативами технической эксплуатации автомобилей в горных условиях/ А.А.Турсунов, А.М. Умирзоков, М.А. Абдуллоев, Ш.С. Алиев// Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ: материалы Международной научно-технической конференции.- Душанбе: ТТУ им. акад. М.С. Осими, 2011, ч.I.- 454 – С.221-224.

[52-А] Умирзоков, А.А. Влияние тяжелых эксплуатационных условий высокогорья на долговечность автомобильных шин/ А.М. Умирзоков, А.А. Саибов// Неделя науки. Материалы Республиканской научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава и сотрудников ТНУ, посвященной 20-ой годовщине Дня национального единства и Году молодежи. - Душанбе, 2017. – С. 64.

[53-А] 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.

[54-А] Умирзоков, А.А. Климатические факторы и их влияние на нагрузочные характеристики дизелей/ А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Х.Б. Хуейнов // Материалы международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы». – г. Тюмень: ТюмГНГУ, Уральское межрегиональное отделение Российской Академии транспорта (УрО РАТ), 2015. – С.308-312.

[55-А] Умирзоков, А.М. Оценка эффективности эксплуатации автомобилей в условиях высокогорья Республики Таджикистан / А.М. Умирзоков, А.А. Саибов, Б.Ж. Мажитов, А.Л. Бердиев, Ф.А. Турсунов // «Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств». Материалы XVIII Междунар. науч. практ. конф. 24-25 ноября 2016 г.: ВГУ им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Аркаим, 2016. – С. 37–43.

[56-А] Умирзоков, А.М. Структура среды эксплуатации системы ВАДС / А.М. Умирзоков, К.Т. Мамбеталин, А.А. Гафаров, С.С. Сайдуллозода, А.А. Саибов, А.Х. Абаев, Ф.А. Гафаров // Вестник ТУТ. – 2018. – 3 (34), – С. 47–54.

е) Авторские свидетельства и патенты

[57-А] Умирзоков, А.М. Автоматизированная искусственная неровность /А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, А.Г. Цаболов//Патент на изобретение №2763649. – Российская Федерация. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2021. – 6 с.

[58-А] Умирзоков, А.М. Разделительный барьер для автомобильных дорог / А.Х. Абаев, А.М. Умирзоков, А.Г. Цаболов//Патент на изобретение №2759566. – Российская Федерация. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2021. – 7 с.

[59-А] Умирзоков, А.М. Штифтовая муфта сцепления/К.Т. Мамбеталин, С.С. Сайдуллозода, А.М. Умирзоков//Полезная модель к изобретению RU

№198627. – Российская Федерация. Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2020. – 4 с.

[60-А] Умирзоков, А.М. Инерционно-электростатический воздухоочиститель для ДВС (авторское свидетельство)/Ш.В. Саидов, Б. Азамов, А.М. Умирзоков//Изобретение № 1409769. – Госкомизобретений СССР, 1988. – 5 с.

[61-А] Умирзоков, А.М. Устройство для саморегулирования давления воздуха в шине/А.М. Умирзоков, А.Л. Бердиев//Малый патент на изобретение № TJ 1390. – Республика Таджикистан. Патентное ведомство, 2023. – 4 с.

[62-А] Умирзоков, А. М. Информационно-измерительная система для оценки энергоэффективности грузового автомобиля/А.М. Умирзоков, А.Л. Бердиев, Дж.Ш. Тошев, Ф.И. Джобиров, О.К. Бобобеков, Х.Б. Хусейнов, Дж.З. Тошов//Малый патент на изобретение № TJ 1499. – Республика Таджикистан. Патентное ведомство, 2024. – 5 с.

ж) Государственные стандарты

[63-А] СТ РТ 1087 – 2009. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию/М.Б. Саидов, А.А. Турсунов, У.Г. Рахмонов У.Г. А.М. Умирзоков и др.// Стандарт РТ. Издание официальное. Агентство по стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции РТ. – Душанбе, 2019. – 46 с. (Дата введения с 01.01. 2010 г.).

[64-А] СТ РТ 1088 – 2009. Автотранспортные средства. Периодический осмотр. Методы контроля/М.Б. Саидов, А.А. Турсунов, У.Г. Рахмонов У.Г. А.М. Умирзоков и др.// Стандарт РТ. Издание официальное. Агентство по стандартизации, метрологии, сертификации и торговой инспекции РТ. – Душанбе, 2009. – 39 с. (Дата введения с 01.01. 2010 г.).

ПРИЛОЖЕНИЯ А

АКТЫ В НЕДРЕНИЯ

ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ҶАМЪИЯТИ САҶОМИИ
КУШОДАИ
«СОХТМОНИ АСОСИ»



РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ
ОБЩЕСТВО
«СОХТМОНИ АСОСИ»

735417, Ҷумҳурии Тоҷикистон, шаҳри Роғун, Майдони сохтмони №1, Тел: (83134) 2-22-56, E-mail: sokhimoni_asosi@mail.ru
o/x 20202972016900042394, МФО: 350101369, x/x 20402972413691, ЧСК «Ориёнбон» дар шаҳри Душанбе



УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
ОАО «Сохтмони асоси»

Ш. С. И. Шарипов С.И.

«___» _____ 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, полученных в диссертации Умирзокова Ахмада Маллабоевича на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» на тему: «Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы водитель–автомобиль–дорога–среда в горных условиях»

Комиссия в составе: председателя Мирзоева Ф.С. и членов комиссии **Хакимова С.А. и Сангова Ё.Т.** свидетельствует о том, что при разработке теоретических основ оценки и повышения эффективности функционирования системы водитель–автомобиль–дорога–среда в горных условиях были реализованы следующие научные результаты, полученные в докторской диссертации Умирзокова А. М.:

- практические рекомендации по оценке и повышению эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;

- методика комплексной оценки эффективности водителя, автомобиля, дороги и среды в горных условиях в горных карьерах строительства Рогунской ГЭС;

- методика и результаты энергетической эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях;

- результаты комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях для различных моделей автосамосвалов *

- сравнительные оценочные показатели комплексной энергетической эффективности системы ВАДС в горных условиях по линейному расходу топлива

- математические модели, полученные по результатам многофакторного эксперимента;

- методика и результаты оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях на основе предлагаемого автором инновационного системно - энергетического оптимизационного подхода;

- обобщенные результаты теоретических и экспериментальных исследований путевого расхода топлива грузовых автомобилей от условий эксплуатации в горных карьерах при движении автомобилей с грузом и без груза;

- оценочные показатели отдельных компонентов и эффективности системы ВАДС при ее функционировании в горных карьерных условиях, в зависимости от высоты н.у.м. и коэффициента грузоподъемности большегрузных автомобилей-самосвалов марки БелАЗ-7540В и SHACMAN-SX3256DR384

- численные значения эффективностей компонентов системы ВАДС, установленные экспериментальным путем для условий эксплуатации автомобилей-самосвалов в горных карьерах при строительстве Рогунской ГЭС;

- разработанные математические модели оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС, а также предложенные зависимости энергетических показателей автомобилей, объема и производительности грузоперевозок, полученные на основе разработанного инновационного системно - энергетического оптимизационного подхода, которые могут быть использованы при технико-экономических расчетах по установлению транспортно-эксплуатационных затрат, при сравнении горных и равнинных различных шин в конкретных условиях эксплуатации;

Реализация материалов диссертации Умирзокова А.М. позволила:

- использовать результаты исследования с целью прогнозирования и уточнения показателей надежности, качества и эффективности функционирования системы ВАДС, в зависимости от дорожно-климатических условий в различных высотах н.у.м.и разработки, концепций, методологий и рекомендаций по повышению эффективности функционирования транспортной системы;

- анализ результатов исследования об особенностях функционирования большой и сложной системы ВАДС в суровых горных условиях позволил разработать концепции, теоретические и прикладные положения, математические модели, методологию и подходы, совокупность которых можно квалифицировать как новое научное достижение, направленное на решение теоретико-прикладной проблемы оценки и повышения эффективности системы, имеющего важное народнохозяйственное значение для развития автотранспортных процессов и экономики Республики Таджикистан.

Результаты научных и экспериментальных исследований, полученных Умирзоковым Ахмадом Маллабоевичем в процессе выполнения диссертации на тему «Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы водитель–автомобиль–дорога–среда в горных условиях» обсуждены в научно-техническом Совете дирекции ОАО «Рогунская ГЭС» и рекомендованы к применению в горных карьерных условиях строительства гидротехнических сооружений.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

Результаты исследования внедрены в автотранспортных предприятиях дочернего акционерного общества ОАО «Рогунская ГЭС» Республики Таджикистан.

Полученные результаты приняты к сведению в различных горных карьерах при строительстве ГТС и добыче полезных ископаемых.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- уточнены влияние элементов системы ВАДС и различных их сочетаний на формирование эффективности ее функционирования в горных карьерных условиях, на основе чего разработана и предложена формула для определения эксплуатационной мощности ДВС, с учетом горных и высокогорных условий эксплуатации с дополнительным уточнением влияния высоты н.у.м.;

- комплексный коэффициент влияния эффективности функционирования системы ВАДС в условиях горных карьеров.

- основные положения исследования состоят из более 60 печатных работ, в том числе более 20 статей в журналах, рекомендованных ВАК при президенте РТ, 12 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 6 работах в журналах с международным индексом цитирования, 2 монографиях, 2 стандартах РТ, а также 6

изобретениях и патентах.

Лабораторные, дорожные экспериментальные и хронометражные исследования по оценке и повышению эффективности функционирования системы ВАДС проведены частично в условиях строительства Рогунской ГЭС, при участии сотрудников инженерно-технических служб Основного строительства ОАО «Рогунская ГЭС», что свидетельствует о высокой достоверности полученных результатов.

В целом, применение результатов исследований способствует повышению эффективности функционирования системы ВАДС на основе расчетов оценки и обоснования энергетических, трудовых, материальных и денежных средств с учетом особенностей горных условий эксплуатации. Кроме того, внедрение результатов исследований в производство позволяет оценить экономическую эффективность функционирования системы ВАДС, согласно которой себестоимость грузоперевозок в зависимости от условия эксплуатации и грузоподъемности автомобиля-самосвала может варьировать в следующих пределах: для автомобиля БелАЗ-7540В от 0,85 до 1,50 сомони/ткм; для автомобиля SHACMAN-SX3256DR384 от 0,70 до 1,43 сомони/ткм.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Начальник отдела главного механика


(подпись)

Мирзоев Ф. С.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Начальник производственно-технического отдела


(подпись)

Сангов Ё.Т.

Главный инженер отдела главного механика


(подпись)

Хакимов С.А.

Подписи Мирзоева Ф. С., Хакимова С.А. и Сангова Ё.Т. заверяю:

Начальник отдела кадров




(подпись)

Холов Д.



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ЗАО «Таджикцемент»
Ибодуллозода О.И.
25 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

о внедрении в ЗАО «Таджикцемент», полученных результатов диссертационной работы Умирзокова Ахмада Маллабоевича, выполненной на тему «Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы водитель–автомобиль–дорога–среда в горных условиях»

Результаты исследований по диссертационной работе Умирзокова А.М., в частности предложенная концепция комплексной энергетической оценки и разработанные математические модели на ее основе позволяют дать адекватную оценку и изыскать пути повышения эффективности функционирования системы ВАДС.

С практической точки зрения особый интерес представляют инновационные подходы повышения эффективности функционирования системы ВАДС, в частности:

- общие положения инновационной стратегии в сфере автомобильного транспорта в Республике Таджикистан;
- концептуальный инновационный системно - энергетический подход повышения эффективности системы ВАДС;
- научно-методический инновационный подход оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС;
- применение идентификационных технологий в области повышения эффективности функционирования системы ВАДС, применение которых на основе предложенных в работе методов и подходов и их метрологическое обеспечение позволяют управлять эффективностью функционирования системы ВАДС, что особенно важно в горных и высокогорных условиях деятельности водителя, эксплуатации автомобиля и дороги, а также изменчивости параметров среды.

На основе обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны практические рекомендации по оценке и повышению эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях, которые подлежат внедрению в производство.

В качестве наиболее важных практических рекомендаций, направленных на повышение эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях, можно отметить следующие положения:

- целесообразность оценки эффективности различных марок грузовых автомобилей по фактическим значениям транспортного расхода топлива;
- повышение эффективности функционирования системы ВАДС путем снижение ее сложности, которое можно осуществлять исключением или снижением сложности отдельного ее компонента системы, в данном случае посредством внедрения беспилотного управления автомобилем, а также благодаря снижению сложности дороги за счет рационализации ее геометрии в плане и профиле, а также повышению качества дорожного покрытия;
- необходимость рационального комплектования транспортно-погрузочных средств с учетом специфики транспортного процесса и условий их осуществления в горных условиях;
- повышение эксплуатационной надежности автомобиля путем своевременного и качественного проведения ТО и ремонта, оптимизации нагрузочно-скоростного режима движения;
- разработка мер по снижению расхода топлива и смазочных материалов, а также по сокращению затрат на запасные части и ремонтные материалы;
- повышение надежности дороги путем своевременного и качественного обслуживания, очистки поверхности дороги от засыпанных на ней обломков горных пород и инородных предметов, тем самым снижая уровень абразивности дорожного полотна;
- перевод автомобиля на дешёвые и доступные виды энергоносителей;
- перевод автомобиля на электрическую тягу;
- снижение влияния среды на надежность водителя, автомобиля и автомобильной дороги;
- внедрение искусственного интеллекта в сферу транспортных услуг для повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Начальник автотранспорта:



Исmoilов Н.З

Гл. механик:



Самиев Ш.К.

ПРИЛОЖЕНИЯ Б
АВТОРСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА И ПАТЕНТЫ



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 198627

ШТИФТОВАЯ МУФТА СЦЕПЛЕНИЯ

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)" ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)" (RU)*

Авторы: *Мамбеталин Кахим Токушевич (RU), Сайдуллозода Сайвали Сайдулло (TJ), Умирзоков Ахмад Маллабоевич (TJ)*

Заявка № 2020109848

Приоритет полезной модели 05 марта 2020 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 21 июля 2020 г.

Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает 05 марта 2030 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТӢ

НАХУСПАТЕНТ

№ TJ 1390

БА ИХТИРОИ

Дастгоҳ барои худтанзимтавии фишори ҳаво дар шина

Дорандаи нахустпатент Умирзоков Аҳмад Маллабоевич, Бердиев Алишер Луғмонович

Сарзамини Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муаллиф(он) Умирзоков Аҳмад Маллабоевич,
Бердиев Алишер Луғмонович

Аввалияти ихтироъ 27.02.2023

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 27.02.2023

Аризаи № 2301805

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои

Ҷумҳурии Тоҷикистон 2-июни с. 2023 ба қайд-гирифта шуд

Нахустпатент
этибор дорад аз 27 февралӣ с. 2023 то 27 февралӣ с. 2033



ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ
ПАТЕНТИ

НАХУСТПАТЕНТ

№ Т.Ј 1499

БА ИХТИРОИ

*Системаи иттилоӣ-ҷискуӣ барои баҳодихии самарадокии энергетикӣи
автомобили боркаш*

Дорандаи
нахустпатент Умирзоков А.М., Бердиев А.Л., Тошев Ч.Н., Ҷобиров Ф.И.,
Бобобекров О.К., Хусейнов Х.Б., Тошев Ч.З.

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муаллиф(он) Умирзоков А.М., Бердиев А.Л., Тошев Ч.Н., Ҷобиров Ф.И.,
Бобобекров О.К., Хусейнов Х.Б., Тошев Ч.З.

Аввалинати ихтироъ 07.04.2023

Таърихи рузи пешниҳоди ариза 07.04.2023

Ариза № 2301818

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои

Ҷумҳурии Тоҷикистон 31 майи с. 2024 ба қайд-гирифта шуд

Нахустпатент
эътибор дорад аз 7 апрели с. 2023 то 7 апрели с. 2033



ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2763649

Автоматизированная искусственная неровность

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Горский государственный аграрный университет (RU)*

Авторы: *Абаев Александр Хасанович (RU), Умирзоков Ахмад Маллабоевич (RU), Цаболов Арсен Геннадиевич (RU)*

Заявка № 2021115137

Приоритет изобретения 27 мая 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 30 декабря 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 27 мая 2041 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2759566

Разделительный барьер для автомобильных дорог

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Горский государственный аграрный университет" (RU)*

Авторы: *Абаев Александр Хасанович (RU), Умирзоков Ахмад Маллабоевич (RU), Цаболов Арсен Геннадиевич (RU)*

Заявка № 2021109747

Приоритет изобретения 08 апреля 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 15 ноября 2021 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 08 апреля 2041 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

