

**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**

Специальность 2.6.6 – Эксплуатация автомобильного транспорта

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

Душанбе 2026

Работа выполнена на кафедре «Эксплуатация автомобильного транспорта»  
Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими

Научный консультант

**Саидзода Рахим Хамро**

доктор технических наук, профессор кафедры  
«Эксплуатация автомобильного транспорта» Таджикского  
технического университета им. акад. М.С. Осими

Официальные оппоненты:

**Каримов Бури Бачабекович**

доктор технических наук, профессор, председатель  
межправительственного совета дорожников СНГ

**Маткеримов Таалайбек Ысманалиевич**

доктор технических наук, профессор, директор Института  
транспорта и робототехники Кыргызского  
государственного технического университета имени  
И. Раззакова (КГТУ)

**Базаров Бахтиёр Имамович**

доктор технических наук, профессор кафедры  
«Транспортные энергетические установки»,  
Ташкентского государственного транспортного  
университета

Ведущая организация

Таджикский аграрный университет имени Ш. Шотемур

Защита диссертации состоится 24 апреля 2026 г. в 14:00 часов на заседании диссертационного совета 6D.KOA – 049. Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими по адресу: 734042, г. Душанбе, пр. Академиков Раджабовых, 10.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими и на его официальном сайте <http://ttu.tj>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью организации, просим направлять по адресу: Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими по адресу: 734042., г. Душанбе, пр. Акад. Раджабовых, 10, на имя ученого секретаря диссертационного совета 6D. KOA - 049. E-mail: [sultonzoda.sh@mail.ru](mailto:sultonzoda.sh@mail.ru)

Автореферат диссертации разослан: « \_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета 6D. KOA -049,  
канд. техн. наук, доцент



Султонзода Ш.М.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Оценка и изыскание путей повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях представляет собой проблему, существенно влияющую на развитие народного хозяйства Республики Таджикистан.

В связи с этим разработка теоретических предположений для оценки эффективности функционирования системы ВАДС и обоснования резервов ее роста способствуют повышению валидности принимаемых решений в процессе управления её эффективностью, и, как следствие, при оценке и прогнозировании эффективностью функционирования транспортной отрасли (системы).

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.

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 вышеизложенным, 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.

На основе анализа и обобщения результатов исследований можно предполагать, что вопросы, связанные с оценкой и повышением эффективности функционирования системы ВАДС в условиях гор являются актуальными и недостаточно изученными.

**Степень изученности научной темы.** Основы теории системы ВАДС были заложены в 60-ых годах прошлого века зарубежными 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.

Проблемы оценки и повышения эффективности функционирования отдельных элементов системы ВАДС в конкретных условиях эксплуатации исследованы в трудах ученых: Кузнецова Е.С., Резника Л.Г., Шейнина А.М., Говорущенко Н.Я., Аринина И.Н., Турсунова А.А., Губинского А.И., Половко А.Н., Фокина Ю.Г., Саибова А.А., Ахунова Т.И., Парцхаладзе Р.М., Кадырова С.М., Трояновской И.П., Авдонькина Ф.Н., Захарова Н.С. 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 засомониежных 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.

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.

**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 сравнение 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, функционирующей 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 научной новизны соответствуют паспорту научной специальности 2.6.6 – «Эксплуатация автомобильного транспорта» (пункты 1, 6, 7 и 10).

**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 выдвинута 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;

- международной научно-практической конференции «Проблемы развития автомобильного автотранспорта и транспортных коммуникаций в Центральном 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. – СПб., 2015 г.;
- VIII -ой Международной научно-практической конференции «Перспек-тивы 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.;
- 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 инно-вационные 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. Рогун, 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;

– 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;

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

Результаты научно исследовательских, опытно-конструкторских и технологических разработок, полученных в диссертации внедрены в ОАО «Сохтмони асоси» Рогунской ГЭС, а также в ЗАО «Таджикцемент». По теме диссертации получены 1 авторское свидетельство, 3 патента РФ и 2 малых патента РТ.

**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 состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации 313 стр. компьютерного набора, 62 рисунков, 49 таблицы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** кратко охарактеризована суть проблемы, ее актуальность, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приводится аргументация актуальности обоснования требований к теоретическим основам оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в условиях гор. Прежде вопросы эффективности системы ВАДС были исследованы для оценки организации и безопасности дорожного движения, не были обоснованы теоретические основы использования ВАДС для решения вопросов эффективности транспортного процесса.

Для получения достоверных знаний о структуре системы, об отношениях и связях между ее компонентами разработана классификация свойств системы ВАДС, которая является необходимой предпосылкой для оценки ее эффективности (рис. 1).



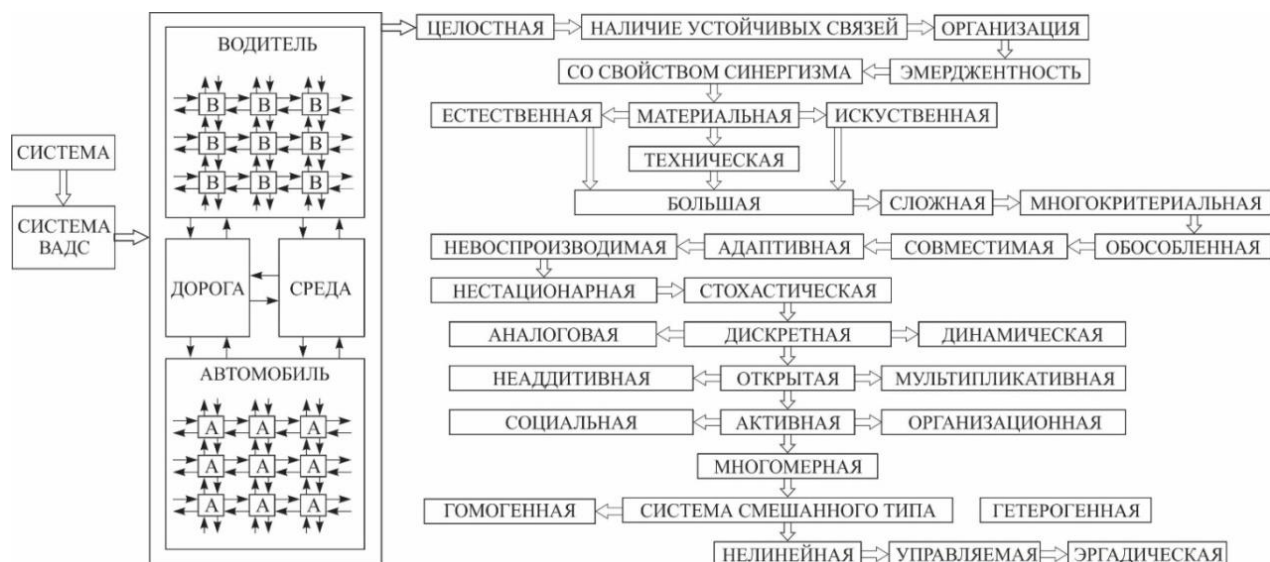


Рисунок 1– Классификация свойств системы ВАС

Системообразующим компонентом системы ВАС является автомобиль, от надежности которого в значительной степени зависит эффективность функционирования системы ВАС. При этом, расход запасных частей и ремонтных материалов являются одним из важных характеристик, по которым косвенно можно определить показатели надежности автомобиля, как наиболее уязвимого компонента системы ВАС (рис. 2).

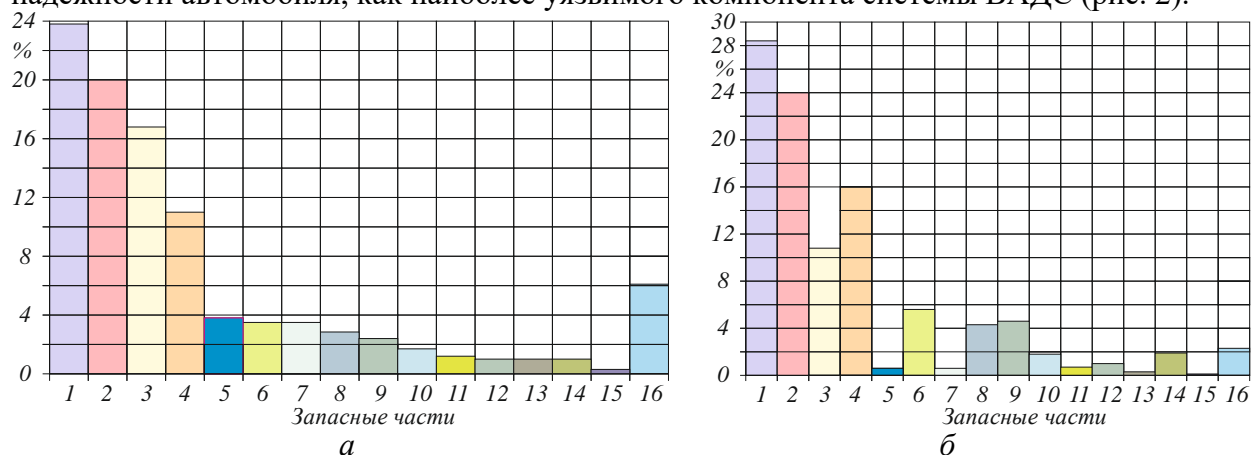
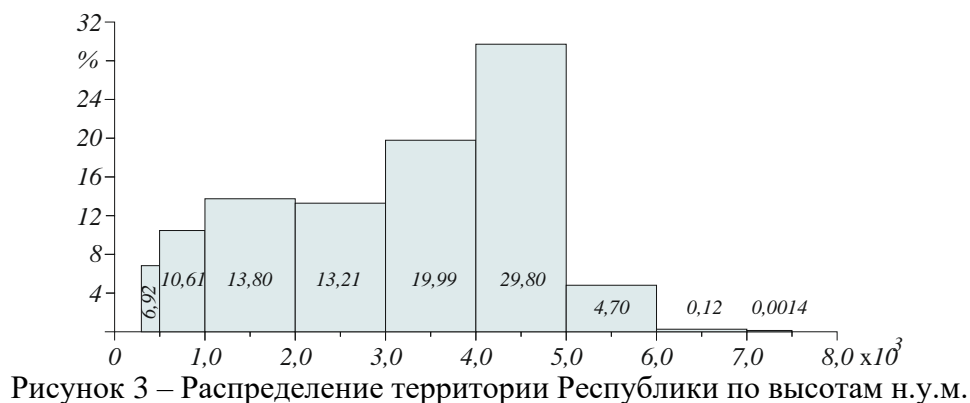


Рисунок 2 – Потребность в запасных частях для нужд АТП, %: а и б – соответственно, потребности грузовых автомобилей марок Dong Feng и МАЗ: 1– двигатель; 2 – система тормозов; 3 – система топливоподачи; 4 – лампы осветительные; 5 – мост задний; 6 – электрооборудование автомобиля; 7 – мост передний; 8 – подвеска; 9 – система гидравлическая; 10 – автокамера; 11 – подшипники; 12 – муфта сцепления; 13 – карданная передача; 14 – система управления; 15 – КПП; 16 – другие запасные части

Для обеспечения точности нормирования расхода запасных частей были анализированы свыше 11500 сведений о замене отказавших изделий запасными частями в течении 9 месяцев на основании данных, приведенных в лимитных картах конкретных автомобилей, эксплуатируемых в горных условиях.

Горный рельеф занимает примерно 93% территории Республики Таджикистан [10], т.е. столько же процентов территории расположены выше 500 м н.у.м.

Результаты исследований рельефа территории Республики свидетельствуют о том, что около 6,9% относятся к возвышенным равнинам, 10,6% - низкогорному, 13,8% - среднегорному, а остальное - высокогорному рельефам (рис. 3).



На территории Республики Таджикистан с преобладающим горным и высокогорным рельефами местности сооружены сеть автомобильных дорог, автомобильные мосты, функционируют сельскохозяйственные и промышленные предприятия, которые способствуют к возрастанию техногенных нагрузок на окружающую среду и тем самым значительному снижению эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

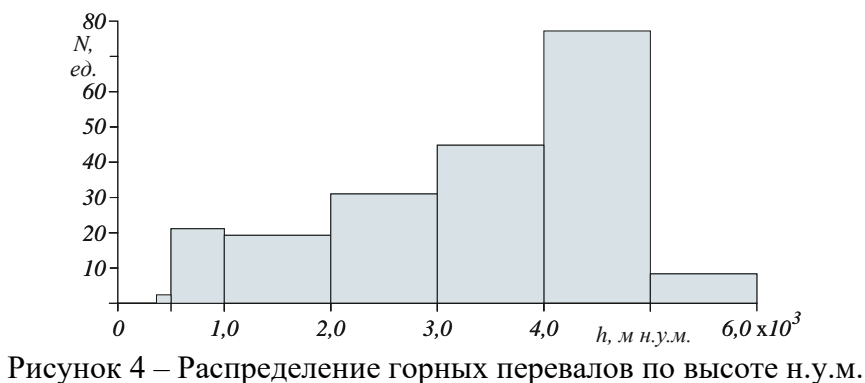
На местностях с равнинным и низкогорным профилями местности проложены более 35 % автомобильных дорог общественного пользования, остальные – с горным и высокогорным профилями местности (табл. 1).

Таблица 1– Протяженность автомобильных дорог

Автомобильная дорога	Ед. изм.	Высота н.у.м., тыс. м						Всего
		0,3 ...0,5	0,5...1,0	1,0...2,0	0,2...0,3	0,3...0,4	0,4...0,5	
Международного значения	тыс. км	0,58	0,40	1,39	0,20	0,50	0,24	3,31
	%	4,1	2,8	9,8	1,4	3,5	1,7	23,3
Республиканского значения	тыс. км	0,51	0,48	0,50	0,49	0,12	-	2,10
	%	3,6	3,4	3,5	3,4	0,8	-	14,7
Местного значения	тыс. км	1,10	1,97	2,13	1,56	0,95	1,09	8,80
	%	7,7	13,9	15,0	11,0	6,7	7,7	62,0
Автомобильные дороги общественного пользования	тыс. км	2,19	2,85	4,02	2,24	1,57	1,33	14,20
	%	15,4	20,1	28,3	15,8	11,0	9,4	100

Автомобильные дороги в горных условиях характеризуются плотностью горных перевалов и их геометрией [6]. На автомобильных дорогах Республики насчитывается более 200 перевалов, высота которых варьируют от 384 м (перевал Дандан – Шикан) до 5376 м н.у.м. (перевал Ямг).

Из общего количества (203 ед.) перевалов около 20% относятся к горным, а остальное 80% – это высокогорные перевалы, в числе которых 8 – высокогорных, высота которых превышает 5000 м (рис. 4).



Важным фактором в формировании эффективности функционирования системы ВАДС в условиях гор является сеть автомобильных коммуникаций, которые характеризуются высокой плотностью горных и высокогорных перевалов (рис. 5).

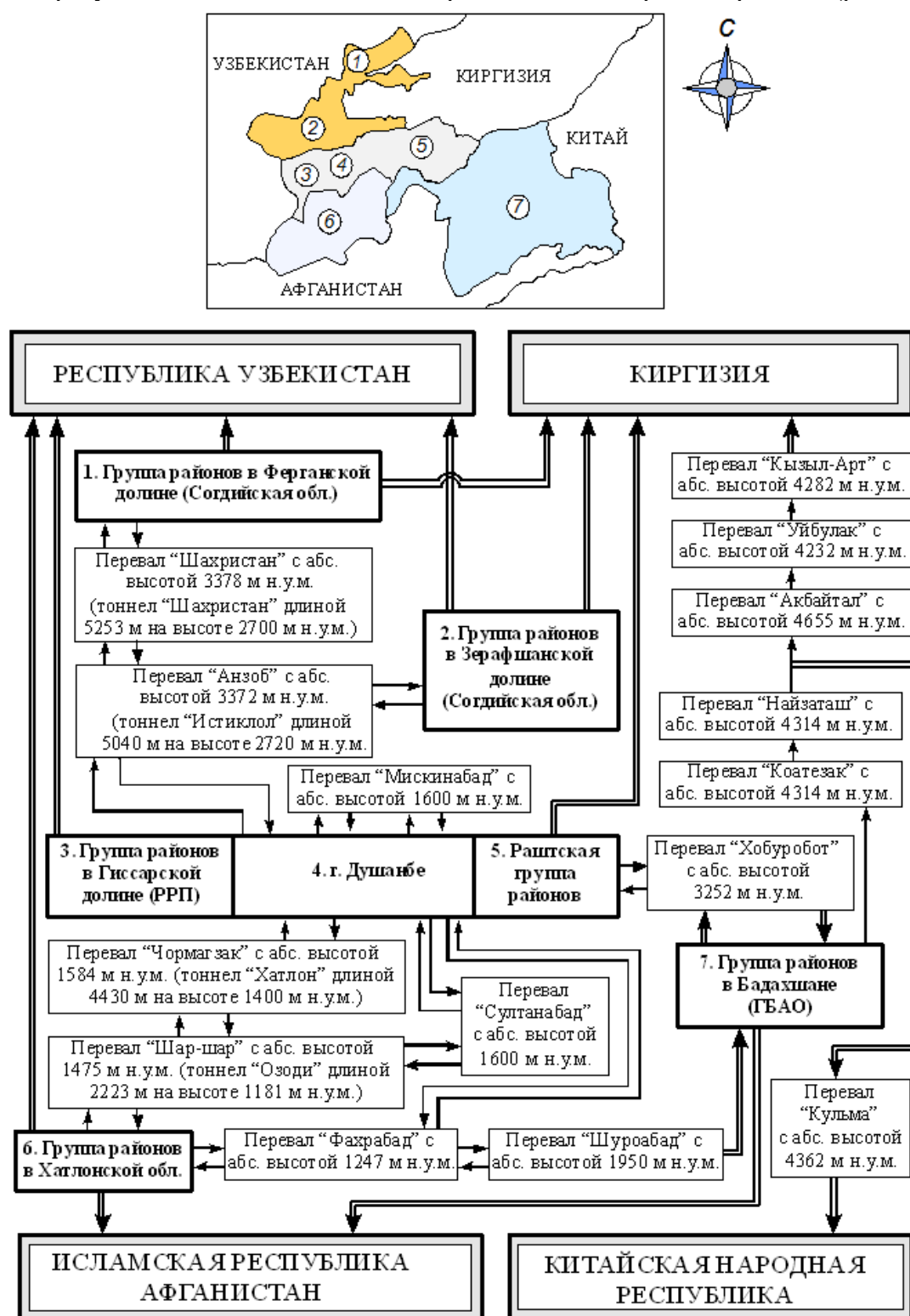


Рисунок 5 – Схема сети автомобильной коммуникации в Республике Таджикистан

Из приведенной схемы сети автомобильной коммуникации следует, что все автомобильные сообщения, соединяющие г. Душанбе со всеми регионами страны и соседними государствами, неизбежно проходят через горные и высокогорные перевалы, плотности распределения которых составляют в среднем около 1,5 перевалов на 1000 км<sup>2</sup> и свыше 14 перевалов на каждые тысячу км автомобильных дорог общего пользования.

Окружающая среда – обобщенное понятие, характеризующее природные условия в конкретном избранном месте и экологическое состояние данной местности [1]. С другой стороны, окружающая среда является сложной подсистемой в иерархической лестнице системы ВАДС с достаточно большим количеством компонентов и с неоднозначными отношениями и связями между ними (рис. 6).

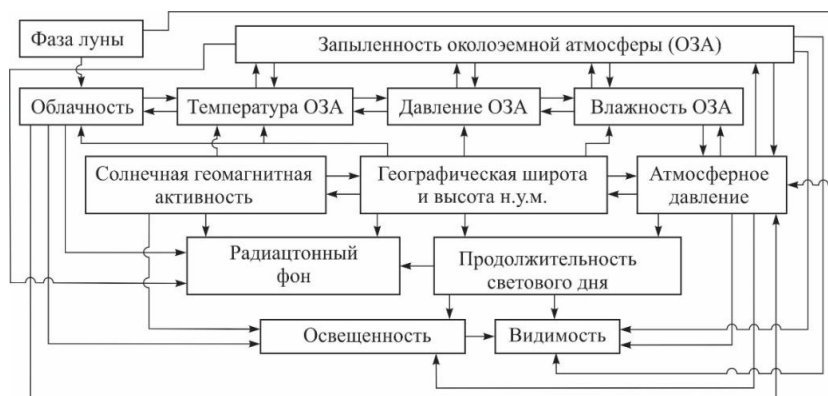


Рисунок 6 – Структура окружающей среды: (ОЗА – околоземная атмосфера)

**Во второй главе** представлены теоретические обоснования требований к оценке и повышению эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Система ВАДС – система, одновременно, большая и сложная. Сложность системы ВАДС заключается в том, что она содержит неоднозначные отношения и закономерности взаимосвязи между ее компонентами, система многомерная и многокритериальная. Процессы, протекающие в ней, характеризуются вероятностной природой, обуславливающей сложность моделирования системы ВАДС.

По признаку управляемости, факторы влияющие на надежность системы ВАДС в горных условиях, разделяются на три категории: полностью управляемые, частично управляемые и неуправляемые (рис. 7).

Разнообразие факторов, влияющих на надежность системы ВАДС в горных условиях, по причинно-следственному признаку можно условно разделить на три группы: конструкторско-технологические, эксплуатационные и дорожно-климатические (рис. 8).

Эффективность водителя можно определить как результат, достигнутый с наименьшими энергетическими, экономическими и материальными затратами, а также с минимальным экологическим ущербом, которая в общем виде выражается отношением

$$\mathcal{E}_D = \frac{R_D}{R_i}, \quad (1)$$

где  $R_D$  – результат достигнутый;  $R_i$  – ресурс израсходованный.

Энергетическая составляющая эффективности водителя  $\mathcal{E}_{эн}$  может быть установлена на основе отношения удельного расхода топлива на единицу выполненной работы или на единицу наработки (рис. 9).

Управление автомобилем – это сложный физический, умственный и эмоциональный процесс. Эффективность управления автомобилем  $\mathcal{E}_В$  в течении смены меняется в значительных пределах и может быть определена как произведение нескольких показателей: энергетического  $\mathcal{E}_{эн}$ , экономического  $\mathcal{E}_{эк}$ , надежностного  $\mathcal{E}_н$ , показателей, а также с учетом материальных затрат  $\mathcal{E}_м$

$$\mathcal{E}_В = \prod_{i=1}^n \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{эн} \cdot \mathcal{E}_{эк} \cdot \mathcal{E}_н \cdot \mathcal{E}_м. \quad (2)$$

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

$$\mathcal{E}_{эн} = \frac{Q_{min}}{Q_i}. \quad (3)$$



Рисунок 7 – Классификация факторов, влияющих на надежность системы ВАДС, по признаку управляемости в горных условиях

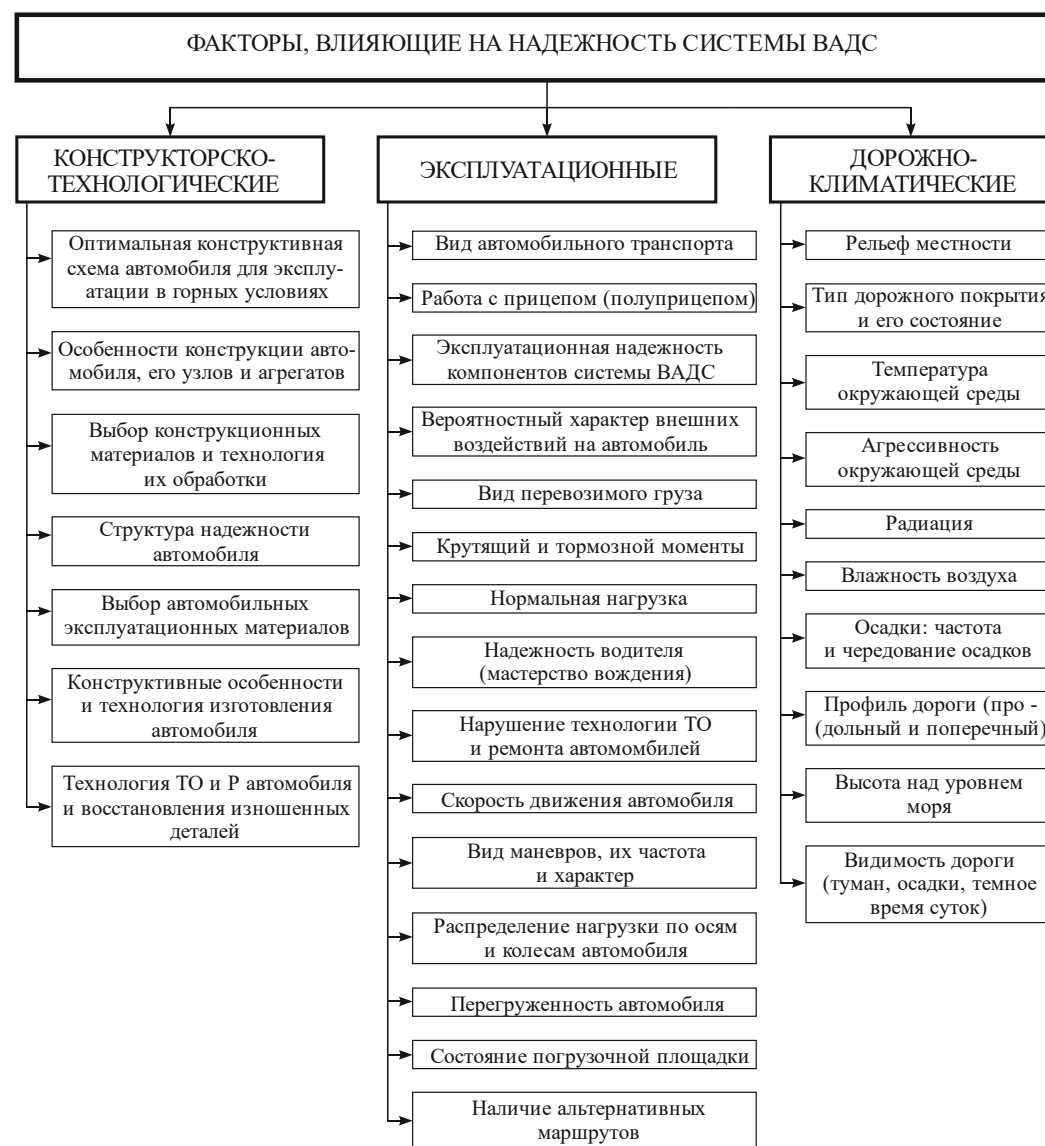


Рисунок 8 – Классификация факторов, влияющих на надежность системы ВАДС в горных условиях, по причинно-следственному признаку

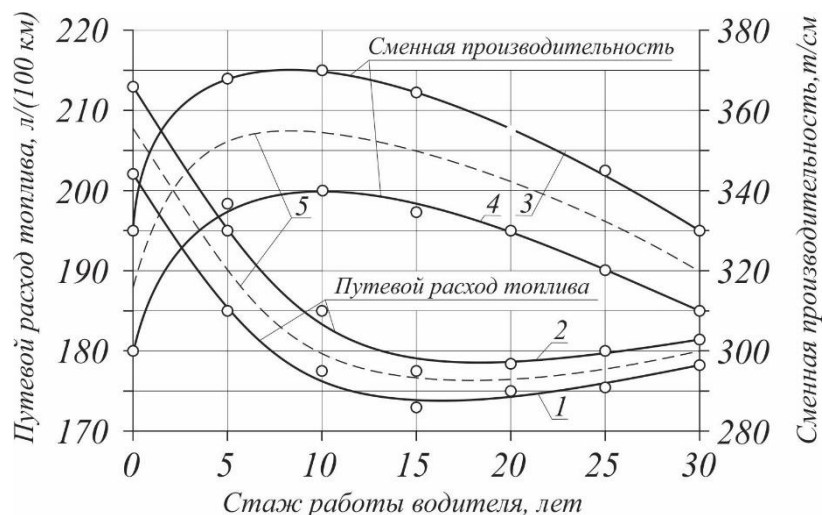


Рисунок 9 – Зависимость путевого расхода топлива и сменной производительности от стажа работы водителя: 1 и 3 – бережливый стиль вождения; 2 и 4 – агрессивный стиль вождения; 5 – средние значения показателей

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

$$\mathcal{E}_\text{эк} = \frac{\Pi_\text{max}}{\Pi_i} . \quad (4)$$

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

$$\mathcal{E}_\text{н} = \frac{H_\text{max}}{H_i} , \quad (5)$$

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

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

$$\mathcal{E}_\text{м} = \frac{M_\text{min}}{M_i} . \quad (6)$$

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

При замене множителей в выражении (2) на соответствующие отношения (3 – 6) получается

$$\mathcal{E}_\text{в} = \frac{Q_\text{min}}{Q_i} \cdot \frac{\Pi_\text{max}}{\Pi_i} \cdot \frac{H_\text{max}}{H_i} \cdot \frac{M_\text{min}}{M_i} . \quad (7)$$

Результаты расчетов (табл. 2) по формуле (7) с использованием данных многолетних наблюдений представлены в виде графика зависимости эффективности управления большегрузным карьерным автомобилем–самосвалом от стажа работы водителя (рис. 10).

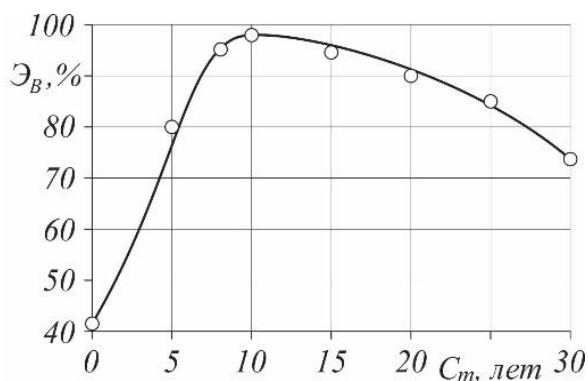


Рисунок 10 – Зависимость эффективности управления грузовым автомобилем ( $\mathcal{E}_\text{в}$ ) от стажа работы водителя ( $C_\text{т}$ ) в горных условиях



Таблица 2 – Результаты расчета эффективности управления автомобилем

Стаж работы водителя, лет	Показатель оценки эффективности								
	Путевой расход топлива $Q_i$ , л/(100 км)	$Q_{min}/Q_i$	Сменная производительность $\Pi_i$ , т/см	$\Pi_{max}/\Pi_i$	Материальные затраты $M_i$	$M_{min}/M_i$	Показатели надежности автомобиля $H_i$	$H_{max}/H_i$	Эффективность управления автомобилем $\mathcal{E}_B$
0	208,0	0,849	315	0,887	95	0,705	90	0,778	0,413
5	190,0	0,929	353	0,999	80	0,838	71	0,986	0,763
8	182,0	0,970	355	1,000	68	0,985	70	1,000	0,956
10	179,5	0,983	354	0,997	67	1,000	70	1,000	0,980
15	176,5	1,000	350	0,986	68	0,985	71	0,986	0,958
20	176,5	1,000	343	0,966	69	0,971	72	0,972	0,912
25	178,0	0,992	333	0,938	71	0,944	73	0,959	0,848
30	180,0	0,981	320	0,901	75	0,893	75	0,933	0,737

Для расчета эффективности управления большегрузных карьерных автомобилей-самосвалов БелАЗ-7540В, эксплуатируемых на строительстве Рогунской ГЭС, предлагается эмпирическая формула в виде интерполяционного многочлена Лагранжа

$$\mathcal{E}_B = 0,008857t^3 + 0,5824t^2 + 10,63t + 41,31, \quad (8)$$

где  $t$  – стаж работы водителя, лет.

На сегодняшний день не существует однозначного определения эффективности системы ВАДС. Следовательно, не существует единой и всеохватывающей концептуальной модели оценки эффективности системы ВАДС [4], которую можно отождествлять эффективностью преобразования энергии и выразить как отношение полезной работы, выполненной системой ВАДС к общему количеству затраченной энергии, т.е.

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\Pi}}{E}, \quad (9)$$

где  $A_{\Pi} = P_T \cdot S \cdot \cos \alpha$  – количество полезно преобразованной тепловой энергии в системе ВАДС, Дж;  $E = g \cdot H_i \cdot S$  – количество полной энергии, затраченной на выполнении полезной работы, Дж.

После соответствующих преобразований получим концептуальную модель для оценки эффективности системы ВАДС в виде дифференциального уравнения

$$\mathcal{E} = \frac{P_T}{g_{\Sigma} \cdot H_{\Sigma}} \cdot 100\% = \frac{m_a \left( \psi \cdot g \pm \delta_{np} \cdot \frac{dv}{dt} \cos \alpha \right)}{g_{\Sigma} \cdot H_{\Sigma}}. \quad (10)$$

В горных условиях функционирования системы ВАДС важным фактором, обуславливающим ее эффективность, является путевой расход топлива, который в отдельных случаях может превышать два и более раза от его номинального значения.

Для определения путевого расхода топлива автомобилями – самосвалами в горных условиях предлагается эмпирическая формула

$$\Sigma Q_{\text{пут.}} = Q_B + k_d \cdot Q_B + k_h \cdot Q_B \pm k_i \cdot Q_B + k_m \cdot Q_B, \quad (11)$$

где  $Q_B$  – базовый путевой расход топлива автомобилем, кг/(100км);  $k_d$  – динамический коэффициент, учитывающий сложность условий эксплуатации, значение которого зависит от состояния дорожного полотна, геометрии дороги, интенсивности движения, соотношение неустановившегося движения и т.д.;  $k_h$  – коэффициент, учитывающий высоту н.у.м.;  $k_i$  – коэффициент, учитывающий среднее значение уклона дороги;  $k_m$  – коэффициент, учитывающий массу перевозимого груза.

Выражение (11) можно переписать в нижеследующем виде

$$\Sigma Q_{\text{пут.}} = (1 + k_d + k_h \pm k_i + k_m) \cdot Q_B. \quad (12)$$

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

$$\Sigma Q_{\text{пут.}} = (1,125k_d + k_h \pm k_i + k_m) \cdot Q_B. \quad (13)$$

В формировании эффективности функционирования системы ВАДС доминирующим компонентом выступает автомобильная дорога [8]. Влияние горной автомобильной дороги на формирование эффективности системы значительно увеличивается в зависимости от высоты н.у.м.

Эффективность горной автомобильной дороги зависит от ее надежности и качества, которые формируются под влиянием большого числа факторов, основными из которых являются: сложность геометрии горной дороги, неровность ее поверхности, повышенная абразивность из-за засоренности поверхности дороги обломками твердых скальных пород, скопление камней, гравия и галечниковых частиц на обочине дороги и др.

Ввиду многообразия факторов, влияющих на эффективность автомобильной дороги, не представляется возможным учитывать значимость каждого из них. С целью оценки комплексного влияния факторов на эффективность автомобильной дороги в условиях гор предлагается обобщающий динамический коэффициент  $k_D$ , который определяется из выражения

$$k_D = 1 - k_d, \quad (14)$$

где  $k_d$  – динамический коэффициент сложности дорожных условий. Для горных дорог значение которого можно принимать  $k_d = 0,12 - 0,13$ .

С учетом предлагаемого коэффициента, эффективность горной автомобильной дороги  $\mathcal{E}_{AD}$  можно определить из выражения

$$\mathcal{E}_{AD} = \mathcal{E}_A \cdot k_D = \mathcal{E}_A \cdot (1 - k_d) = \mathcal{E}_{ДВС} \cdot \eta_{mp} (1 - k_d), \quad (15)$$

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

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 [9]. Из всего многообразия перечисленных факторов, производительность является наиболее важным технико-экономическим параметром, который можно выразить через эксплуатационную мощность  $N_\Sigma$ , так как эти оба показателя по своей сути выражают удельную работу, отнесенную на единицу времени

$$W_{ткм} = C_{ткм} \cdot N_\Sigma, \text{ ткм/ч} \quad (16)$$

где  $C_{ткм}$  – переводной коэффициент или грузооборот (удельный) транспортного средства, отнесенный к единице затраченной энергии или выполненной работе, ткм/(кВт·ч).

Удельный грузооборот  $C_{ткм}$  для грузовых автомобилей равняется

$$C_{ткм} = 3,6 \cdot \eta_m \cdot \tau_{см} \cdot \gamma_\partial \cdot \beta \cdot l_{er} \cdot f_k^{-1} \cdot (l_{er} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np})^{-1} = \\ = 3,6 \cdot \eta_m \cdot \tau_{см} \cdot \gamma_\partial \cdot \beta \cdot l_{er} \cdot [f \cdot (l_{er} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np})]^{-1}, \text{ ткм/(кВт·ч)} \quad (17)$$

где 3,6 – переводной коэффициент единицы измерения скорости движения из м/с в км/ч;  $\eta_m$  – тяговый КПД автомобиля;  $\gamma_\partial$  – динамический коэффициент грузоподъемности, т.е. отношение фактических тонно-километров на возможные тонно-километры при полном использовании грузоподъемности;  $\beta$  – коэффициент использования пробега, т.е. отношение производительного пробега с грузом к общему пробегу автомобиля;  $l_{er}$  – средняя длина ездки с грузом, км;  $f_k$  – коэффициент сопротивления качению;  $V_T$  – техническая скорость движения автомобиля в км/ч;  $t_{np}$  – время простоя транспортного средства под погрузкой и выгрузкой, ч;

Для определения эксплуатационной мощности автомобиля можно воспользоваться формулой, предложенной академиком В.Н. Болтинским и уточненным профессорами Ю.К. Киртбая и С.А. Иофиновым

$$N_\Sigma = N_e \cdot \lambda_d \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v, \text{ кВт} \quad (18)$$

где  $N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт;  $\lambda_d$  – динамический коэффициент, предложенный академиком В.Н. Болтинским, для учета влияния неустановившихся нагрузок на эксплуатационную мощность автомобиля;  $\lambda_t$  – временной коэффициент, предложенный профессором Ю.К. Киртбая, учитывающий влияние разрегулировок, износа и старения на эксплуатационную мощность автомобиля;  $\lambda_v$  – вероятностный



коэффициент, предложенный профессором С.А. Иофиновым, учитывающий влияние вероятностной природы внешних воздействий.

В формировании эксплуатационной мощности ДВС в горных и высокогорных условиях значимым фактором выступает высота н.у.м., влияние которой в формуле (18) не учитывается.

Для учета зависимости мощности ДВС от высоты н.у.м. формулу (18) можно переписать в виде

$$N_{\Sigma} = N_e \cdot \lambda_d \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v \cdot \lambda_h, \text{ кВт} \quad (19)$$

где  $\lambda_h$  – коэффициент, учитывающий снижение мощности от высоты н.у.м.

Для горных условий эксплуатации зависимость между неустановившимся режимом работы и снижением мощности ДВС можно выразить следующим образом

$$\lambda_d = (1 - 0,75 \cdot \delta_m), \quad (20)$$

где  $\delta_m = 2A_m / M_{cp}$  – степень неравномерности момента сопротивления на валу двигателя, значение которой для горных условий эксплуатации может достигать до 0,25.

Среднее значение момента сопротивления на валу двигателя определяется как

$$M_{cp} = (M_{max} + M_{min})/2, \text{ Н·м} \quad (21)$$

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

Значение временного коэффициента может быть определено из выражения

$$\lambda_t = (1 - 0,75t), \quad (22)$$

где  $t$  – продолжительность эксплуатации автомобиля, его агрегатов и узлов, лет. Рациональный срок службы для автомобилей установлено в пределах 6-7 лет.

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

$$\lambda_v = (1 - 0,65 v), \quad (23)$$

где  $v$  – коэффициент вариации внешних воздействий на ДВС, значение которого при эксплуатации грузовых автомобилей может изменяться в горных дорогах от 0,07 до 0,15 и более в горных карьерных условиях при строительстве гидротехнических сооружений.

С учетом снижения мощности ДВС от высоты н.у.м. (до 12% на каждые тыс. км высоты н.у.м.) значение коэффициента  $\lambda_h$  можно определить из выражения

$$\lambda_h = (1 - 0,12h). \quad (24)$$

Зависимости коэффициентов, учитывающих снижение эксплуатационной мощности от срока службы автомобиля, степени неравномерности момента сопротивления на валу двигателя, коэффициента вариации внешних воздействий и высоты н.у.м. представлены на рис. 11.

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

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = Q_o - (E_{\Sigma M} + E_{\Sigma T} + E_{\Sigma d} + E_{\Sigma B} + E_{\Sigma П}), \text{ Дж/с}, \quad (25)$$

где  $Q_o$  – общее количество тепловой энергии, введенной в двигатель с топливом, Дж/с;  $E_{\Sigma M}$  – потери тепловой энергии сгорания топлива в ДВС, Дж/с;  $E_{\Sigma T}$  – потери энергетической эффективности системы ВАДС при передаче мощности от вала двигателя к колесам через трансмиссию автомобиля, Дж/с;  $E_{\Sigma d}$  – потери энергетической эффективности системы ВАДС в контакте автомобильной шины с поверхностью дороги, Дж/с;  $E_{\Sigma B}$  – потери энергетической эффективности в системе ВАДС, связанные с деятельностью водителя, Дж/с;  $E_{\Sigma П}$  – 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

$$Q_o = Q_e + Q_c + Q_v + Q_{н.с.} + Q_{ост.} = H_u \cdot G_m / 3,6, \quad \text{кДж/с} \quad (26)$$

где  $Q_e$  – теплота, эквивалентная эффективной работе двигателя, кДж/с;  $Q_c$  – теплота, потерянная с отработавшими газами, кДж/с;  $Q_v$  – теплота, передаваемая охлаждающей среде, кДж/с;  $Q_{н.с.}$  – теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива,

кДж/с;  $Q_{н.с.}$  – неучтенные потери теплоты; кДж/с;  $H_u$  – низшая теплота сгорания, МДж/кг;  $G_T$  – часовой расход топлива, кг/ч.

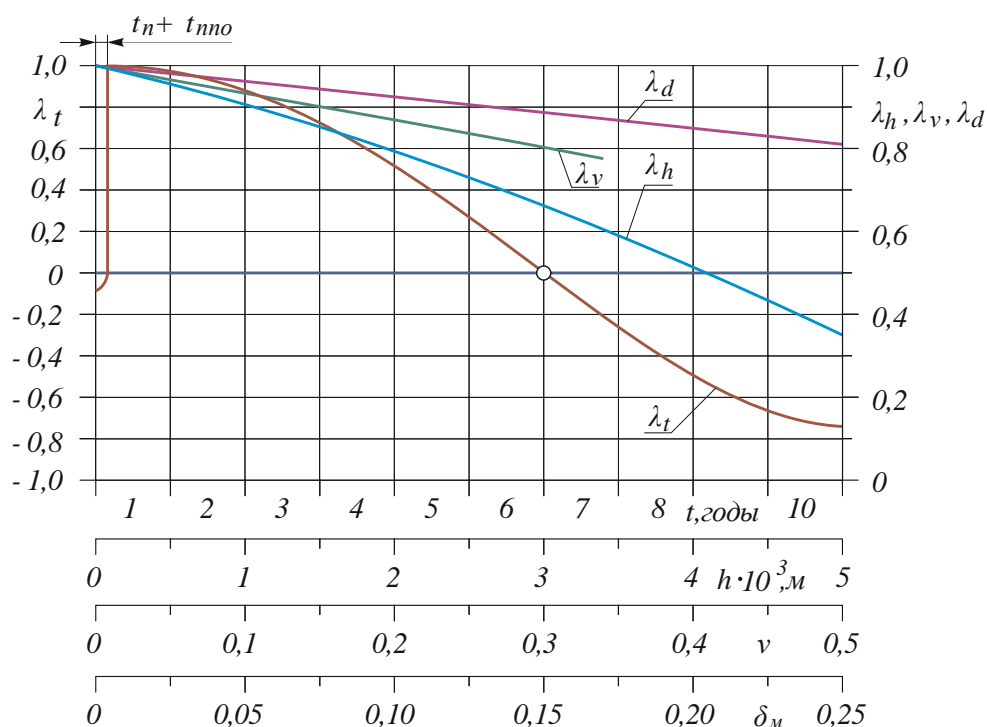


Рисунок 11 – Графики зависимости динамического ( $\lambda_d$ ), временного ( $\lambda_t$ ), вероятностного ( $\lambda_v$ ) и высотного ( $\lambda_h$ ) коэффициентов, учитывающих снижение эксплуатационной мощности от срока службы автомобиля ( $t$ ), степени неравномерности момента сопротивления на валу двигателя ( $\delta_m$ ), коэффициента вариации внешних воздействий ( $v$ ) и высоты н.у.м. ( $h$ )

Составляющие теплового баланса удобнее представлять в относительных величинах, например, в процентах по отношению ко всей теплоте, подведенной с топливом

$$q_o = q_e + q_e + q_v + q_{н.с.} + q_{ост.} = 100\%. \quad (27)$$

С учетом уравнения (27) выражение (25) можно переписать в виде

$$\mathcal{E}_{ВАДС} = q_o - (E_{эм} + E_{эм} + E_{эд} + E_{эв} + E_{эн}), \% \quad (28)$$

Эффективность функционирования системы ВАДС снижается поэтапно, первый этап которого связан с преобразованием тепловой энергии сгорания топлива в механическую работу в ДВС. Уровень снижения энергетической эффективности системы ВАДС на данном этапе определяется из выражения

$$E_{эм} = q_o \cdot \eta_e, \% \quad (29)$$

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

Следующий этап связан с передачей энергии от коленчатого вала двигателя к колесам автомобиля, т.е. с потерей энергии на трансмиссии

$$E_{эТ} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{тр}, \% \quad (30)$$

где  $\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии.

Энергетическая эффективность системы ВАДС, после преобразования энергии в контакте автомобильной шины с поверхностью дороги, определяется из выражения

$$E_{эд} = E_{эм} \cdot k_D = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{тр} \cdot k_D, \% \quad (31)$$

С учетом выражения (30) формулу (31) можно переписывать в виде

$$E_{эд} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{тр} \cdot (1 - k_d), \% \quad (32)$$

Следующий этап снижения энергетической эффективности системы ВАДС обусловлен с преобразованием энергии, связанный с деятельностью водителя, уровень которого можно представить в виде

$$E_{ЭВ} = E_{ЭГ} \cdot k_е, \% \quad (33)$$

где  $k_е$  – коэффициент энергетической эффективности водителя.

С учетом выражения (32) формулу (33) можно переписывать в виде

$$E_{ЭВ} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d) \cdot k_е, \% \quad (34)$$

По результатам исследований установлено, что значение коэффициента энергетической эффективности водителя варьирует в пределах  $k_е = 0,82 \dots 0,96$ .

Завершающий этап снижения энергетической эффективности связан с прочими преобразованиями энергии при функционировании системы ВАДС

$$\mathcal{E}_{ВАДС} = E_{ЭВ} \cdot k_{np}, \% \quad (35)$$

где  $k_{np}$  – коэффициент эффективности прочих преобразований энергии, связанных с функционированием системы ВАДС,  $k_{np} = 0,87 \dots 0,94$ .

С учетом выражения (34), окончательно получим математическую модель для оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС, обусловленной преобразованием энергии, связанной с деятельностью водителя

$$\mathcal{E}_{ВАДС} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d) \cdot k_е \cdot k_{np}, \% . \quad (36)$$

Результаты расчетов комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях для различных моделей самосвалов представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов комплексной энергетической оценки эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях для различных моделей самосвалов

Автомобиль	$k_d$	$\eta_e$	$\eta_{mp}$	$k_е$	$k_{np}$	$\mathcal{E}_{ВАДС}, \%$
БелАЗ-7540В	0,12-0,13	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

Для комплексной оценки энергетической эффективности функционирования системы ВАДС по линейному расходу топлива целесообразно пользоваться выражением

$$\mathcal{E}_{ВАДСQ} = Q_n / [(1 - k_d) \cdot k_е \cdot k_{np}], \text{ л/100 км} \quad (37)$$

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

Сравнительные оценочные показатели комплексной энергоэффективности системы ВАДС по линейному расходу топлива для горных условий, согласно формуле (37), представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Сравнительные оценочные показатели комплексной энергетической эффективности системы ВАДС в горных условиях по линейному расходу топлива

Автомобиль	$k_d$	$k_е$	$k_{np}$	Линейный расход топлива, л/(100 км)			$\delta_Q, \%$
				нормативный, $Q_{ln}$	расчетный, $Q_{rp}$	опытный, $Q_{tz}$	
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

Для оценки и изыскания путей повышения эффективности функционирования системы ВАДС целесообразным является применение энтропийной транспортной модели на основе формализма неэкстенсивной статистики Цаллиса, который позволяет моделировать сложные коммуникационные системы (в том числе систему ВАДС), описываемые негиббсовскими распределениями [7].

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 автосамосвалов. 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.

Применение энтропийного подхода, построенного на базе классической статистики Больцмана-Гиббса-Шеннона, к анализу свойств больших и сложных систем обусловлено их случайно-детерминированной природой, что позволяет его применение для исследования различных по своей природе коммуникационных систем, в частности, городского и регионального транспорта и т.д. Энтропийный подход тем же успехом может быть применен для исследования эффективности функционирования системы ВАДС, основной замысел которого заключается в том, что устойчивое равновесие в системе соответствует максимуму характеризующей её энтропии Больцмана-Гиббса-Шеннона, которая определяется из выражения

$$S_{\text{БГШ}} = -k \sum_{i=1}^w p_i \ln p_i, \quad (38)$$

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

К. Цаллис предложил обобщить классическую формулу Больцмана-Гиббса-Шеннона путем ее деформирования

$$S_q = \frac{k}{q-1} \sum_{i=1}^w p_i (1 - p_i^{q-1}), \quad \sum_{i=1}^w p_i = 1, \quad (39)$$

где  $q$  – энтропийный индекс или параметр деформации, который представляет собой вещественное число, принадлежащее области  $q \in R$ . На основе подобной деформации логарифмической функции энтропии можно объяснить важную особенность в поведении сложных систем, согласно которой вероятность реализации  $p_i$  больших значений состояний  $i$  при  $q > 1$  снижается не экспоненциально быстро, а по степенному закону, благодаря чему статистика Цаллиса позволяет описывать события, практически не достижимые в простых системах, характеризуемых статистикой Больцмана-Гиббса-Шеннона. Следовательно, при  $q \rightarrow 1$  (в пределе слабой связи) энтропия Цаллиса (39) переходит в каноническую формулу (38). Действительно, в пределе  $q \rightarrow 1$  имеем:  $p_i^{q-1} \exp\{(q-1) \ln p_i\} \rightarrow 1 + (q-1) \ln p_i$ , и энтропия  $S_q$  сводится к форме

$$S_q = \lim_{q \rightarrow 1} \frac{k}{q-1} \sum_{i=1}^w p_i (1 - p_i^{q-1}) = -k \sum_{i=1}^w p_i \ln p_i = S_{\text{БГШ}}. \quad (40)$$

Между эффективностью функционирования системы ВАДС и уровнем ее качества существует прямая зависимость, согласно которой повышение качества системы ВАДС способствует росту эффективности ее функционирования, что приводит к снижению затрат и увеличению вышеперечисленных существенных свойств, определяющих систему ВАДС.

Уровень качества неремонтируемых изделий может быть определен из выражения

$$Q = \frac{SW}{C}, \text{ ткм /сомони}, \quad (41)$$

где  $S$  – площадь под кривой  $f(t)$ , км<sup>2</sup>;  $W$  – суммарная масса перевозимого груза за полный ресурс автомобиля, т;  $C$  – стоимость перевозки суммарной массы груза за полный ресурс автомобиля, сомони/км.

Площадь под кривой, характеризующий снижение ресурса ( $P$ , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) объекта в зависимости от его наработки ( $t$ , тыс. км), определяется интегрированием функции  $f(t)$  (рис.12)

$$S = \int_0^t f(t) dt, \text{ тыс. км} \quad (42)$$

где  $f(t)$  – функция зависимости снижения ресурса ( $P$ , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) объекта от его наработки ( $t$ , тыс. км);  $t$  – аргумент функции, тыс. км.

Суммарная масса перевозимого груза за полный ресурс автомобиля определяется из отношения

$$W = \frac{H}{L} = \frac{\Gamma \cdot L \cdot D \cdot \Pi \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\Gamma}}{L} = \Gamma \cdot D \cdot \Pi \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\Gamma}, \text{ т} \quad (43)$$

где  $H$  – объем грузооборота, ткм;  $\Gamma$  – номинальная грузоподъемность автомобиля, т;  $L$  – средний пробег автомобиля в смену, км;  $D$  – среднегодовое число смен работы автомобиля, дни;  $\Pi$  – среднегодовое число автомобилей данной марки, шт;  $k_{\Pi}$  и  $k_{\Gamma}$  – соответственно, коэффициенты использования пробега и грузоподъемности.

Уровень качества ремонтируемых изделий определяется из выражения

$$Q = \frac{(S_1 + S_2)W}{C}, \text{ ткм /сомони} \quad (44)$$

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 снижения ресурса ( $P$ , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) объекта до ремонта (восстановления) от его наработки ( $t$ , тыс. км) определяется интегрированием функции  $f_1(t)$

$$S_1 = \int_0^{t_1} f_1(t) dt, \text{ км} \quad (45)$$

где  $f_1(t)$  – функция зависимости снижения ресурса ( $P$ , %) неремонтируемого (невосстанавливаемого) 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.13)

$$S_2 = \int_{t_1}^{t_2} f_2(t) dt, \text{ км} \quad (46)$$

где  $f_2(t)$  – функция зависимости снижения ресурса ( $P$ , %) ремонтируемого (восстанавливаемого) объекта от его наработки ( $t$ , тыс. км) после ремонта изделия.

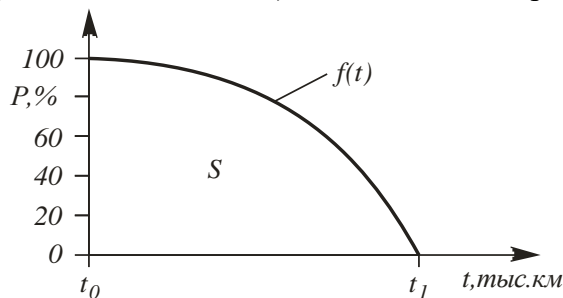


Рисунок 12 – Кривая зависимости снижения ресурса ( $P$ , %) неремонтируемого объекта от его наработки ( $t$ , тыс. км)

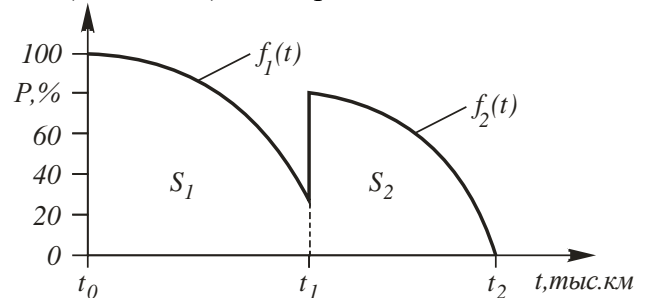


Рисунок 13 – Кривая зависимости снижения ресурса ( $P$ , %) ремонтируемого объекта от его наработки ( $t$ , тыс. км)

В реальных условиях эксплуатации качество ремонтируемой технической системы формируется под комплексным влиянием нескольких факторов, характер изменения которого в трехмерном измерении представлен на рис. 14.

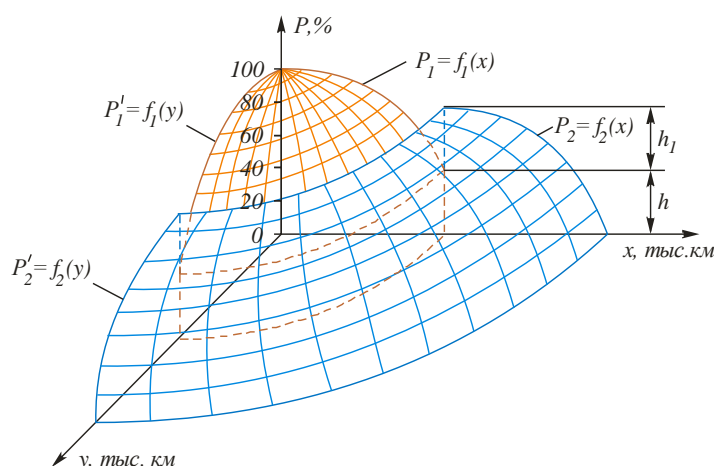


Рисунок 14 – Схема зависимости уровня качества ремонтируемой технической системы от двух значимых переменных факторов

Выбирая из достаточно большого числа факторов две наиболее значимые, можно получить сложную геометрическую фигуру, по объему которой можно дать количественную оценку качества ремонтируемого изделия. Полный объем полученной фигуры, представляющий уровень качества изделия, можно выразить через объемы эллипсоидов вращения и эллиптических цилиндров. Как следует из рис. 14 полный объем сложной фигуры  $V_k$ , выражающую количественную оценку уровня качества изделия, можно определить через одну восьмую сумму, условно разделенных объемов отдельных фигур из выражения

$$V_k = 1/8(V_1 + V_2 + V_3 - V_4), \quad (47)$$

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;  $V_4$  – 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

$$V_1 = \pi \int_a^b y^2 dx, \quad (48)$$

где  $y$  определяется из уравнения эллипса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (49)$$

Здесь  $a$  и  $b$  – полуоси эллипса, соответствующие полуосям эллипсоида вращения до ремонта изделия.

Из уравнения эллипса

$$y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx. \quad (50)$$

Подставляя значение  $y^2$  из последнего уравнения в уравнение (48), получим

$$\begin{aligned} V_1 &= \pi \int_a^b \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx = \pi \frac{b^2}{a^2} \int_a^b (a^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx = \\ &= 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left( a^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^a = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left( a^3 - \frac{a^3}{3} \right) = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{2a^3}{3} = \frac{4}{3} \pi a b^2. \end{aligned} \quad (51)$$

Объем эллиптического цилиндра до ремонта объекта определяется по общеизвестной формуле

$$V_2 = \pi abh, \quad (52)$$

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

$$V_3 = \pi \int_{a+a_1}^{b+b_1} y^2 dx. \quad (53)$$

Обозначая  $a + a_1 = c$  и  $b + b_1 = d$ , напомним уравнение эллипса вращения

$$\frac{x^2}{c^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1, \quad (54)$$

где  $c$  и  $d$  – полуоси эллипса, соответствующие полуосям эллипсоида вращения после ремонта изделия.

С учетом произведенных обозначений и уравнения (54), формулу (53) аналогично формуле (51), перепишем в виде

$$\begin{aligned} V_3 &= 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left( c^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^c = \\ &= 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left( c^3 - \frac{c^3}{3} \right) = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \cdot \frac{2c^3}{3} = \frac{4}{3} \pi c d^2. \end{aligned} \quad (55)$$

Объем эллиптического цилиндра после ремонта объекта определяется по формуле

$$V_4 = \pi c d (h + h_1), \quad (56)$$

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, ДВС 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

$$V_4 = \pi c d \theta. \quad (57)$$

Подставив полученные значения объемов эллипсоидов вращения и эллиптических цилиндров в формулу (47), получим окончательную формулу для количественной оценки качества ремонтируемых объектов или технических систем

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{1}{8} \left[ 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx + \pi abh + 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx - \pi c d \theta \right] = \\ &= \frac{1}{8} \left( \frac{4}{3} \pi a b^2 + \pi abh + \frac{4}{3} \pi c d^2 + \pi c d \theta \right) = \frac{\pi}{8} \left[ ab \left( \frac{4}{3} b + h \right) + cd \left( \frac{4}{3} d + \theta \right) \right] = \\ &= \frac{\pi}{24} [ab(4b + 3h) + cd(4d + 3\theta)]. \end{aligned} \quad (58)$$

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. Данную методику можно использовать для оценки качества неремонтируемых объектов, исключая две последние составляющие из уравнения (58). Немаловажным является также то, что эту же методику можно будет применять для оценки и прогнозирования надежности и эффективности функционирования объектов исследования.



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

$$E_{\text{ВАДС}} = N/(QV) \rightarrow \min,$$

где  $N$  – мощность автомобиля, кВт;  $Q$  – грузоподъемность автомобиля, т;  $V$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

В третьей главе рассмотрены методологические подходы и алгоритмы для оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях, методика обработки результатов экспериментального исследования, планирование эксперимента и обработка полученных результатов, классификация современных видов оценки эффективности функционирования системы ВАДС.

Для объективной оценки эффективности функционирования системы ВАДС целесообразным является использование методики определения комплексного показателя уровня качества и надежности грузоперевозок [2,5]. При этом оценка качества функционирования системы ВАДС в горных условиях соответствует требованиям системы международных стандартов качества продукции ISO 9000 и ISO 9001.

В общем виде комплексный показатель качества можно представить функцией

$$S = f(s_1^{k_1}, s_2^{k_2}, s_3^{k_3}, \dots, s_n^{k_n}), \quad (59)$$

где  $n$  – количество показателей уровня качества грузоперевозок, принятых к расчету;  $k_n$  – показатели степени, учитывающие весомость надлежащего уровня качества грузоперевозок.

Целевая функция повышения эффективности функционирования системы ВАДС можно выразить условием:

$$\mathcal{E} = f(\mathcal{E}^B, \mathcal{E}^A, \mathcal{E}^D, \mathcal{E}^C) \rightarrow \max, \quad (60)$$

где  $\mathcal{E}^B, \mathcal{E}^A, \mathcal{E}^D, \mathcal{E}^C$  – показатели качества функционирования компонентов системы ВАДС.

В условиях динамического изменения компонентов системы ВАДС оценка и повышение ее эффективности сопровождаются определенными трудностями. Следовательно, предлагается алгоритм оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС с учетом влияния внешней среды и внутренней структуры системы.

Для построения данного алгоритма нужно задаваться критерием эффективности и руководствоваться организационными, управленческими и прочими решениями (рис. 15).

При исследовании многофакторного процесса, характерного для оценки эффективности функционирования системы ВАДС, проведение всех возможных опытов для составления математической модели связано с огромной трудоемкостью эксперимента.

В связи с этим задача планирования эксперимента состоит в установлении минимально необходимого числа опытов, достаточного для математического описания объекта с заданной степенью достоверности.

Для оценки и изыскания эффективности функционирования системы ВАДС в условиях горных регионов обоснован выбор параметра планирования многофакторного эксперимента, в качестве которого принята производительность грузоперевозок. Установлены факторы, наиболее значимо влияющие на производительность грузоперевозок, к числу которых относятся: масса перевозимого груза  $M_{\text{зр}}$  (т), коэффициент сопротивления качению колес автомобиля  $f_k$  и обобщенный динамический коэффициент дороги  $k_D$ .

На основе результатов многофакторного эксперимента разработаны математические модели в натуральном масштабе:

– для автомобиля-самосвала БелАЗ-7540В

$$П = 1036,9 + 0,4 \cdot M_{\text{зр}} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D; \quad (61)$$

– для автомобиля-самосвала SHACMAN-SX3256DR384

$$П = 973,3 + 0,4 \cdot M_{\text{зр}} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D. \quad (62)$$



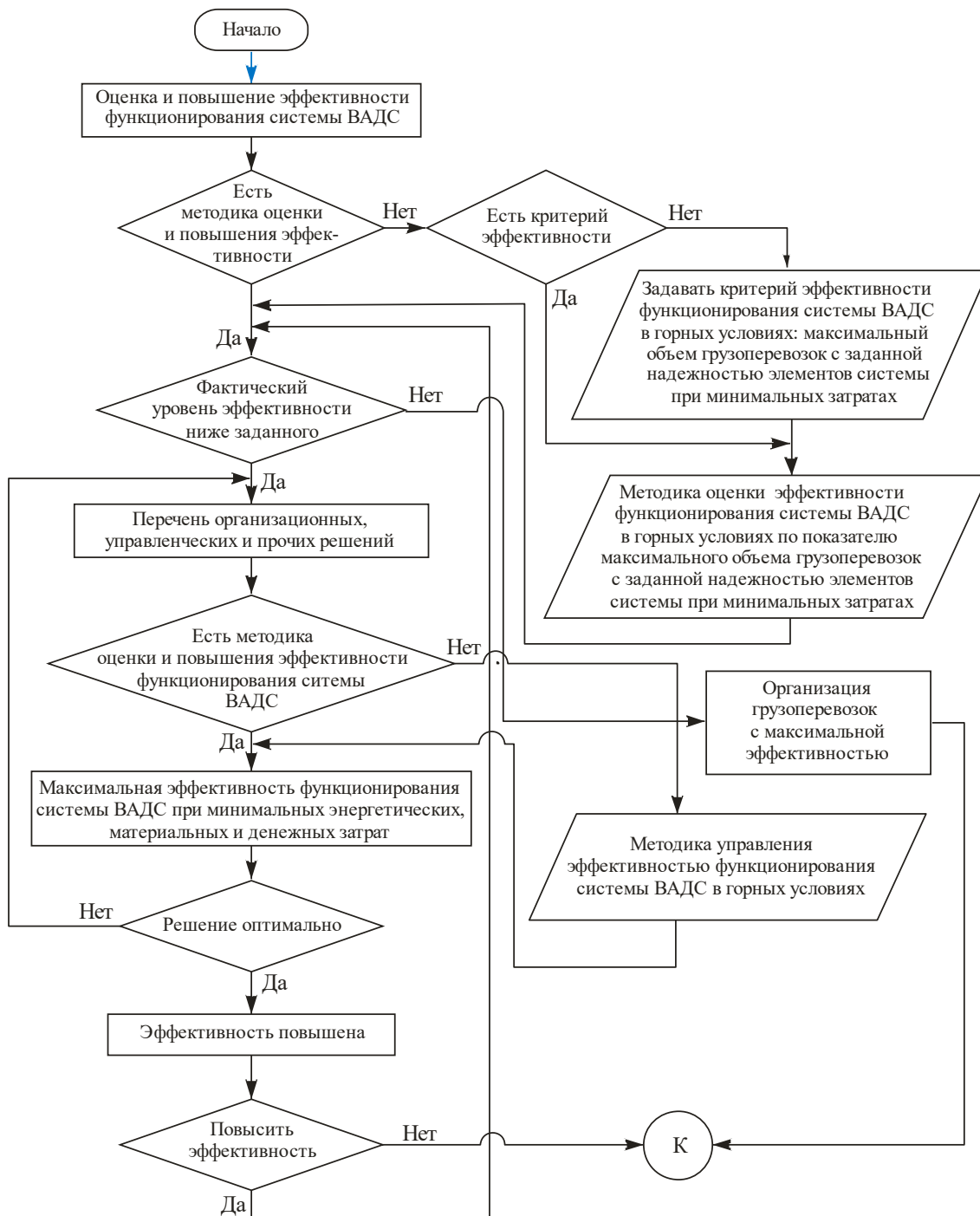


Рисунок 15 – Алгоритм оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС

**В четвертой главе** рассмотрены информационно-инновационные подходы оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях.

Известные инновационные подходы недостаточно полно отражают особенности функционирования системы ВАДС в 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 компонентов системы ВАДС. С учетом свойств эмергентности, синергизма и неаддитивности, применяется инновационный системный оптимизационный подход для повышения эффективности 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. Данная методика называется системно – энергетическим потому, что повышение эффективности функционирования системы ВАДС обусловлено преимущественно энергетическими затратами.

В общем виде, инновационный системно - энергетический оптимизационный (ИСЭО) подход оценки эффективности функционирования системы ВАДС  $\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$  может быть представлен выражением

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = f(\mathcal{E}_B^{k_B}, S_A^{k_A}, S_D^{k_D}, S_C^{k_C}), \quad (63)$$

где  $\mathcal{E}_B, \mathcal{E}_A, \mathcal{E}_D$  и  $\mathcal{E}_C$  – соответственно, инновационные энергетические затраты на функционирование отдельных компонентов системы ВАДС, Дж;  $k_B, k_A, k_D$  и  $k_C$  – соответственно, показатели степени, характеризующие весомость соответствующего уровня энергозатрат, необходимого для функционирования элементов системы ВАДС.

Согласно данному подходу, оценка и повышение эффективности функционирования системы ВАДС производится по уровню инновационного потенциала системы. Последний рассматривается как комплексный оценочный показатель, который включает в себя нормированные значения отдельных показателей, относящихся к компонентам системы ВАДС, с учетом их значимости.

Оценка и повышение эффективности функционирования системы ВАДС достигается путем применения интенсивных научно-методических инновационных подходов и методов (рис. 16). Требуется оптимизация всех операций и автоматизация процессов функционирования системы ВАДС, что достигается путем применения научно-методических инновационных технологий различной направленности.



Рисунок 16 – Инновационные технологии оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС

**В пятой главе** обобщены результаты теоретических и экспериментальных исследований оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС.

На основе лабораторно-дорожных испытаний определены путевые расходы топлива. По полученным данным экспериментов построены графики зависимости путевого расхода топлива грузовых автомобилей от высоты н.у.м. при движении автомобилей с грузом и без груза (рис. 17).

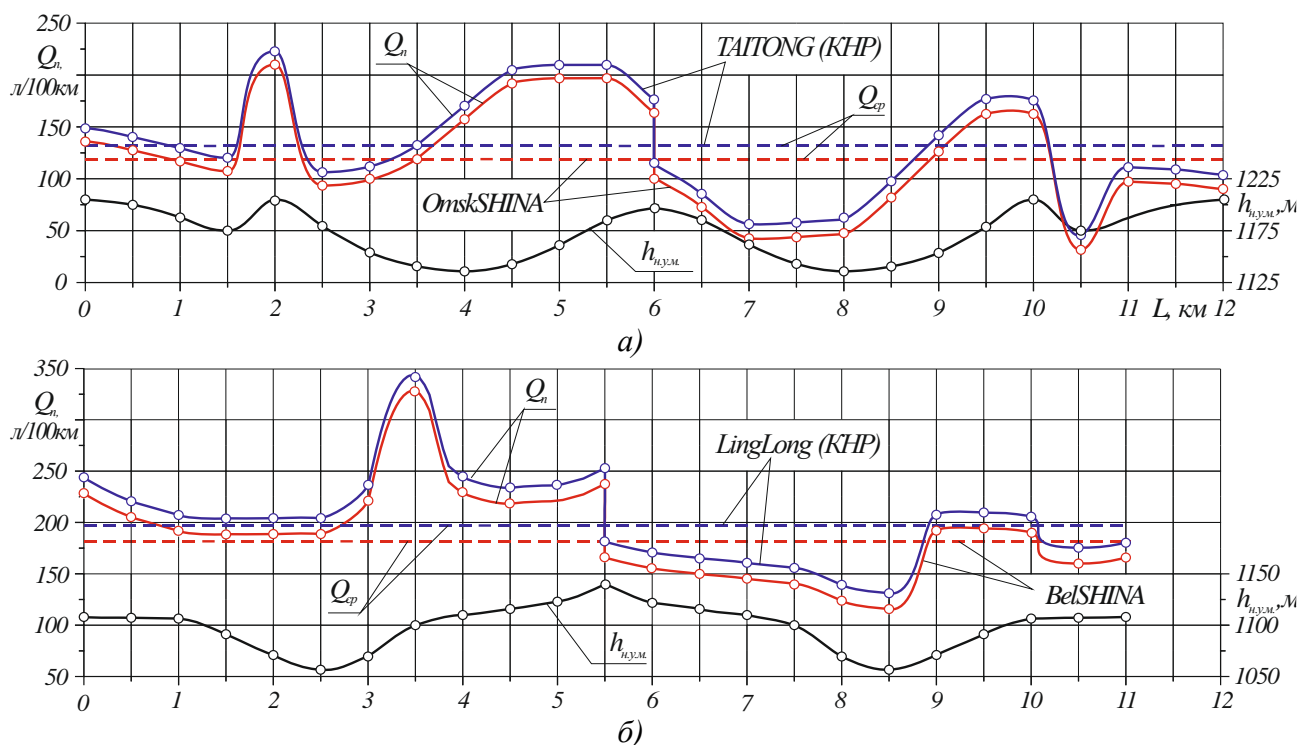


Рисунок 17 – Путевой расход топлива: для автомобилей-самосвалов SHACMAN-SX3256DR384 (а) и БелАЗ-7540В (б) за одну езду

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 ( $k_{cp}$ ) автомобиля, значения которых внесены в табл. 5 и 6.

Таблица 5 – 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	$k_{cp}$	$m$ , т	$V$ , км/ч	$N_e$ , кВт	$Q_l$ , л/(100км)	$k_D$	$P_{см}$ , т/см.	$\mathcal{E}_{ВАДС}$
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

Из анализа данных, представленных в табл. 5 и 6, следует, что с повышением высоты ( $h$ ) н.у.м. наблюдается снижение скорости движения автомобиля  $V$ . С ростом высоты н.у.м. на каждые 1000 м примерно на 10 ... 12% снижается эффективная мощность ДВС ( $N_e$ ) и повышается линейный расход топлива ( $Q_l$ ). При этом рост высоты на каждые 1000 м н.у.м. приводит к более интенсивному снижению сменной производительности и эффективности системы ВАДС, что составляет примерно 11 ... 13%.

Таблица 6 – 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

$h, \text{ м}$	$k_{ср.}$	$m, \text{ т}$	$V, \text{ км/ч}$	$N_e, \text{ кВт}$	$Q_l, \text{ л/(100км)}$	$k_D$	$П_{см}, \text{ т/см.}$	$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}}$
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

На основе лабораторно-дорожных и хронометражных испытаний установлены относительные изменения основных технико-экономических показателей автомобиля (мощности –  $N$ , производительности –  $W$  и линейного расхода топлива –  $Q_l$ ), а также изменение динамического коэффициента неровности дороги ( $k_d$ ) в зависимости от высоты н.у.м. (рис. 18).

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.

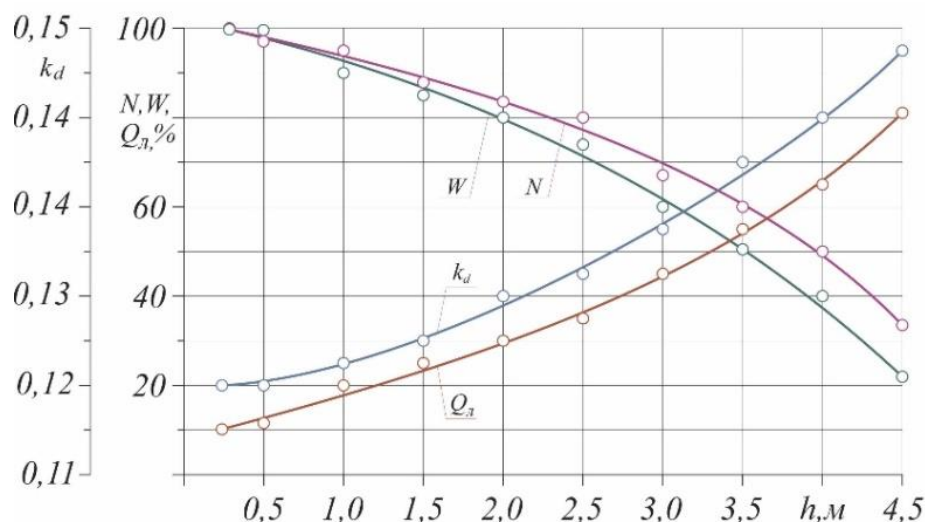


Рисунок 18 – Зависимость относительного изменения технико-экономических показателей автомобиля (мощности –  $N$ , производительности –  $W$  и линейного расхода топлива –  $Q_l$ ), а также изменения динамического коэффициента неровности дороги ( $k_d$ ) от высоты н.у.м.

На основе выдвинутых теоретических предположений о том, что колебания значимых факторов, формирующих эффективность функционирования системы ВАДС, подчиняются нормальному закону распределения, определялись основные вероятностно-статистические характеристики распределения частот эффективности системы (рис. 19 и рис. 20).

Эффективность системы ВАДС, установленная для ее функционирования в горных условиях, рассчитана по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = \mathcal{E}_B \cdot \mathcal{E}_A \cdot \mathcal{E}_D \cdot \mathcal{E}_C, \quad (64)$$

где  $\mathcal{E}_B$ ,  $\mathcal{E}_A$ ,  $\mathcal{E}_D$ ,  $\mathcal{E}_C$  – соответственно, эффективность водителя, автомобиля, дороги и среды.

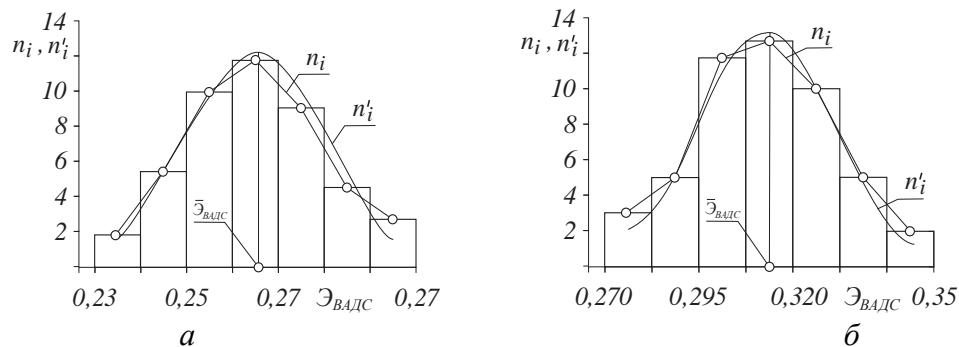


Рисунок 19 – Распределения частот эффективности системы ВАС: а) с автомобилем SHACMAN-SX3256DR384 ( $\bar{\mathcal{E}}_{\text{ВАС}} = 0,252$ ;  $\sigma_{\mathcal{E}} = 0,017$ ;  $\nu = 6,3\%$ ;  $P(\chi^2) = 93\%$ ); б) с автомобилем БелАЗ-7540В ( $\bar{\mathcal{E}}_{\text{ВАС}} = 0,31$ ;  $\sigma_{\mathcal{E}} = 0,0162$ ;  $\nu = 5,2\%$ ;  $P(\chi^2) = 90\%$ )

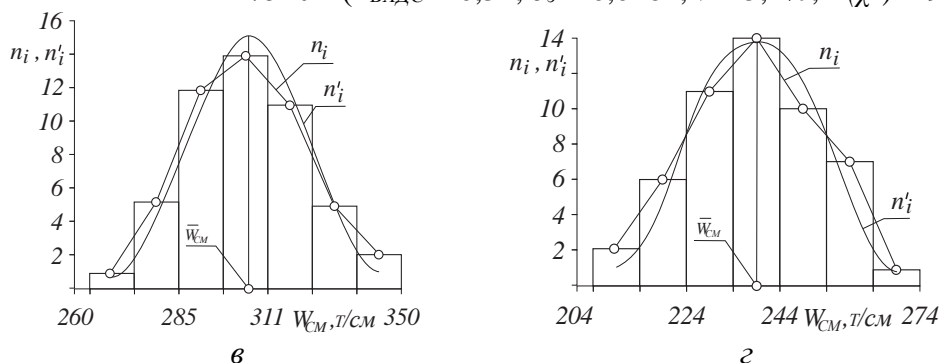


Рисунок 20 – Распределения частот производительности автомобиля:  
а) SHACMAN-SX3256DR384 ( $\bar{W}_{\text{см}} = 305$  т/см;  $\sigma_{\mathcal{E}} = 16,8$  т/см;  $\nu = 5,5\%$ ;  $P(\chi^2) = 90\%$ ) ;  
б) БелАЗ-7540В ( $\bar{W}_{\text{см}} = 239$  т/см;  $\sigma_{\mathcal{E}} = 13,2$  т/см;  $\nu = 5,6\%$ ;  $P(\chi^2) = 67\%$ )

Численные значения эффективностей компонентов системы ВАС, установленные для условий эксплуатации автомобилей-самосвалов в горных карьерах при строительстве Рогунской ГЭС, существенно отличаются от данных для равнинных условий эксплуатации (табл. 7).

Таблица 7 – Эффективности компонентов системы ВАС

Компонент системы ВАС	Обозначение эффективности компонента системы ВАС	Значение эффективности компонента системы ВАС для	
		горных условий	равнинных условий
Водитель	$\mathcal{E}_В$	0,85 ... 0,90	0,90 ... 0,95
Автомобиль	$\mathcal{E}_А$	0,35 ... 0,37	0,38 ... 0,39
Дорога	$\mathcal{E}_Д$	0,87 ... 0,88	0,95 ... 0,97
Среда	$\mathcal{E}_С$	0,82 ... 0,85	0,94 ... 0,96
$\mathcal{E}_{\text{ВАС}}$		0,21 ... 0,25	0,30 ... 0,35

Эффективность автомобиля установлена на основе концептуальной модели оценки эффективности системы ВАС и разработанных математических моделей с учетом энергетических затрат на функционирование системы в горных условиях.

Влияние автомобильной дороги на эффективность системы ВАС определено на основе значения обобщающего динамического коэффициента дороги  $k_D$ .

Эффективность среды установлена с учетом зависимости эффективной мощности двигателя или производительности грузоперевозок от высоты н.у.м., а также с учетом снижения надежности компонентов системы в горных условиях эксплуатации.

Повышение эффективности функционирования системы ВАС связано со снижением ее сложности, которая предполагает исключение водителя из системы, преобразуя подсистему водитель–автомобиль в беспилотный автомобиль. При этом,

системы ВАДС преобразуется в систему БАДС – беспилотный автомобиль, дорога, среда [3].

Эффективность упрощенной системы БАДС и ее компонентов при функционировании системы в горных условиях представлены в табл. 8.

Таблица 8 – Сравнительные значения эффективности элементов системы БАДС

Компонент системы БАДС	Обозначение эффективности компонента системы БАДС	Эффективность компонента системы БАДС для	
		горных условий	равнинных условий
БПА	$\mathcal{E}_{БА}$	0,88 ... 0,90	0,88 ... 0,90
Дорога	$\mathcal{E}_Д$	0,92 ... 0,94	0,95 ... 0,97
Среда	$\mathcal{E}_С$	0,96 ... 0,98	0,97 ... 0,98
$\mathcal{E}_{БАДС}$		<b>0,78 ... 0,83</b>	<b>0,81 ... 0,86</b>

Как следует из сравнения данных, приведенных в табл. 7 и 8, повышение эффективности функционирования упрощенной системы БАДС по сравнению с более сложной системой ВАДС, составляет 3,3 ... 3,7 раза при перевозке горной массы в условиях гор, а при выполнении аналогичных транспортных процессов в равнинных условиях превышение эффективности функционирования системы БАДС по сравнению со системой ВАДС, составляет 2,5 ... 2,7 раза.

Важным инновационным направлением повышения эффективности функционирования системы ВАДС можно считать изменения ее компонентного состава путем замены автомобиля на электромобиль. В качестве альтернативной системы с измененным компонентным составом предлагается система водитель-электромобиль-дорога-среда (ВЭДС), в формировании эффективности которой доминирующим компонентом является электромобиль.

Эффективность автомобиля можно определить как произведение КПД ДВС  $\eta_{ДВС}$  на эффективности трансмиссии автомобиля  $\eta_{тра}$  и коэффициент, учитывающий потери энергетической эффективности автомобиля при контакте автомобильного колеса с поверхностью дороги  $\eta_k$ , т.е.

$$\mathcal{E}_А = \eta_{ДВС} \cdot \eta_{тра} \cdot \eta_k. \quad (65)$$

Эффективность электромобиля  $\mathcal{E}_ЭМ$  можно определить как произведение КПД электродвигателя  $\eta_{ЭД}$  на эффективности трансмиссии электромобиля  $\eta_{трэ}$  и взаимодействия колес с дорогой  $\eta_k$  (табл. 9), т.е.

$$\mathcal{E}_ЭМ = \eta_{ЭД} \cdot \eta_{трэ} \cdot \eta_k. \quad (66)$$

Таблица 9 – Сравнительные значения КПД транспортных средств и их энергоустановок

Транспортное средство	Тип энергоустановки	КПД, %		
		энергоустановки	трансмиссии	на колесе ТС
Автомобиль	Дизель	42	90 (с механической КПП) 85-87 (с автоматической КПП)	22,5
	Бензиновый ДВС	35	90 (с механической КПП) 85-87 (с автоматической КПП)	18
Электро-мобилей	Тяговый электродвигатель	90-95	90	81-85
	Электродвигатель Tesla model S	95	98-99	94

Установлено, что эффективность альтернативной системы ВЭДС значительно выше по сравнению с системой ВАДС. Эта разница особенно явно выражена в горных условиях по сравнению с равнинной местностью (табл. 10).



Таблица 10 – 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	$\mathcal{E}_B$	0,88...0,91	водителя электромобиля	$\mathcal{E}_{BЭ}$	0,89...0,92
автомобиля	$\mathcal{E}_A$	0,33...0,36	электромобиля	$\mathcal{E}_{AM}$	0,80...0,90
дороги	$\mathcal{E}_D$	0,90...0,91	дороги	$\mathcal{E}_{DЭ}$	0,86...0,90
среды	$\mathcal{E}_C$	0,81...0,84	среды	$\mathcal{E}_{CЭ}$	0,90...0,95
системы ВАДС	$\mathcal{E}_{ВАДС}$	0,21...0,25	системы ВЭДС	$\mathcal{E}_{ВЭДС}$	0,55...0,71

В реальных условиях эксплуатации эффективность функционирования системы ВАДС формируется при совокупном влиянии 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 ( $H$ ) и температуру воздуха ( $t$ ). На рис. 21 представлены графики зависимости влияния названных факторов совместно с высотой н.у.м. на формирование эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях эксплуатации автомобилей – самосвалов.

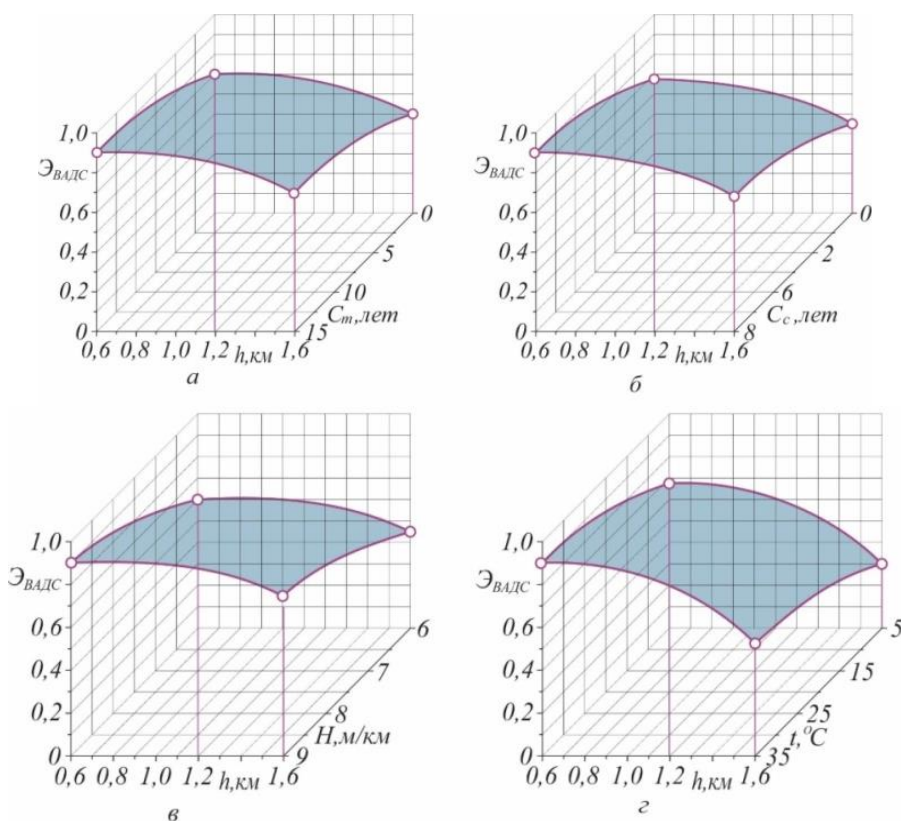


Рисунок 21 – Зависимости относительной эффективности функционирования системы ВАДС в горных условиях эксплуатации грузовых автомобилей от высоты н.у.м. и: стажа работы водителя (а); срока службы автомобиля (б); неровности дороги (в) и температуры окружающей среды (г)

Эффективность функционирования системы ВАДС в горных условиях определена по эффективности отдельных её компонентов. Для этого экспериментальные данные для различных высот н.у.м. получены по методике, согласно которой изменение

эффективности отдельного элемента системы определяется при постоянстве других (рис. 22).

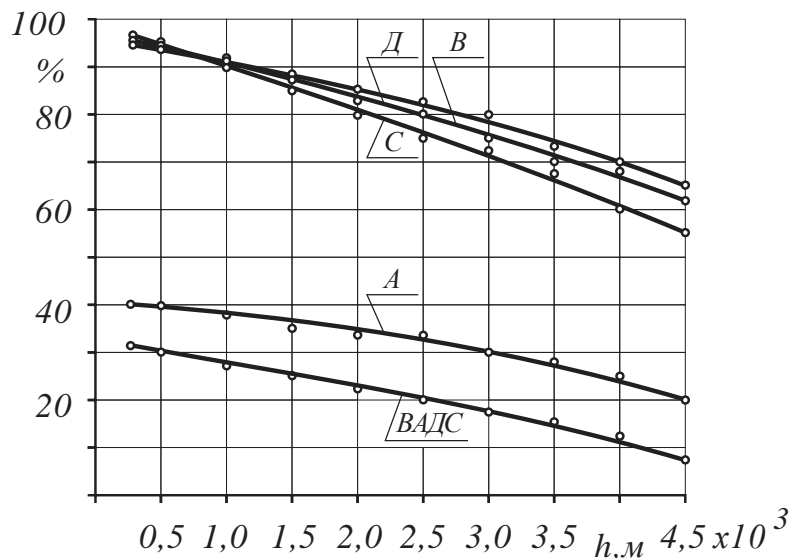


Рисунок 22 – Эффективности функционирования системы ВАДС и ее элементов в зависимости от высоты  $h$ , м.

Экономическую эффективность системы ВАДС можно свести к себестоимости грузоперевозок. При этом, необходимо учитывать совокупное влияние отдельных элементов системы на формирование ее себестоимости.

На основе анализа суммарной себестоимости транспортного процесса, полученного экспериментальным путем в горных карьерных условиях при перевозках горной массы автомобилями-самосвалами различной грузоподъемности (КрАЗ, Dongfeng DFL–3251, Хово – 336, SHACMAN-SX3256DR384, БелАЗ-7540В), установлены достаточно низкие показатели экономической эффективности его функционирования (рис. 23).

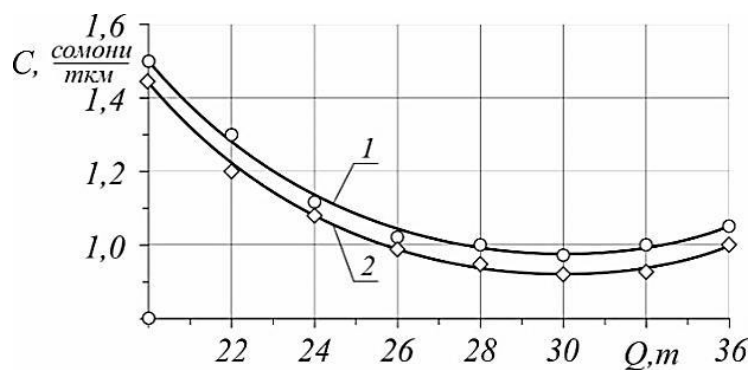


Рисунок 23 – Зависимость суммарной себестоимости транспортных процессов от грузоподъемности автомобиля в горных условиях: 1 – БелАЗ-7540В; 2 – SHACMAN-SX3256DR384

## 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 км<sup>2</sup> 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:

$$\begin{aligned}\lambda_d &= (1 - 0,75\delta_m), \text{ где } \delta_m = 2A_m / M_{cp} \approx 0,25; \\ \lambda_t &= (1 - 0,15t), \text{ где } t = 6 \dots 7 \text{ лет}; \\ \lambda_v &= (1 - 0,65v), \text{ где } v = 0,07 \dots 0,15; \\ \lambda_h &= (1 - 0,12h), \text{ где } h = 300 \dots 4655 \text{ м. [1-А].}\end{aligned}$$

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-А, 20-А].

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-А, 18-А, 19-А, 22-А].

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-А].

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:

$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = 0,30 \dots 0,35$ ,  $\mathcal{E}_{\text{БАДС}} = 0,81 \dots 0,86$  и  $\mathcal{E}_{\text{ВЭДС}} = 0,64 \dots 0,75$ ;

– для горных условий:

$\mathcal{E}_{\text{ВАДС}} = 0,21 \dots 0,25$  и  $\mathcal{E}_{\text{БАДС}} = 0,78 \dots 0,83$  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].

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, HOVO-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 HOVO-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 надежность водителя, автомобиля и автомобильной дороги.

### **Список использованной литературы**

1. Быстрянец, Е.В. Методика определения рациональных параметров информационного обеспечения автомобильного транспорта/ Е.В. Быстрянец, В.С. Логойда // Автоматизация. Современные технологии ежемесячный междотраслевой научно-технический журнал. – 2017. – Т. 71. – № 08. – С. 381–384.

2. 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.

3. Гусев, С. И. Структура системы функционирования беспилотного аотранспортного средства / С.И. Гусев, В.В. Епифанов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. № 4 (92). С. 45-47.

4. Еремин, В.М. Концептуальная модель функционирования системы ВАДС как основа компьютерной имитации. САПР и ГИС автомобильных дорог /В.М. Еремин, 2014. – №1(2). – С. 90–93.

5. Ефанов, А.Н. Оценка эффективности функционирования транспортной системы / А.Н. Ефанов, Н.К. Румянцев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012., №1. – С. 154 – 157.

6. 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.

7. Колесниченко, А. В. Конструирование энтропийной транспортной модели на основе статистики Цаллиса/А.В. Колесниченко//Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2013. – № 33. – 23 с.

8. 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.

9. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации/ Л. Г. Резник, Г. М. Ромалис, С. Т. Марков. – М.: Транспорт, 1989. – 126 с.

10. Турсунов, А.А. Адаптация автомобилей к суровым горным условиям эксплуатации/А.А. Турсунов// Доклады АН РТ, 2002. – Том XLV. – № 11-12. – С. 106-114.

### **Публикации по теме диссертации:**

#### **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.

#### **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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, 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. - Душанбе, 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.

#### **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. Гоибов, С.С. Сайдуллозода, А.Л. Бердиев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2021. – №3 (134). – С. 117–124.

[38-A] 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-A] 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.

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

[40-A] 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, 23–25 сентября 2021 года. – St. Petersburg, 990 (2022). – P. 120-127.

[42-A] 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.

[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.

#### **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-A] 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-A] 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. Саилов// 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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, А.Х. Абаев, Ф.А. Гафаров // Вестник ТУТ. – 2018. – 3 (34), – С. 47–54.

#### 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.

#### **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.).

**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН**

**ДОНИШГОҲИ ТЕХНИКИИ ТОҶИКИСТОН  
БА НОМИ АКАДЕМИК М.С. ОСИМӢ**

**ТДУ: 656.1:65.012.12:629.113:629.114:625.7.812**

*Бо ҳуқуқи дастнавис*



**УМИРЗОҚОВ Аҳмад Маллабоевич**

**АСОСҲОИ НАЗАРИЯВИИ БАҲОДИҲӢ ВА БАЛАНД  
БАРДОШТАНИ САМАРАНОКИИ ФАЪОЛИЯТИ СИСТЕМАИ  
РОНАНДА – АВТОМОБИЛ – РОҲ – МУҲИТ  
ДАР ШАРОТИ КӢҲСОР**

**АВТОРЕФЕРАТИ**

диссертатсия барои дарёфти дараҷаи илмии доктори илмҳои техники  
аз рӯйи ихтисоси 2.6.6 – Баҳрабардории нақлиёти автомобилӣ

Душанбе 2026

Кори илмӣ дар кафедраи Истифодабарии нақлиёти автомобилии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С.Осимӣ иҷро шудааст.

Мушовири илмӣ:

**Саидзода Раҳим Ҳамро**, доктори илмҳои техникӣ,  
профессори кафедраи Истифодабарии нақлиёти  
автомобилии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон  
ба номи академик М.С. Осимӣ

Муқарризи расмӣ:

**Каримов Бури Бачабеквич**, доктори илмҳои техникӣ,  
профессор, раиси Шӯрои байнидавлатии роҳсозони  
кишварҳои муштаракул манофеъ

**Маткеримов Талайбек Исманалиевич**, доктори илмҳои  
техникӣ, профессори кафедраи Ташкили ҳамлу нақл ва  
беҳатарии ҳаракати Донишгоҳи давлатии техникии  
Қирғизистон ба номи И. Раззоқов

**Базаров Бахтиёр Имамович**  
доктори илмҳои техникӣ, профессори кафедраи  
Манбаҳои энергетикӣ нақлиёти  
Донишгоҳи давлатии нақлиёти шаҳри Тошкент

Муассисаи пешбар:

Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтумур

Ҳимояи диссертатсия 24 апрели соли 2026, соати 14:00 дар ҷаласаи Шӯрои диссертатсионӣ 6D.KOA – 049 назди Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, бо суроғай 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10 баргузор мегардад.

Бо диссертатсия дар китобхона ва сомонӣ расмӣ Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ <http://ttu.tj> шинос шудан мумкин аст.

Ҳошишмандем тақризҳоро нисбат ба автореферат дар ду нусха, ки бо муҳри муассиса тасдиқ шудаанд, ба суроғай 734042, ш. Душанбе, хиёбони академикҳо Раҷабовҳо, 10 ба унвони котиби илмӣ Шӯрои диссертатсионӣ 6D. KOA - 049 ирсол намоед. E-mail: [sultonzoda.sh@mail.ru](mailto:sultonzoda.sh@mail.ru)

Автореферати диссертатсия «\_\_\_» \_\_\_\_\_ соли 2026 тавзеъ шуд.

Котиби илмӣ  
шӯрои диссертатсионӣ 6D. KOA -049,  
номзади илмҳои техникӣ, дотсент



Султонзода Ш.М.

## МУҚАДДИМА

**Мубрамии мавзӯи таҳқиқот.** Баҳодихӣ ва дарёфти роҳҳои баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи ронанда-автомобил-роҳ-муҳит (РАРМ) дар шароити кӯҳсор яке аз мушкилоти муҳими инкишофи хоҷагии халқи Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб меравад.

Бинобар он таҳияи асосҳои назариявии баҳодихии самаранокии амалкарди системаи РАРМ ва асосноккунии захираҳои афзоиши он, ки барои баланд бардоштани устувории қарорҳои қабулшуда дар раванди идоракунии самаранокии он ва дар натиҷа, ҳангоми арзёбӣ ва пешгӯии самаранокии амалкарди соҳа (система)-и нақлиёт имкон медиҳад, аҳамияти калон касб менамояд.

То имрӯз системаи РАРМ барои баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии бехатарии ҳаракат дар роҳ истифода мешуд. Системаи РАРМ метавонад ҳамчунин барои баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии раванди нақлиёти низ истифода шавад.

Системаи РАРМ яке аз муҳимтарин секторҳои хоҷагии халқи иқтисодиёти мамлакат ба ҳисоб меравад, ки барои таъмин намудани талаботи ҷамъият оид ба нақлиёти автомобилӣ равона шудааст. Бо вучуди ин амалкарди системаи РАРМ бо хароҷотҳои энергетикӣ, моддӣ, меҳнатӣ, молиявӣ ва захираҳои табиӣ вобастагии назаррас дошта, ба ҳолати муҳити атроф таъсири калон мерасонад. Хароҷоти мазкур дар шароитҳои кӯҳсор ва баландкӯҳи амалкарди системаи РАРМ ба таври назаррас меафзояд. Бинобар он мушкилии баҳодихӣ ва баланд бардоштани раванди нақлиёти автомобилро тавасути призмаи РАРМ дида баромадан ба мақсад мувофиқ мебошад. Ҳангоми чунин тарзи кор мумкин аст, ки коҳиш ёфтани сифат ё эътимоднокии яке аз элементҳои система (бо назардошти хусусиятҳои хоси онҳо) барои паст шудани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар умум боис гардад.

Бо назардошти маълумотҳои мазкур масъалаи таҳия намудани асосҳои назариявӣ барои баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор аҳамияти муҳими назариявӣ ва амалиро касб менамояд. Ин ҳама барои баланд шудани саҳеҳияти қарорҳои қабулшаванда ҳангоми баҳодихӣ ва пешгӯи намудани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор боис мегардад.

Дар асоси таҳлил ва умумият бахшидани натиҷаҳои таҳқиқот метавон гуфт, ки масъалаҳои вобаста бо баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор мубрам буда ба таври кофӣ омӯхта нашудаанд.

**Дарачаи таҳқиқи мавзӯи илмӣ.** Асосҳои назарияи системаи РАРМ дар солҳои 60-уми асри гузашта аз ҷониби олимони хориҷӣ ва шӯравӣ дар соҳаи нақлиёти автомобилӣ гузошта шуда буданд. Назарияи системаи РАРМ дар асоси рушд ва инкишофи назарияи классикии автомобил яквақта аз ҷониби якчанд мактабҳои илмии шӯравӣ, ки дар НАМИ (бо роҳбарии профессор Л.Л. Гинсбург) ва МАДИ (бо роҳбарии профессор А. А. Хачатуров) ташаккул ёфта буданд, таҳия карда шуд. Илова бар ин, бо масъалаҳои таҳияи назарияи амалкарди системаи ВАДС аз ҷониби олимони МАМИ, МАДИ ва диг. машғул шуданд.

Мушкилоти баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти зерсистемаҳои алоҳидаи системаи РАРМ дар шароити мушаххаси истифодабарӣ дар асарҳои олимони: Кузнетсов Е.С., Резник Л. Г., Шейнин А.М., Говорушенко Н. Я., Аригин И. Н., Турсунов А. А., Губинский А. И., Половко А. Н., Фокин Ю. Г., Саилов А. А., Ахунов Т. И., Партсхаладзе Р. М., Қодиров С. М., Трояновская И.П., Авдонкин Ф. Н., Захаров Н. С. ва диг. баррасӣ шудаанд.

Хусусиятҳои баҳрабардории автомобилҳо дар шароити кӯҳсор ба таври возеҳ дар қорҳои Авдонкин Ф.Н., Давлатшоев Р.А., Двали Р.Е., Левиашвили Г.Р., Махалдиани В.В., Парцхаладзе Р.М., Саилов А.А., Саттисвалдиев Б.С., Топалиди В.А., Турсунов А.А., Эман О.Я. и дигарон таҳқиқ шудаанд.

Ҷанбаҳои гуногуни мушкилӣ, ки бо баланд бардоштани самаранокии элементҳои алоҳидаи системаи РАРМ дар шароити мушаххаси баҳрабардорӣ вобаста мебошанд, дар

асарҳои олимони хориҷи кишвар: 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 ва диг. таҳқиқ гардидаанд.

Масъалаҳои эътимоднокии ронанда ва самаранокии фаъолияти касбӣ ба таври кофӣ дар асарҳои олимони Афғанасъев М. Б., Вайсман А.И., Долгов К.О., Дятлов, М. Н., Иванов В.Н., Игнатов Н.А., Кирянова О.Е., Клиновштейн Г.И., Комаров Ю. Я., Куперман А. И., Мамадов М.И., Мамбеталин К.Т., Мишулин В.М, Мураҳин Н.А., Петрушин А. Г., Романов А.Н., Тодорев А.Н. ва диг. баён гардидааст.

Ба масъалаҳои эътимоднокии роҳҳои автомобилгард ва самаранокии равандҳои нақлиётӣ асарҳои олимони зерин бахшида шудаанд: Андрианов Ю.В., Бабков В.Ф., Бакуревич Ю.Л., Бируля А.К., Горшков Ю.Г., Ермилов Ф.И., Каримов Б.Б., Лавриненко П.Н., Лазебников М.Г., Левитин К.М., Лель Ю.И., Ленашвили Г.Р., Посполит А.В., Саидкасымов С.С., Сапаров М.Н., Страмилов М.Р, Таштабанов Р.А., Трояновская И.П., Шейнин А.М. ва диг.

**Робитаи таҳқиқот бо барномаҳо (лоиҳаҳо) ва мавзӯҳои илмӣ.** Кори диссертатсионӣ дар доираи Стратегияи миллии рушди Ҷумҳурии Тоҷикистон барои давраи то соли 2030, инчунин Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи дурнамо, концепсия, стратегия ва барномаҳои давлатии рушди иҷтимоӣ ва иқтисодии Ҷумҳурии Тоҷикистон» таҳия шудааст, ки дар онҳо ба масъалаҳои рушди устувори соҳаи нақлиёт ва баланд бардоштани самаранокии нақлиёти автомобилӣ аҳамияти ҳада дода мешавад.

## ТАВСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

**Мақсади таҳқиқот** аз таҳияи асосҳои илмӣ-методии баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор иборат аст.

Мувофиқи таҳлили иҷрошудаи ҳолати мушкilot ва ҳадафи таҳияшуда ҳалли **вазифаҳои зерини таҳқиқот** пешбинӣ шудаанд:

- коркард намудани схемаи синфбандии хусусиятҳои системаи РАРМ ҳангоми амалкарди он дар шароити кӯҳсор дар асоси таҳлили вазъи мушкilot вобаста бо ҳалли масъалаҳои самаранокии амалкарди раванди нақлиётӣ;
- асоснок намудани самаранокии амалкарди зерсистемаҳои алоҳидаи система ва дараҷаи таъсири яқҷояи онҳо ба ташаккули самаранокии системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор;
- ташаккул додани концепсияҳо ва таҳияи моделҳои концептуалӣ барои баҳодихии самаранокии фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор;
- аниқсозии методика ва вобастагҳои математикӣ барои баҳодихии самаранокии амалкарди автомобил дар шароити истифодабарӣ дар кӯҳсор;
- таҳияи методика ва вобастагҳои таҳлиلى барои баҳодихии комплекси самаранокии энергетикӣ амалкарди системаи РАРМ;
- таҳияи модели энтропӣ оид ба баҳодихии фаъолияти системаи РАРМ дар асоси омори Тсаллис;
- асоснок намудани усули баҳодихии миқдорӣ сифати системаҳои техникӣ таъмиршаванда ва таъмирнашаванда;
- коркард намудани услуби инноватсионӣ ва оптимизатсионӣ системавӣ - энергетикӣ (ИОСЭ) барои баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор;
- умумият бахшидан ба натиҷаҳои таҳқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ;
- асоснок намудани самаранокии иқтисодии натиҷаҳои таҳқиқот.

**Объекти таҳқиқот** аз равандҳое, ки бо амалкарди системаи РАРМ ҳангоми ҳалли масъалаҳо оид ба самаранокии раванди нақлиётӣ дар шароити кӯҳсор вобаста ҳастанд, иборат мебошад.

**Предмети таҳқиқот** қонуниятҳои таъсири комплекси компонентҳои гуногуни системаи РАРМ-ро ба самаранокии амалкарди он дар шароити кӯҳсор дар бар мегирад.

**Асоси назариявии таҳқиқот.** Ҳамчун асосҳои назариявии таҳқиқот корҳои олимони ватанию хориҷӣ оид ба мушкилиҳои баҳодихӣ ва баланд бардоштан амалкарди системаи РАРМ дар шароитҳои мушаххас қабул шудаанд, ки онҳо ҷанбаҳои назариявии баҳодихӣ ва баланд бардоштани эътимоднокии элементҳои алоҳидаи система, методҳои ҳалли системавӣ ва барномавӣ ҳадафӣ, моделсозии математикӣ ва энтропӣ, омори математикӣ ва методҳои эҳтимолиро дар бар мегиранд. Ҳамчун асоси иттилоотии таҳқиқот маълумотҳои омории оид ба озмоиши нақлиёти автомобилӣ дар шароитҳои кӯҳсор истифода шудааст.

**Навгони илмӣ** кори диссертатсионӣ аз концепсияҳои илмӣ зерин, асосҳои назариявӣ, услуб ва ҷанбаҳои методологӣ, моделҳои математикӣ ва вобастагиҳои таҳлилий иборат мебошад:

- асосҳои назариявӣ ва методологӣ нисбат ба таснифи системаи РАРМ ва вобастагии таҳлилий барои арзёбии таъсири зерсистемаҳои алоҳидаи системаи РАРМ ба самаранокӣ он бо назардошти хусусиятҳои хоси амалкарди система дар шароити кӯҳсор;
- концепсияи арзёбии энергетикӣ марбут ба самаранокӣ системаи РАРМ ва модели математикӣ барои татбиқи он;
- татбиқи формулаи такмилёфтаи В. Н. Болтинский барои арзёбии самаранокӣ системаи РАРМ, ки дорои коэффитсиенти коҳишёбии тавоноӣ дар баландиҳои гуногун аз сатҳи баҳр мебошад;
- назария ва методикаи арзёбии комплекси энергетикӣ самаранокӣ системаи РАРМ бо назардошти хусусиятҳои амалкарди он дар шароити кӯҳсор;
- модели энтропии арзёбии амалкарди системаи РАРМ дар асоси омори Тсаллис;
- усулҳои назариявӣ-амалӣ (методика ва заминаи назариявӣ) ва моделҳои математикӣ дар асоси онҳо таҳияшуда барои арзёбии микдории сифати системаҳои техникӣ;
- концепсияи усули инноватсионӣ ва оптимизатсионӣ системавӣ - энергетикӣ барои баҳодихии самаранокӣ амалкарди системаи РАРМ;
- натиҷаҳои умумиятбашидашудаи тадқиқоти назариявӣ ва эксперименталӣ дар асоси нишондиҳандаҳои муқоисавӣ самаранокӣ системаҳои РАРМ ва автомобили бесарнишин роҳ-муҳит (АБРМ) дар шароити кӯҳсор.

Маҷмӯи натиҷаҳои илмӣ дастрасшуда саҳми назаррасро дар рушди асосҳои назариявии арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокӣ амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор тасдиқ менамояд.

#### **Нуктаҳои ба ҳимоя пешниҳодшаванда**

1. Таснифоти системаи РАРМ, бо мақсади дарёфти донишҳои саҳеҳ дар бораи сохтори система, муносибатҳо ва робитаҳои байни зерсистемаҳо, ки заминаи зарурӣ барои арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокӣ он ба ҳисоб меравад.
2. Модели концептуалии арзёбии самаранокӣ системаи РАРМ дар шакли муодилаи дифференсиалӣ.
3. Формулаи такмилдодашудаи Н. В. Болтинский барои арзёбии самаранокӣ амалкарди системаи РАРМ бо назардошти коэффитсиентҳои динамикӣ, омили вақт, эҳтимоли ва баландӣ а.с.б., ки коҳишёбии тавоноии самаранокӣ МДСро ба назар мегиранд.
4. Услуб ва модели математикӣ барои арзёбии комплекси самаранокӣ энергетикӣ амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор.
5. Модели энтропии арзёбии самаранокӣ амалкарди системаи РАРМ дар асоси омори Тсаллис.
6. Натиҷаҳои умумиятбашидашудаи таҳқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ оид ба арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокӣ системаи РАРМ ҳангоми амалкарди он дар шароити кӯҳсор.

**Асоси назариявии таҳқиқот.** Натиҷа ва дастовардҳои нав дар шакли маҷмӯи муқаррароти назариявӣ-методологӣ, концепсияҳо, усулҳои илмӣ, моделҳои математикӣ дастрас шуданд, ки ба назария ва амалияи арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокӣ

системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор саҳми назаррас мегузоранд. Асосҳои илмӣ концептуалӣ барои арзёбии комплекси энергетикӣ ва баланд бардоштани самаранокии системаи РАРМ таҳия шуданд. Вобастагиҳои математикии таҳлили таъсири муштаракӣ зерсистемаҳои гуногуни системаи РАРМ ба самаранокии он тартиб дода шудаанд. Ба мақсад мувофиқ будани истифодабарии модели энтропикӣ барои арзёбии самаранокии системаи РАРМ дар асоси омори Тсаллис дар шароити кӯҳсор асоснок карда шудааст. Формулаи муайян намудани тавононии истифодабарии автомобил бо назардошти баландӣ аз сатҳи баҳр (а.с.б.) мушаххас карда шудааст. Асосҳои назариявӣ-методӣ ва вобастагиҳои таҳлили арзёбии микдории сифати системаҳои техникӣ пешниҳод карда шуданд.

Муқаррароти назариявӣ, методологӣ ва амалии таҳияшуда, моделҳо ва методикаҳо аз ҷониби Вазорати нақлиёт, муассисаҳои нақлиётӣ дар ҳамаи марҳилаҳои таҳия ва татбиқи барномаҳои илмӣ-амалӣ барои арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор метавонанд истифода шаванд. Натиҷаҳои илмӣ-амалии дастрасгардида барои ҷустуҷӯ ва ташаккули чорабиниҳои самарабахш оид ба беҳтар намудани сифати хизматрасониҳои нақлиётӣ имкон медиҳанд.

**Дарачаи эътимоднокии натиҷаҳои диссертатсия** бо технологияҳои муосири иттилоотӣ, таъминоти барномавӣ, усулҳои стандартӣ коркарди маълумоти омӯрӣ, инчунин мувофиқати натиҷаҳои таҳқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ ва татбиқи амалии онҳо вобаста аст ва бо маводҳои истифодаи услубҳои арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокии системаи РАРМ дар ҶСК Соҳтмони асосии НБО Роғун ва ҶСП Тоҷиксегмент тасдиқ шудааст.

**Мутобиқати диссертатсия ба шиносномаи ихтисоси илмӣ.** Соҳаи таҳқиқоти диссертатсия ва коркардҳои креативӣ аз рӯи ҳамаи бандҳои наवгонии илмӣ ба шиносномаи ихтисоси илмӣ 2.6.6 – «Баҳрабардории нақлиёти автомобилӣ» (бандҳои 1, 6, 7 и 10) мувофиқат мекунад.

**Саҳми шахсии доктарабон дарачаи илмӣ** бо интихоби мустақилонаи мавзӯ ва самти таҳқиқот, коркарди методология ва методҳои таҳқиқот, синфбандии системаи РАРМ -ро бо назардошти амалкарди он дар шароити кӯҳсор, модели концептуалии баҳодихии самаранокии системаи РАРМ, асосҳои назариявии баҳодихии самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор, коркарди модели энтропии баҳодихии самаранокии системаи РАРМ дар асоси омори Тсаллис, моделҳои математикии барои баҳодихии микдории сифати системаҳои техникӣ, концепсияи инноватсионии системавӣ-энергетикии услуби оптималкунонии баҳодихии самаранокии амалкарди системаи РАРМ, ки дар асоси он аз тарафи муаллиф баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии раванди нақлиётӣ тавассути системаи РАРМ дар ҳамгироии баҳодихӣ ва баланд бардоштани беҳатарии ҳаракат дар роҳ пешбинӣ шудааст. Эътимоднокии натиҷаҳои дастрасгардида дар асоси умумият бахшидани натиҷаҳои таҳқиқотҳои назаривӣ ва таҷрибавӣ тасдиқ шудааст.

**Тасвир ва амалисозӣ.** Муқарроти асосӣ ва натиҷаҳои кори диссертатсионӣ баррасӣ ва муҳокима шудааст дар:

- конференсияи I-уми байналмилалӣ илмӣ-амалии донишгоҳи давлатии техникии ш. Иркутск дар мавзӯи «Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования». – Иркутск, 2007;

- конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Проблемы развития автомобильного автотранспорта и транспортных коммуникаций в Центрально-азиатском регионе». – Тошкент, 2007;

- конференсияи V-уми илмӣ-техникии донишқадаи донишгоҳи федералии Сибир дар мавзӯи «Политранспортные системы». – Красноярск, 21-23 ноябри соли 2007;

- конференсияи III-юми байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Дурнамои рушди илм ва маориф дар асри XXI» Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. – Душанбе, 2008;

- конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ. – С.-Пб., 2009;



- конференсияи IV -уми байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Дурнамои рушди илм ва маориф дар асри XXI» Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. – Душанбе, 2010;
- конференсияи байналмилалии илмӣ-техникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. – Душанбе, 2011;
- конференсияи байналмилалии илмӣ-техникӣ дар мавзӯи «Транспортные и транспортно-технологические системы». Донишгоҳи давлатии нефту гази ш. Тюмен, шуъбаи байниминтақавии Урал, Академияи нақлиёти Россия – ш.Тюмен, 2015;
- конференсияи байналмилалии илмӣ-техникии кафедраи «Автомобилҳо, тракторҳо ва хизматрасонии техникӣ»-и Донишқадаи техникии системаҳо, хизматрасонӣ ва энергетикаи Донишгоҳи энергетикаи С.-Пб. – С.-Пб., 2015;
- конференсияи VIII – уми байналмилалии илмӣ-амалии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи акад. М. С. Осими дар мавзӯи «Дурнамои рушди илм ва маориф». – ш. Душанбе, 2016;
- маводҳои конференсияи байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Проектирование специальных машин для освоения горных территорий». Донишгоҳи давлатии кӯҳии кишоварзӣ. – ш. Владикавказ, 2016;
- конференсияи XVIII – уми байналмилалии илмӣ-амалии Донишгоҳи давлатии ш. Владимир ба номи А. Г. и Н. Г. Столетовҳо. –ш. Владимир -Аркаим, 2016;
- конференсияи илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Мушкилиҳои муосири рушди фанҳои табиӣ-математикӣ дар ҚТ» Донишгоҳи давлатии омӯзгорӣ ба ном С. Айни. – ш. Душанбе, 2017;
- конференсияи Ҷумҳуриявии илмӣ-техникии ҳайати профессорону омӯзгорони ДМТ бахшида ба 20 солагии Рӯзи ваҳдати миллӣ ва соли ҷавонон. -Душанбе, 2017;
- конференсияи илмӣ-амалии умумироссиягӣ дар мавзӯи «Актуальные вопросы транспорта в лесном комплексе». – ш. С-Пб., 2019;
- конференсияи байналмилалии 8-уми илмӣ-амалӣ. – ш. Владикавказ, 2019;
- конференсияи илмӣ-амалии умумироссиягӣ дар мавзӯи «Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции» бахшида ба 90-солагии факултети менеҷменти технологӣ. – ш. Владикавказ, 2019;
- materials Science and Engineering all-Russian scientific-practical conference with international participation "Actual issues of transport in the forest sector". – St. Petersburg, 2019;
- конференсияи байналмилалии илмӣ-техникии «Пром-Инжиниринг». – ш. Сочи, 2020;
- семинари илмӣ-техникии умумироссиягӣ дар мавзӯи «Подвижность транспортно-технологических машин». – ш. Н. Новгород, 2020;
- конференсияи илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Бехатарии ҳаракат ва анъанаҳои инноватсионӣ дар нақлиёт», бахшида ба профессорон Турсунов А.А., Оев А.М. ва Сангинов О.К. ДТТ ба номи акад. М.С. Осимӣ. – ш. Душанбе, 2020;
- конференсияи илмӣ-амалии ҷумҳуриявӣ дар мавзӯи «Рушди инноватсионии кишоварзӣ дар шароитҳои тағйирёбии глобалӣ: вазъияти муосир, мушкилот ва роҳҳои ҳалли он». Донишгоҳи аграрии Тоҷикистон ба номи Ш. Шохтемур. - ш. Душанбе, 2020;
- шурои илмӣ-техникии КМТ-и НОБ-и Роғун. – ш. Роғун, 2020;
- 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;
- конференсияи II - юми байналмилалии илмӣ-техникӣ дар мавзӯи «Интеллектуальные энергетические системы 2021» (Smart Energy Systems 2021). – ш. Қазон, 2021;
- конференсияи IV - уми байналмилалии илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Актуальные проблемы топливно-энергетического комплекса: добыча, производство, передача, переработка и охрана окружающей среды» (АРЕС-IV-2021). – ш. Москва, 2021;

- conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 2022;
- конференсияи илмӣ-истехсолӣ, бахшида ба рӯзи метрологҳо. – ш. Душанбе, «Тоҷикстандарт», 2022;
- конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ, бахшида ба 65 солагии корманди шоистаи илми Ҷумҳурии Осетияи Шимоли – Алания ва Ҷумҳурии Осетияи Чанубӣ, доктори илмҳои кишоварзӣ, профессор Басиев Солтан Сосланбекович. – ш. Владикавказ, 2024;
- конференсияи байналмилалӣ илмӣ-амалӣ дар мавзӯи «Перспективы развития автомобильного транспорта в Узбекистане: проектирование, эксплуатация и логистика». – Андиҷон, 2024.

Натиҷаҳои коркардҳои илмӣ-таҳқиқотӣ, таҷрибавӣ-конструкторӣ ва технологӣ, ки дар диссертатсия дастовард шудаанд, дар ҶСК «Соҳтмони асосӣ»-и НОБ-и Роғун, инчунин дар ҶСП «Тоҷиксегмент» мавриди татбиқ ва истифода қарор дода шудааст.

**Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия.** Муқаррароти асосии таҳқиқот дар 64 кори ҷопӣ, аз ҷумла 26 мақола дар маҷаллаҳои тавсияшудаи КОА назди президенти ҶТ, 11 мақола дар маҷаллаҳои тавсияшудаи КОА Федератсияи Россия, 5 мақола дар нашрияҳои ба базаи маълумотҳои Scopus и Web of Science воридшуда, 12 мақола дар нашрияҳои дигар, 2 монография, 2 стандарти ҶТ, инчунин 6 ихтироот ва патент инъикос ёфтаанд.

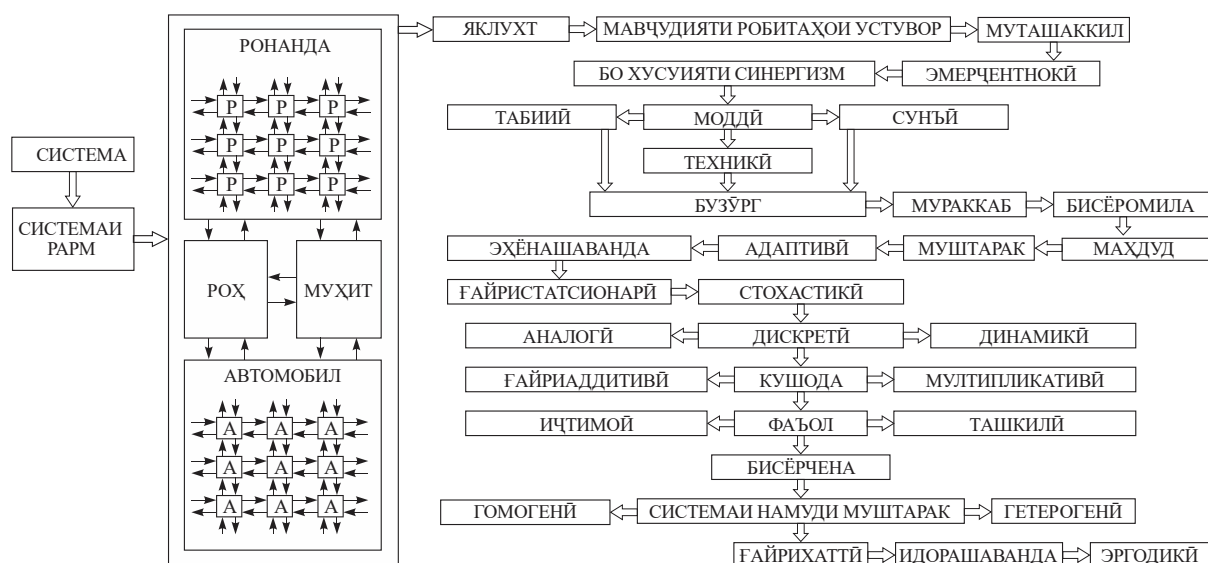
**Соҳтор ва ҳаҷми рисола.** Диссертатсия аз муқаддима, панҷ боб, хулоса, рӯйхати адабиёти истифодашуда ва замимаҳо иборат аст. Ҳаҷми умумии диссертатсия 313 саҳифаи матни компютерӣ, 62 расм, 49 ҷадвалро дар бар мегирад.

## ТАҲСИФИ УМУМИИ ТАҲҚИҚОТ

**Дар муқаддима** моҳияти мушкilot ва далелҳо оид ба мубрамиати мавзӯи кор, муҳтавои асосии диссертатсия, ки ба ҳимоя пешниҳод мегарданд, мухтасар тавсиф дода шудааст.

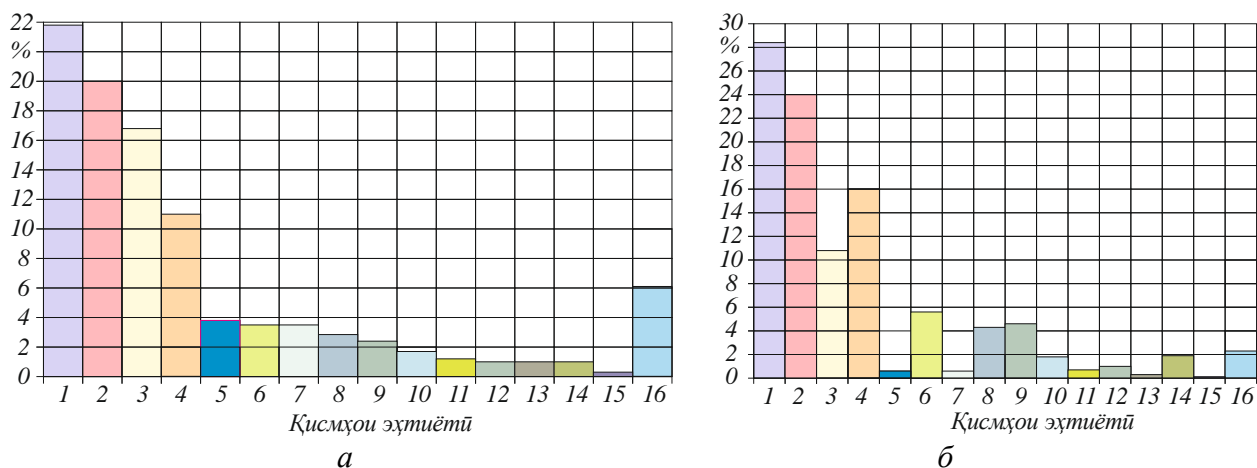
**Дар боби аввал** далелҳо дар бораи мубрамиати асосноккунии талабот нисбат ба асосҳои назариявии арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор оварда шудаанд. Пештар талаботҳои зикргардида нисбат ба баҳодихии ташкил ва беҳатариҳои ҳаракат дар роҳ истифода мешудаанд, вале асосҳои назариявии истифодабарии системаи РАРМ барои ҳалли масъалаҳои арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокии раванди нақлиёт асоснок карда нашуда буданд.

Барои даастрас намудани донишҳои саҳеҳ оид ба соҳтори система, муносибатҳо ва робитаҳои байни компонентҳои он таснифоти хусусиятҳои системаи РАРМ таҳия шудааст, ки барои арзёбии самаранокии он заминаи зарурӣ ба ҳисоб меравад (рас.1).



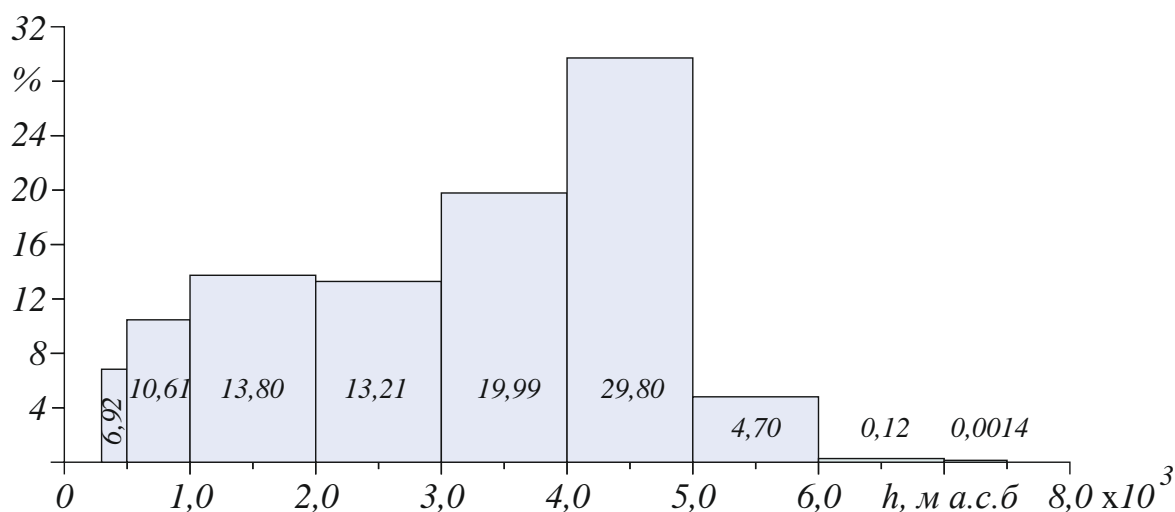
Расми 1– Таснифоти хусусиятҳои системаи РАРМ

Компоненти систематашкилкунандаи системаи РАРМ автомобил мебошад, ки самаранокии амалкарди системаи РАРМ аз эътимоднокии он вобаста аст. Дар ин ҳолат, сарфи қисмҳои эҳтиётӣ ва маводи таъмирӣ яке аз тавсифоти муҳим мебошанд, ки тавассути онҳо нишондиҳандаҳои эътимоднокии автомобилро ҳамчун ҷузъи осебпазири системаи РАРМ муайян кардан мумкин аст (расми 2). Барои таъмини дақиқии меъёрбандии сарфи қисмҳои эҳтиётӣ зиёда аз 11500 маълумот дар бораи иваз намудани маснуоти корношоям бо қисмҳои эҳтиётӣ дар давоми 9 моҳ дар асоси маълумоти дар варақаҳои сабт овардашуда сарфи маснуоти автомобилҳои мушаххаси дар шароити кӯҳсор истифодашаванда таҳлил карда шуд.



Расми 2 – Талабот ба қисмҳои эҳтиётӣ барои эҳтиёҷоти муассисаи нақлиёти автомобилӣ, %: а ва б – барои автомобилҳои тамғаҳои Dong Feng ва МАЗ: 1– муҳаррик; 2 –системаи боздорӣ; 3 – системаи таъмини сӯзишворӣ; 4 –лампаҳои равшанидиҳӣ; 5 – пули ақиб; 6 – таҷҳиззоти барқии автомобил; 7 – пули пеш; 8 – овеза; 9 –системаи гидравликӣ; 10 – автокамера; 11 – подшипникҳо; 12 – соишбанд; 13 – таҳвили кардани; 14 – системаи идора; 15 – ноқилқутӣ; 16 – қисмҳои эҳтиётҳои дигар

Тақрибан 93%-и қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон [10] ба релйефи кӯҳӣ тааллуқ дорад. Фоизи мазкур қаламрави Ҷумҳуриро фаро мегирад, ки он дар баландиҳои бештар аз 500 м а.с.б. ҷойгир аст. Аз рӯи натиҷаҳои таҳқиқотҳои гузаронидашуда оид ба омӯзиши релйефи кишвар муайян карда шудааст, ки 6,92% қаламрави онро баландиҳои ҳамвор ташкил медиҳанд, 10,6% - ба релйефҳои пасткӯҳ, 13,8 - миёнакӯҳ ва боқимонда ба баландкӯҳ тааллуқ доранд (рас. 3).



Расми 3 – Тақсими қаламрави Ҷумҳурий аз рӯи ҷойгиршавӣ дар баландиҳо а.с.б.

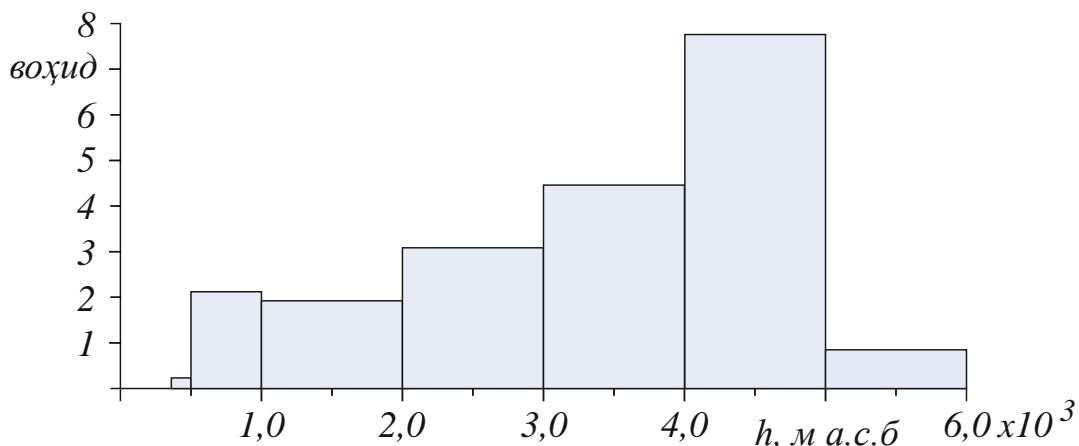
Дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки бештар дорои релйефҳои кӯҳсор ва баландкӯҳ мебошад, шабакаҳои роҳҳои автомобилӣ, пулҳои автомобилӣ сохта шудаанд ва муассисаҳои кишоварзӣ ва саноатӣ фаъолият мекунанд, ки онҳо барои афзоиши сарбории техногенӣ ба муҳити атроф мусоидат мекунанд ва ба ин васила ба коҳишёбии самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор оварда мерасонанд.

Дар минтақаҳои дорои релйефи ҳамвор ва пасткӯҳ бештар аз 35% роҳҳои автомобилгарди таҳиноти умумӣ сохта шудаанд, боқӣ дар минтақаҳои профилаш хоси кӯҳсор ва баландкӯҳ ҷойгир ҳастанд (ҷадв. 1).

Ҷадвали 1– Тақсими дарозии роҳҳои автомобилгарди таҳиноти умум дар баландиҳо а.с.б.

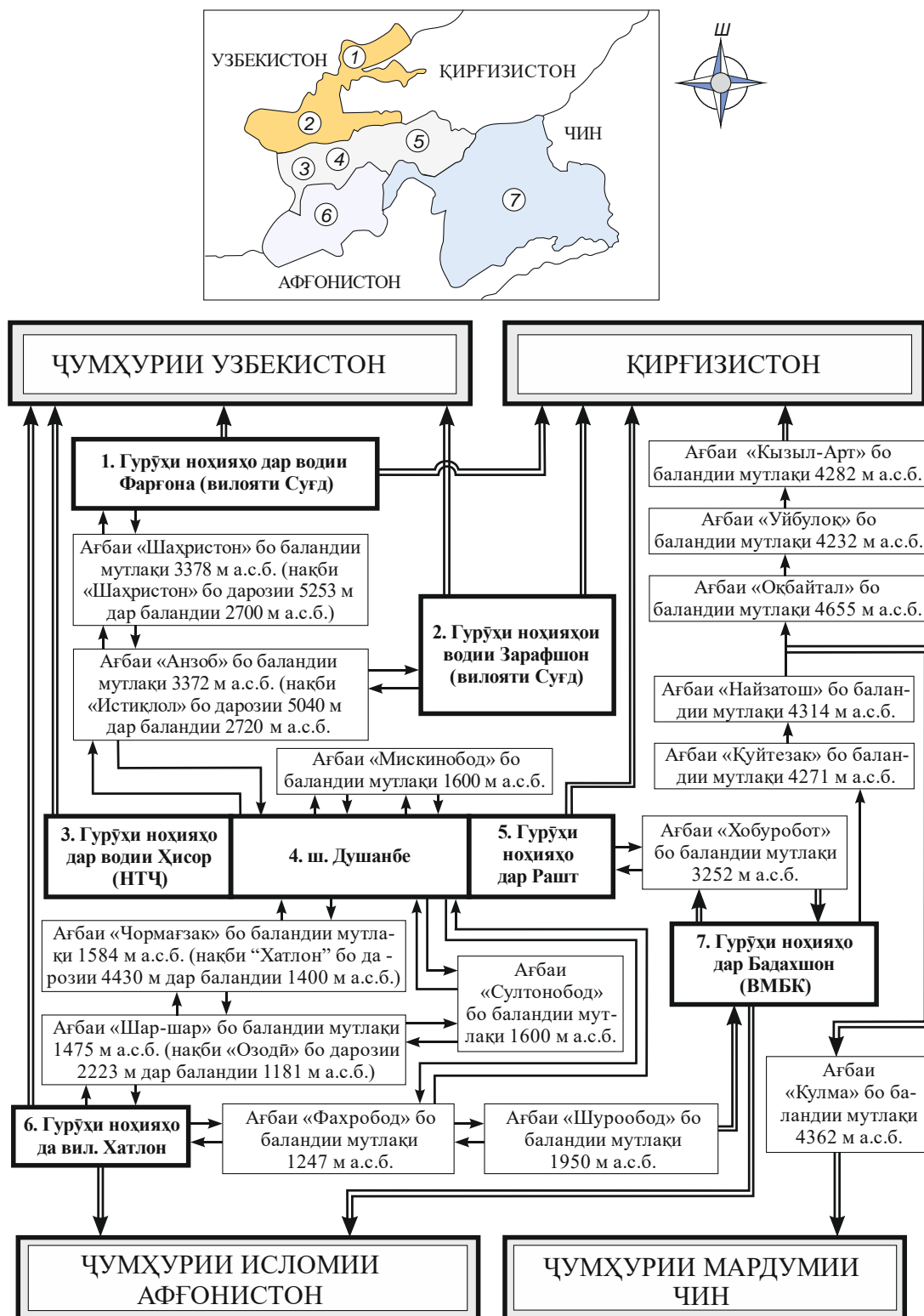
Роҳи автомобилгард	Воҳ. чен.	Дарозии роҳҳои автомобилгард дар баландиҳо а.с.б., ҳаз.м						Ҷамағӣ
		0,3 ...0,5	0,5...1,0	1,0...2,0	0,2...0,3	0,3...0,4	0,4...0,5	
Байналмилалӣ	км	582	400	1394	197	496	237	3306
	%	4,1	2,8	9,8	1,4	3,5	1,7	23,3
Ҷумҳуриявӣ	км	506	484	500	487	118	-	2095
	%	3,6	3,4	3,5	3,4	0,8	-	14,7
Аҳамияти маҳаллӣ	км	1098	1970	2125	1560	952	1092	8797
	%	7,7	13,9	15,0	11,0	6,7	7,7	62,0
Ҷамағӣ роҳҳои автомобилгарди таҳиноти умум	км	2186	2854	4019	2244	1566	1329	14198
	%	15,4	20,1	28,3	15,8	11,0	9,4	100

Роҳҳои автомобилгард дар шароити кӯҳсор бо зичии ағбаҳои кӯҳӣ ва хусусияти онҳо тавсиф дода мешаванд [6]. Шумораи умумии ағбаҳо дар қаламрави кишвар зиёда аз 200 ададро ташкил медиҳад, ки баландии онҳо аз 384 (ағбаи Дандоншикан) то 5376 м а.с.б. (ағбаи Ямг) мерасад. Аз шумораи умумии ағбаҳо (203 воҳид) тақрибан 20% ба ағбаҳои кӯҳӣ тааллуқ доранд ва боқимонда 80% ағбаҳо баландкӯҳ мебошанд, аз ҷумла 8 ағбаи баландкӯҳ мавҷуд ҳастанд, ки баландии онҳо аз 5000 метр зиёдтар аст (рас. 4).



Расми 4 – Тақсими ағбаҳои кӯҳӣ аз рӯи баландӣ а.с.б.

Омили муҳим дар ташаккули самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор шабакаи роҳҳои автомобилгард ба ҳисоб меравад, ки дар онҳо зичии ҳеле баланди ағбаҳои кӯҳӣ ва баландкӯҳ мушоҳида мегардад (рас. 5).

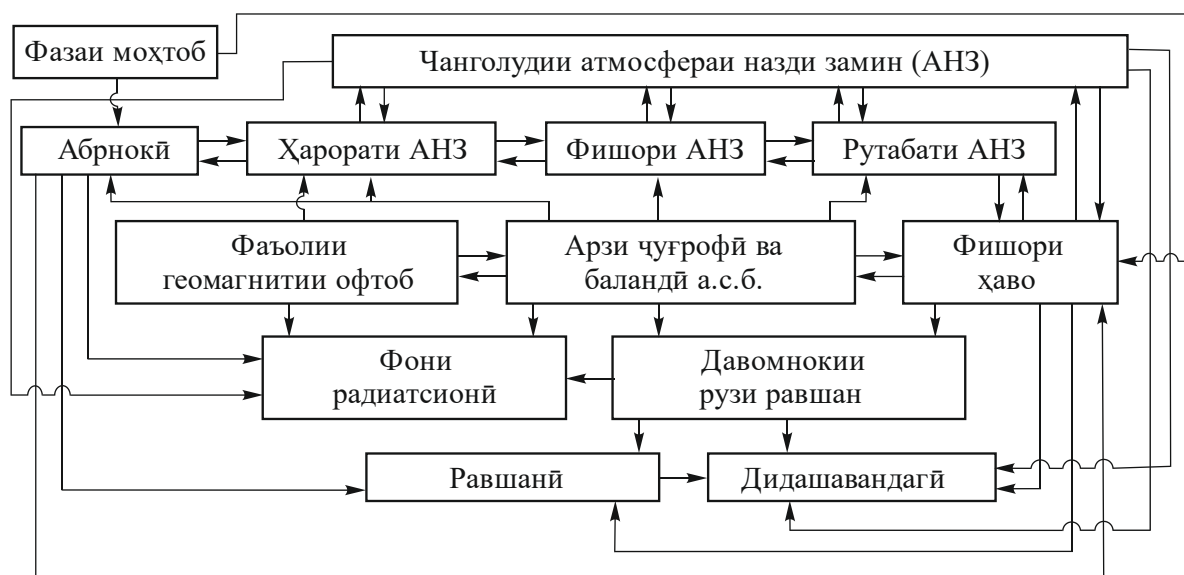


Расми 5 – Схемаи шабакаи коммуникацияҳои автомобилӣ Ҷумҳурии Тоҷикистон

Чӣ тавре, ки аз схемаи шабакаи коммуникацияи автомобилӣ бар меояд ҳамаи роҳҳои автомобилгард, ки шаҳри Душанберо бо тамоми минтақаҳои мамлакат ва давлатҳои ҳамсоя мепайванданд, ҳатман тавассути ағбаҳои кӯҳӣ ва баландкӯҳ мегузаранд, ки зичии тақсимшавии онҳо ба ҳисоби миёна тахмин 1,5 ағба ба 1000 км<sup>2</sup> ва бештар аз 14 ағба ба ҳар ҳазор километри роҳҳои автомобилгарди истифодаи умум раст меояд.

Муҳити атроф – мафҳуми умумӣ мебошад, ки шароити табииро дар минтақаи мушаххаси интихобшуда ва ҳолати экологии ин маҳалро тавсиф медиҳад [1]. Аз ҷиҳати дигар, муҳити атроф зерсистемаи мураккаб дар зинаи иерархии системаи РАРМ мебошад,

ки дорои компонентҳои зиёд ва бо муносибат ва робитаҳои ғайриякмаъногии байни онҳо тавсиф дода мешавад. (расми 6).



Расми 6 – Сохтори муҳити атроф: (АНЗ – атмосфераи назди замин)

**Дар боби дуюм** асосҳои назариявии талабот нисбат ба арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокии коркарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор пешниҳод карда шудаанд.

Системаи РАРМ – якҷақта системаи калон ва мураккаб аст. Мураккабии системаи РАРМ дар муносибатҳои гуногун ва қонуниятҳои ғайриякмаъногии байни компонентҳои он мушоҳида мегардад. Система бисёрҷена ва бисёромела буда, равандҳои дар он ҷараёндошта тавсифи стохастикӣ доранд, ки боиси мураккабшавии моделсозии системаи РАРМ мегардад.

Аз рӯи аломати идорашавандагӣ омилҳое, ки ба эътимоднокии системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор таъсир мерасонанд, ба се категория тақсим мешаванд: пурра идорашаванда, қисман идорашаванда ва идоранашаванда (рас. 7).

Гуногунии омилҳое, ки ба эътимоднокии системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор таъсир мерасонад, аз рӯи аломати сабаб ва оқибат низ ба се гурӯҳ тақсим мешавад: конструкторӣ-технологӣ, истифодабарӣ ва роҳу иқлимӣ (рас. 8).

Самаранокии ронандаро мумкин аст ҳамчун натиҷаи ба даст овардашуда бо сарфи камтарини захираҳои энергетикӣ, иқтисодӣ ва моддӣ, инчунин бо зарари минималии экологӣ муайян намуд, ки онро дар маҷмӯъ бо ифодаи зерин метавон муайян кард

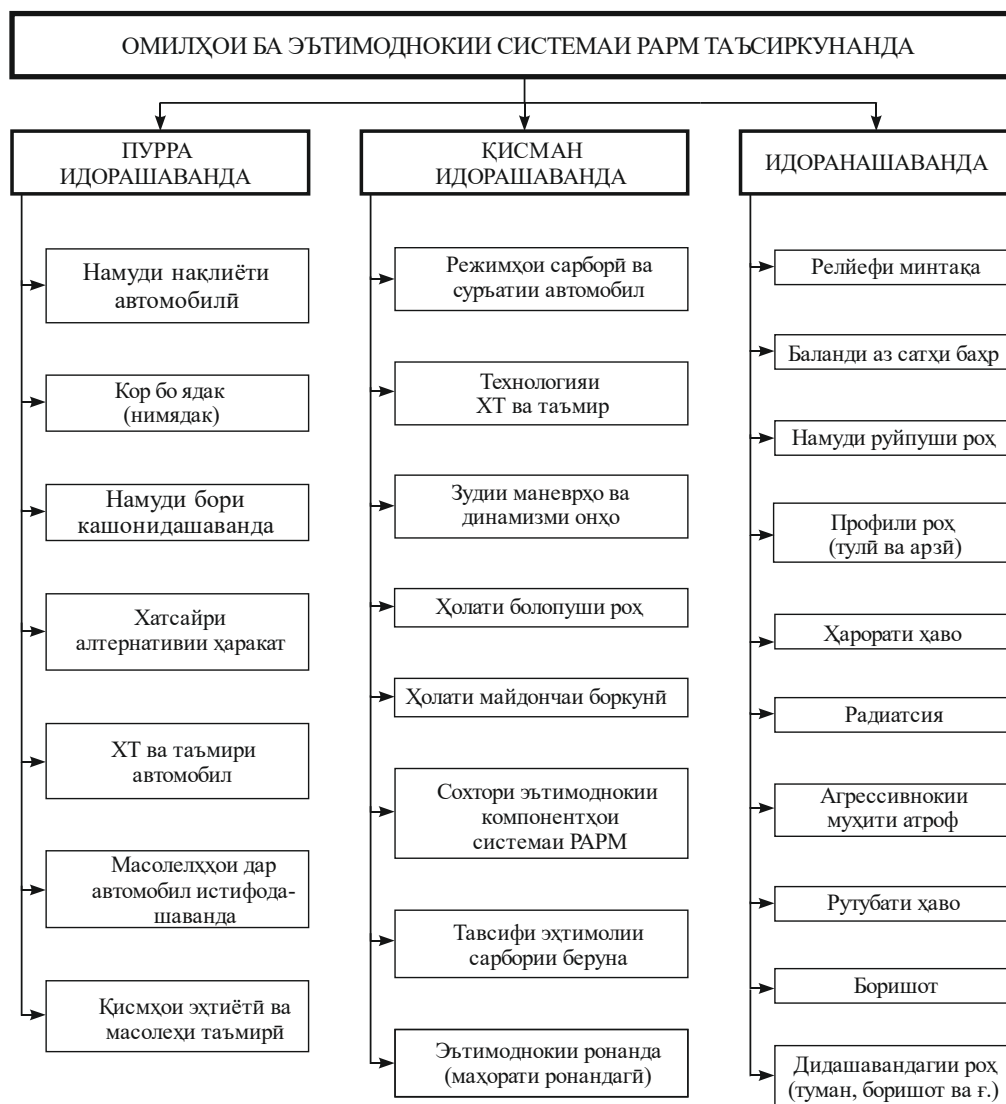
$$\mathcal{E}_D = \frac{R_D}{R_i}, \quad (1)$$

ки дар ин ҷо  $R_D$  – натиҷаи ба даст овардашуда;  $R_i$  – захираи сарфшуда.

Ташкилкунандаи энергетикӣ самаранокии ронанда  $\mathcal{E}_{ЭН}$  асосан аз ҳисоби сарфи ҳоси сӯзишворӣ барои як воҳиди кори иҷрошуда ё барои як воҳиди ҳаҷми кори иҷрошуда ташаккул меёбад (рас. 9).

Идоракунии автомобил- ин раванди мураккаби физикию зехнӣ ва ҳиссиётӣ мебошад. Самаранокии идоракунии автомобил  $\mathcal{E}_B$  дар давоми басти корӣ дар ҳудудҳои назаррас тағйир меёбад ва метавонад ҳамчун ҳосили зарби якҷанд нишондиҳандаҳо муайян карда шавад: энергетикӣ  $\mathcal{E}_{ЭН}$ , иқтисодӣ  $\mathcal{E}_{ЭК}$ , эътимодноқӣ  $\mathcal{E}_H$  ва бо назардошти хароҷоти моддӣ  $\mathcal{E}_M$

$$\mathcal{E}_B = \prod_{i=1}^n \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{ЭН} \cdot \mathcal{E}_{ЭК} \cdot \mathcal{E}_H \cdot \mathcal{E}_M. \quad (2)$$

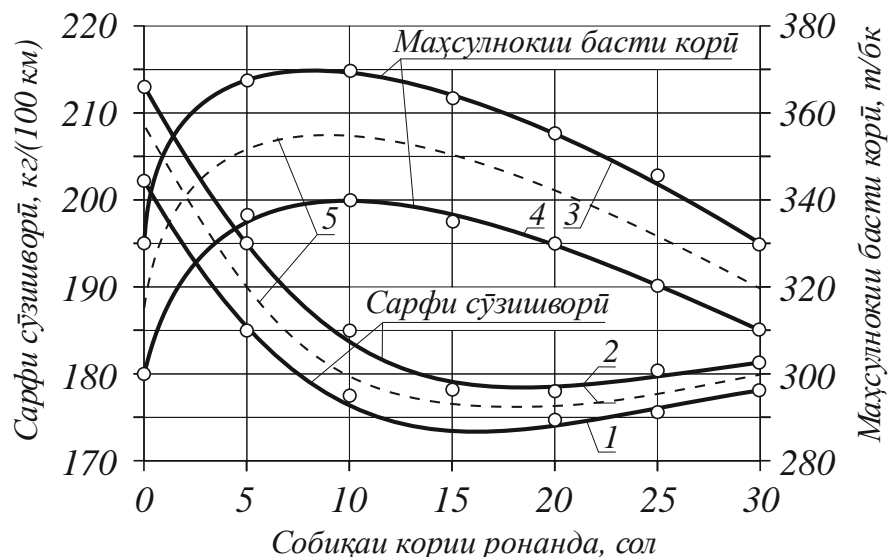


Расми 7 – Таснифоти омилҳои таъсиркунанда ба эътимоднокии системаи РАРМ аз рӯи аломати идорашавандагӣ дар шароити кӯҳсор



Расми 8 – Таснифоти омилҳои таъсиркунанда ба эътимоднокии системаи РАРМ аз рӯи аломати сабабу оқибат дар шароити кӯҳсор





Расми 9 – Вобастагии сарфи сӯзишворӣ ва маҳсулнокии басти корӣ аз собиқаи кории ронанда: 1 ва 3 – тарзи идораи эҳтиёткорона; 2 ва 4 – тарзи идораи дағал; 5 – қиматҳои миёнаи нишондиҳандаҳо

Самаранокии ронанда аз рӯйи нишондиҳандаи энергетикӣ  $\mathcal{E}_\text{ен}$  ҳамчун нисбати сарфи минималӣ сӯзишворӣ  $Q_{\min}$  дар воҳиди роҳи тайкардашуда ба қимати ҷорӣ он  $Q_i$  аз рӯйи формулаи зерин муайян карда мешавад

$$\mathcal{E}_\text{ен} = Q_{\min} / Q_i. \quad (3)$$

Самаранокии ронанда аз рӯйи нишондиҳандаи иқтисодӣ  $\mathcal{E}_\text{эк}$  ҳамчун нисбати маҳсулнокии максималӣ  $\Pi_{\max}$  ба қимати ҷорӣ он  $\Pi_i$  аз формулаи зерин муайян карда мешавад

$$\mathcal{E}_\text{эк} = \Pi_{\max} / \Pi_i. \quad (4)$$

Самаранокии ронанда аз рӯйи нишондиҳандаи эътимоднокӣ  $\mathcal{E}_\text{н}$  аз нисбати зерин муайян карда мешавад

$$\mathcal{E}_\text{н} = H_{\max} / H_i, \quad (5)$$

дар ин ҷо  $H_{\max}$  ва  $H_i$  – мутаносибан, қиматҳои максималӣ ва ҷорӣ нишондиҳандаи арзёбии эътимоднокии автомобил.

Самаранокии ронанда аз рӯйи сарфи моддӣ  $\mathcal{E}_\text{м}$  аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$\mathcal{E}_\text{м} = M_{\min} / M_i. \quad (6)$$

дар ин ҷо  $M_{\min}$  ва  $M_i$  – мутаносибан, қиматҳои минималӣ ва ҷорӣ хароҷоти моддӣ вобаста аз тарзи идоракунии автомобил.

Бо назардошти ифодаҳои (3 – 6) ифодаи (2) дар шакли зерин навишта мешавад

$$\mathcal{E}_\text{в} = \frac{Q_{\min}}{Q_i} \cdot \frac{\Pi_{\max}}{\Pi_i} \cdot \frac{H_{\max}}{H_i} \cdot \frac{M_{\min}}{M_i}. \quad (7)$$

Натиҷаҳои ҳисобҳо (ҷадв.2) аз руи ифодаи (7) бо истифодаи маълумотҳои назорати бисёрсола дар шакли графикаи вобастагии самаранокии идоракунии автомобилҳои худборфарори карьерии борбардориашон зиёд аз собиқаи кории ронанда дар расми 10 оварда шудааст.

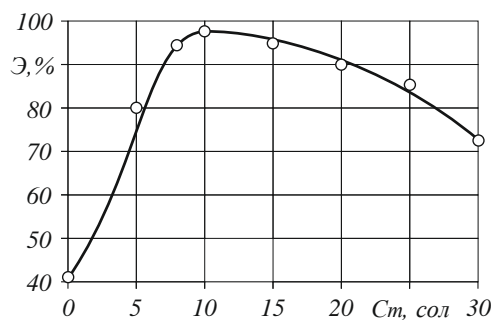
Ҷадвали 2 – Натиҷаҳои ҳисоби самаранокии идоракунии автомобил

Соби- каи кори ронан- да, сол	Нишондишандаи баҳодиҳии самаранокӣ								Самаранокии идоракунии автомобил $\mathcal{E}_B$
	Сарфи сӯзиш- ворӣ $Q_i$ , л/(100 км)	$Q_{min}/Q_i$	Маҳсул- нокии басти корӣ $P_i$ , т/см	$P_{max}/P_i$	Ҳароҷоти моддӣ $M_i$	$M_{min}/M_i$	Нишон- диҳандаҳои эътимод- нокии автомобил $H_i$	$H_{max}/H_i$	
0	208,0	0,849	315	0,887	95	0,705	90	0,778	0,413
5	190,0	0,929	353	0,999	80	0,838	71	0,986	0,763
8	182,0	0,970	355	1,000	68	0,985	70	1,000	0,956
10	179,5	0,983	354	0,997	67	1,000	70	1,000	0,980
15	176,5	1,000	350	0,986	68	0,985	71	0,986	0,958
20	176,5	1,000	343	0,966	69	0,971	72	0,972	0,912
25	178,0	0,992	333	0,938	71	0,944	73	0,959	0,848
30	180,0	0,981	320	0,901	75	0,893	75	0,933	0,737

Барои ҳисоби самаранокии идоракунии автомобилҳои худборфарори карьерии борбардориашон зиёди БелАЗ-7540В, ки дар соҳтмони НОБ-и Роғун истифода мегарданд, формулаи эмпирикий дар шакли бисёрраъзогии интерполятсионии Лагранж пешниҳод мегардад

$$\mathcal{E}_B = 0,008857t^3 + 0,5824t^2 + 10,63t + 41,31, \quad (8)$$

дар ин ҷо  $t$  – собикаи кори ронанда, сол.



Расми 10 – Вобастагии самаранокии идоракунии автомобилҳои боркаш ( $\mathcal{E}_B$ ) аз собикаи кори ронанда ( $C_m$ ) дар шароити кӯҳсор

Имрӯзҳо таърифи дақиқи самаранокии системаи РАРМ мавҷуд нест. Аз ин рӯ, модели ягонаи концептуалии баҳодиҳии самаранокии системаи РАРМ [4] низ вучуд надорад, ки онро бо самаранокии табдили энергия муайян кардан мумкин аст ва ҳамчун таносуби кори муфиди системаи РАРМ ба миқдори умумии энергияи сарфшуда ифода кардан ба мақсад мувофиқ аст, яъне

$$\mathcal{E} = \frac{A_{\Pi}}{E}, \quad (9)$$

дар ин ҷо  $A_{\Pi} = P_T \cdot S \cdot \cos \alpha$  – миқдори энергияи гармии ғоиданок табдилдодашуда дар системаи РАРМ, Ҷ;  $E = g \cdot H_i \cdot S$  – миқдори энергияи пурра, ки барои иҷрои кори ғоиданок сарф мегардад, Ҷ.

Пас аз табдилдиҳии мувофиқ, модели концептуалӣ барои арзёбии самаранокии системаи РАРМ дар шакли муодилаи дифференсиалӣ ҳосил мешавад

$$\mathcal{E} = \frac{P_T}{g_{\text{лг}} \cdot H_{\text{лг}}} \cdot 100\% = \frac{m_a \left( \psi \cdot g \pm \delta_{\text{нр}} \cdot \frac{dv}{dt} \cdot \cos \alpha \right)}{g_{\text{лг}} \cdot H_{\text{лг}}}. \quad (10)$$

Ҳангоми амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор, омили муҳиме, ки боиси самаранокии он мегардад, сарфи сӯзишворӣ барои воҳиди роҳи тайкарда мебошад, ки дар баъзе ҳолатҳо метавонад аз сарфи номиналӣ ду маротиба ва зиёдтар аз он бошад.

Барои муайян намудани сарфи сӯзишворӣ барои роҳи тайкардаи автомобили худборфарор дар шароити кӯҳсор формулаи эмпирикий пешниҳод карда мешавад

$$\sum Q_{\text{пут.}} = Q_B + k_d \cdot Q_B + k_h \cdot Q_B \pm k_i \cdot Q_B + k_m \cdot Q_B, \quad (11)$$

дар ин чо  $Q_B$  – сарфи базавии сӯзишворӣ барои роҳи тайкардаи автомобил, кг/(100км);  $k_d$  – коэффитсиенти динамикии мураккабии шароити истифодабарӣ, ки қимати он аз ҳолати роҳ, геометрияи роҳ, шиддатнокии ҳаракат, таносуби ҳаракати ғайриустувор ва устувор ва диг. вобаста аст;  $k_h$  – коэффитсиенти баназаргирии баландӣ а.с.б.;  $k_i$  – коэффитсиенти баназаргирии қимати миёнаи майли роҳ;  $k_m$  – коэффитсиенти баназаргирии массаи бори интиқолшаванда.

Ифодаи (11) мумкин аст ба намуди зерин навишта шавад

$$\sum Q_{\text{пут.}} = (1 + k_d + k_h \pm k_i + k_m) \cdot Q_B. \quad (12)$$

Барои автомобилҳои худборфарори борбардориашон зиёд ҳангоми истифодабарӣ дар шароити кӯҳсор сарфи сӯзишворӣ барои як рафту омади автомобил аз ифодаи зерини муайян карда мешавад

$$\sum Q_{\text{пут.}} = (1,125k_d + k_h \pm k_i + k_m) \cdot Q_B. \quad (13)$$

Дар ташаккулёбии амалкарди системаи РАРМ роҳи автомобилгард ҳамчун компонент (омил)-и бартаридошта ба ҳисоб меравад [8]. Таъсири роҳи автомобилгард ба ташаккулёбии самаранокии система вобаста аз баландӣ а.с.б. афзун мегардад.

Самаранокии роҳи автомобилгард дар шароити кӯҳсор аз эътимоднокии ва сифат вобастагӣ дорад, ки онҳо зерини таъсири омилҳои зиёд ташаккул меёбанд: мураккабии геометрияи роҳи кӯҳӣ, ноҳамвории сатҳи он, абразивнокии баланд, аз ҳисоби ҷой доштани сангпораҳои саҳт дар роҳ, ҷамъшавии сангҳо, шағал, сангреға дар канори роҳ ва диг.

Аз сабаби гуногун будани омилҳои сершуморе, ки барои ташаккули самаранокии роҳи автомобилгард боис мегардад, барои ба назар гирифтани аҳамияти ҳар як омилро дар алоҳидагӣ имкон намедиҳад. Барои арзёбӣ намудани таъсири комплекси омилҳо ба самаранокии роҳи автомобилгард дар шарити кӯҳсор, коэффитсиенти динамикии умумишудаи  $k_D$  пешниҳод карда мешавад, ки он аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$k_D = 1 - k_d, \quad (14)$$

дар ин чо  $k_d$  – коэффитсиенти динамикии баназаргирии шароити мураккабии истифодабарӣ, ки қимати он дар ҳудудҳои  $k_d = 0,12 \dots 0,13$  тағйир меёбад.

Бо назардошти коэффитсиенти пешниҳодгардида, самаранокии роҳи автомобилгарди кӯҳӣ  $\mathcal{E}_{AD}$  аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$\mathcal{E}_{AD} = \mathcal{E}_A \cdot k_D = \mathcal{E}_A \cdot (1 - k_d) = \mathcal{E}_{ДВС} \cdot \eta_{mp} (1 - k_d), \quad (15)$$

дар ин чо  $\mathcal{E}_A$  – самаранокии автомобил;  $\mathcal{E}_{ДВС}$  – самаранокии МДС (МДС);  $\eta_{mp}$  – коэффитсиенти кори муфиди трансмиссия.

Самаранокии амалкарди системаи РАРМ мумкин аст аз рӯи маҳсулнокии автомобил, сарфи сӯзишворӣ, хароҷоти энергетикӣ, меҳнатӣ ва моддӣ, инчунин аз рӯи эътимоднокии системаи РАРМ, нишондиҳандаҳои иқтисодӣ, экологӣ ва ғайра арзёбӣ карда шавад [9]. Дар байни ҳамаи нишондиҳандаҳои гуногуни номбаршуда маҳсулнокии равандҳои интиқол муҳимтарин нишондиҳандаи техникӣ- иқтисодӣ ба ҳисоб меравад, ки онро тавассути иқтидори автомобил ифода кардан мумкин аст, зеро ин ҳарду нишондиҳанда дар асл кори мушаххасеро, ки ба воҳиди вақт нисбат дода шудааст, ифода мекунанд. Маҳсулнокиро тавассути иқтидори баҳрабардорӣ  $N_z$  бо истифода аз коэффитсиенти табдилдиҳӣ ифода кардан мумкин аст

$$W_{ткм} = C_{ткм} \cdot N_z, \text{ ткм/с-т} \quad (16)$$

дар инчо  $C_{ткм}$  – коэффитсиенти табдилдиҳӣ ё гардиши бори хоси воситаи нақлиёт нисбат ба воҳиди энергияи сарфшуда ё кори иҷрошуда, ткм/(кВт·ч).

Гардиши бори хос  $C_{ткм}$  барои автомобилҳои боркаш баробар аст ба

$$\begin{aligned} C_{ткм} &= 3,6 \cdot \eta_m \cdot \tau_{см} \cdot \gamma_0 \cdot \beta \cdot l_{er} \cdot f_k^{-1} \cdot (l_{er} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np})^{-1} = \\ &= 3,6 \cdot \eta_m \cdot \tau_{см} \cdot \gamma_0 \cdot \beta \cdot l_{er} \cdot [f \cdot (l_{er} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np})]^{-1}, \text{ ткм/(кВт·ч)} \end{aligned} \quad (17)$$

дар ин чо 3,6 – коэффитсиенти интиқоли воҳиди ченкунии суръати ҳаракат аз м/с ба км/с-т;  $\eta_m$  – коэффитсиенти кори муфиди кашиши атомобил;  $\gamma_0$  – коэффитсиенти динамикии борбардорӣ, яъне нисбати тонна-километрҳои воқеӣ ба тонна-километрҳои имконпазир ҳангоми истифодаи пурраи борбардорӣ;  $\beta$  – коэффитсиенти истифодабарии роҳи тайшуда, яъне нисбати роҳи тайшудаи маҳсулноқ бо бор ба роҳи тайшудаи умумӣ;  $l_{er}$

– масофаи миёнаи тайшуда барои рафту омади автомобил бо бор, км;  $f_k$  – коэффитсиенти муковимат ба ғелиш;  $V_T$  – суръати техникий ҳаракати автомобил, км/с-т;  $t_{np}$  – вақти таваккуфи воситаи нақлиёт ҳангоми боркунӣ ва борфарорӣ ё вақти таваккуф ҳангоми амалиёт бо бор, с-т.

Тавоноии истифодабарии автомобилро дар асоси формулаи аз тарафи академик В. Н. Болтинский пешниҳодгардида, ки ба он аз тарафи профессорон Ю. К. Киртбая ва С. И. Иофинов аниқӣ ворид карда шудааст, муайян кардан мумкин аст

$$N_{\Sigma} = N_e \cdot \lambda_d \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v, \text{ кВт} \quad (18)$$

дар ин ҷо  $N_e$  – тавоноии самараноки МДС;  $\lambda_d$  – коэффитсиенти динамикий аз ҷониби академик В. Н. Болтинский пешниҳодшуда, ки коҳишёбии тавоноии автомобилро ҳангоми сарборихоӣ ноустувор ба назар мегирад;  $\lambda_t$  – коэффитсиенти муваққатии аз ҷониби профессор Ю. К. Киртбая пешниҳодшуда бо назардошти таъсири вайроншавии танзим, хӯрдашавӣ ва фарсудашавӣ ба тавоноии баҳрабардории автомобил;  $\lambda_v$  – коэффитсиенти эҳтимолияти аз ҷониби профессор С. А. Иофинов пешниҳодшуда бо назардошти тағйирёбии тавоноии муҳаррик вобаста бо тавсифоти эҳтимолии омилҳои беруна ба автомобил таъсиркунанда.

Дар ташаккулёбии тавоноии баҳрабардории МДС дар шароитҳои кӯҳсор ва баландкӯҳ баландӣ а.с.б. омили назаррас мебошад, ки таъсири он дар формулаи (18) ба назар гирифта намешавад.

Барои ба назар гирифтани вобастагии тавоноии муҳаррик аз баландӣ а.с.б. ифодаи (18)-ро ба таври зерин навиштан мумкин аст

$$N_{\Sigma} = N_e \cdot \lambda_d \cdot \lambda_t \cdot \lambda_v \cdot \lambda_h, \text{ кВт} \quad (19)$$

дар ин ҷо  $\lambda_h$  – коэффитсиенти баназаргирии коҳишёбии тавоноӣ аз баландӣ а.с.б.

Барои шароити истифодабарӣ дар кӯҳсор вобастагии байни режими кории ғайриустувор ва коҳишёбии тавоноии МДС мумкин аст аз ифодаи зерин муайян карда шавад

$$\lambda_d = (1 - 0,75\delta_m), \quad (20)$$

дар ин ҷо  $\delta_m = 2A_m/M_{cp}$  – дараҷаи нобаробарии моменти муковимат дар наварди муҳаррик, ки қимати он барои шароити баҳрабардорӣ дар кӯҳсор метавонад то 0,25 расад.

Қимати миёнаи моменти муковимат дар наварди муҳаррик чунин муайян карда мешавад

$$M_{cp} = (M_{max} + M_{min})/2, \text{ Н·м} \quad (21)$$

дар ин ҷо  $M_{max}$  ва  $M_{min}$  – қиматҳои максималӣ ва минималии моменти муковимат дар наварди муҳаррик, Н·м.

Қимати коэффитсиенти муваққат аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$\lambda_t = (1 - 0,75t), \quad (22)$$

дар ин ҷо  $t$  – давомнокии баҳрабардории автомобил, агрегат ва ҷузвҳои он, сол. Мӯҳлати хизмати ратсионалӣ барои автомобилҳо дар доираи 6-7 сол муқаррар карда шудааст.

Таъсири тавсифоти эҳтимолии сарбории беруна ба коҳишёбии тавоноии МДС-и автомобили боркаш аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$\lambda_v = (1 - 0,65v), \quad (23)$$

дар ин ҷо  $v$  – коэффитсиенти вариатсияи сарбории беруна ба МДС, ки қимати он ҳангоми баҳрабардории автомобилҳои боркаш дар роҳҳои кӯҳӣ аз 0,07 то 0,15 ва зиёда аз он дар шароити карьерҳои кӯҳӣ ҳангоми сохтмони иншоотҳои гидротехникӣ тағйир меёбад.

Бо назардошти коҳишёбии тавоноии МДС аз баландӣ а.с.б. (то 12% ба ҳар ҳазор м баландӣ а.с.б.) қимати коэффитсиенти  $\lambda_h$  аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

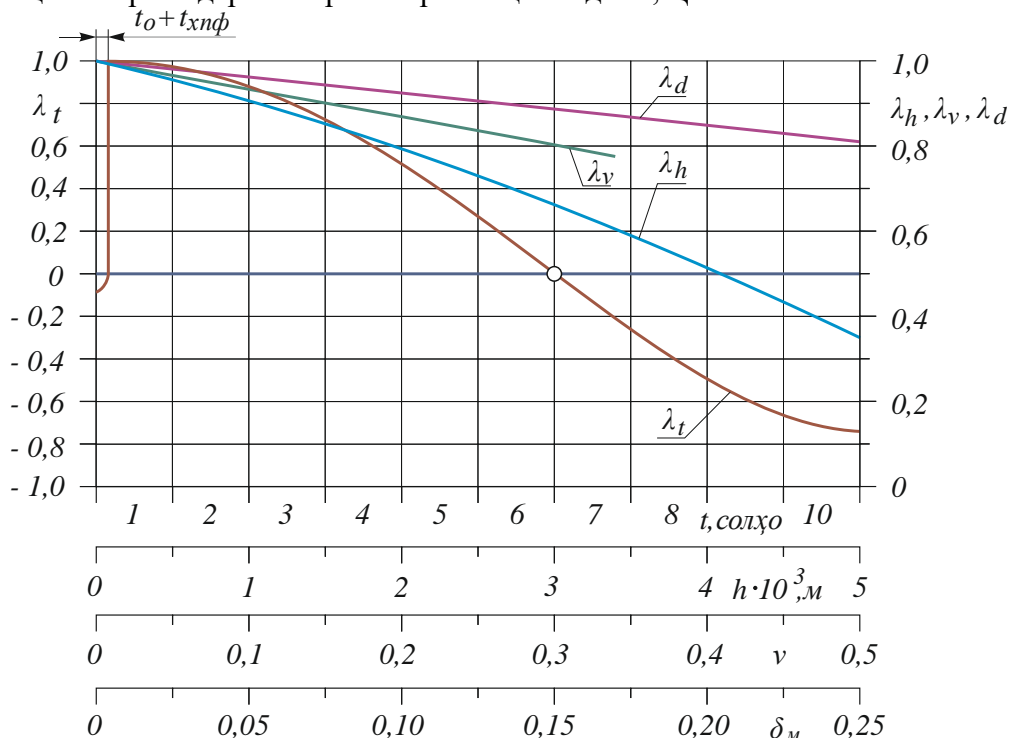
$$\lambda_h = (1 - 0,12h). \quad (24)$$

Вобастагии коэффитсинтҳои баназаргирии коҳишёбии тавоноии баҳрабардорӣ аз муҳлати хизмати автомобил, дараҷаи нобаробарии моменти муковимат дар наварди муҳаррик, коэффитсиенти вариатсияи сарбории беруна ва баландӣ а.с.б. дар расми 11 оварда шудааст.

Самаранокии амалкарди системаи РАРМ  $\mathcal{E}_{РАРМ}$  аз рӯи нишондиҳандаи энергетикӣ мумкин аст ҳамчун суммаи зерин ифода карда шавад

$$\mathcal{E}_{РАРМ} = Q_o - (E_{ЭМ} + E_{ЭТ} + E_{ЭД} + E_{ЭВ} + E_{ЭП}), \text{ Дж/с}, \quad (25)$$

дар ин ҷо  $Q_o$  – миқдори умумии энергияи гармӣ, ки ба муҳаррик бо сӯзишворӣ ворид шудааст, Ҷ/с;  $E_{ЭМ}$  – талафёбии энергияи гармии сӯхтани сӯзишворӣ дар МДС, Ҷ/с;  $E_{ЭТ}$  – талафёбии самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ ҳангоми интиқоли тавоноӣ аз наварди муҳаррик ба чархҳо тавассути трансмиссияи автомобил, Ҷ/с;  $E_{ЭД}$  – талафёбии самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ дар тамоси шинаи автомобил бо сатҳи роҳ, Ҷ/с;  $E_{ЭВ}$  – талафёбии самаранокии энергетикӣ дар системаи РАРМ, ки аз ғайри ронанда вобаста аст, Ҷ/с;  $E_{ЭП}$  – талафёбии самаранокии энергетикӣ, ки бо ғайри табдилёбии энергия дар автотранспорт алоқаманд аст, Ҷ/с.



Расми 11 – Графики вобастагии коэффитсиентҳои динамикӣ ( $\lambda_d$ ), муваққатӣ ( $\lambda_t$ ), эҳтимолӣ ( $\lambda_v$ ) ва баландӣ а.с.б. ( $\lambda_h$ ), ки коҳишёбии тавоноии баҳрабардориро аз мӯҳлати хизмати автомобил ( $t$ ), дараҷаи нобаробарии моменти муковимат дар наварди муҳаррик ( $\delta_m$ ), коэффитсенти вариатсияи сарборҳои беруна ( $\nu$ ) ва баландии а.с.б. ( $h$ )

Миқдори умумии энергияи гармӣ, ки ба муҳаррик бо сӯзишворӣ ворид мегардад, аз муодилаи тавозуни гармии беруна муайян карда мешавад

$$Q_o = Q_e + Q_g + Q_v + Q_{н.с} + Q_{ост.} = H_u \cdot G_m / 3,6, \quad \text{кҶ/с} \quad (26)$$

дар ин ҷо  $Q_e$  – гармии эквивалентбуда ба кори самараноки муҳаррик, кҶ/с;  $Q_g$  – гармии коҳишёфта бо газҳои хоричшаванда, кҶ/с;  $Q_v$  – гармӣ, ки ба муҳити сардкунӣ дода мешавад, кҶ/с;  $Q_{н.с.}$  – гармии коҳишёфта аз сабаби сӯхтани нопурраи кимиёвӣ сӯзишворӣ, кҶ/с;  $Q_{н.с.}$  – дигар намудҳои коҳишёбии гармӣ; кҶ/с;  $H_u$  – гармии поёнии сӯхтани сӯзишворӣ, МҶ/кг;  $G_m$  – сарфи соатбайӣ сӯзишворӣ, кг/с-т.

Ташкилкунандаҳои тавозуни гармиро бо воҳидҳои нисбӣ ифода намудан ба мақсад мувофиқ мебошад, масалан бо фоиз нисбат ба ҳамаи гармии бо сӯзишворӣ додашуда

$$q_o = q_e + q_g + q_v + q_{н.с} + q_{ост.} = 100\%. \quad (27)$$

Бо назардошти муодилаи (27) ифодаи (25) –ро ба таври зерин навиштан мумкин аст

$$\mathcal{E}_{РАРМ} = q_o - (E_{ЭМ} + E_{ЭТ} + E_{ЭД} + E_{ЭВ} + E_{ЭП}), \quad \% \quad (28)$$

Самаранокии амалкарди системаи РАРМ марҳила ба марҳила коҳиш меёбад, ки марҳилаи якуми он бо табдилёбии энергияи гармии сӯхтани сӯзишворӣ ба кори механикӣ МДС вобаста мебошад. Сатҳи коҳишёбии самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ дар марҳилаи додашуда аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$E_{ЭМ} = q_o \cdot \eta_e, \quad \% \quad (29)$$

дар ин ҷо  $\eta_e$  – коэффитсиенти кори муфиди МДС, барои дизелҳои муосири бе турбокомпрессор  $\eta_e = 0,35 \dots 0,40$ , бо турбокомпрессор  $\eta_e = 0,45 \dots 0,50$ .

Марҳилаи оянда бо интиқоли энергия аз зонунаварди муҳаррик ба чархҳои автомобил, яъне бо коҳишҳои энергия дар трансмиссия вобаста мебошад

$$E_{\Sigma T} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp}, \% \quad (30)$$

дар ин ҷо  $\eta_{mp}$  – коэффитсиенти кори муфиди трансмиссия.

Самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ пас аз тағйирёбии энергия ҳангоми тамоси шинаи автомобил бо сатҳи роҳ аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$E_{\Sigma D} = E_{\Sigma T} \cdot k_D = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot k_D, \% \quad (31)$$

Бо назардошти ифодаи (30) формулаи (31)-ро ба таври зерин навиштан мумкин аст

$$E_{\Sigma D} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d), \% \quad (32)$$

Марҳилаи минбаъдаи коҳишҳои самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ бо тағйирёбии энергия бо фаъолияти ронанда вобаста мебошад, ки сатҳи он аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$E_{\Sigma B} = E_{\Sigma T} \cdot k_e, \% \quad (33)$$

дар ин ҷо  $k_e$  – коэффитсиенти самаранокии энергетикӣ ронанда.

Бо назардошти ифодаи (32) формулаи (33) – ро ба таври зерин навиштан мумкин аст

$$E_{\Sigma B} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d) \cdot k_e, \% \quad (34)$$

Дар натиҷаи таҳқиқотҳои бисёрсола муқаррар карда шудааст, ки қимати коэффитсиенти самаранокии энергетикӣ ронанда дар ҳудудҳои  $k_e = 0,82 \dots 0,96$  тағйир меёбад.

Марҳилаи ҷамъбасти коҳишҳои самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ бо тағйирёбии энергия ҳангоми амалкарди система вобаста мебошад

$$\mathcal{E}_{РАРМ} = E_{\Sigma B} \cdot k_{np}, \% \quad (35)$$

дар ин ҷо  $k_{np}$  – коэффитсиенти самаранокии тағйирёбии дигари энергия, ки бо амалкарди системаи РАРМ вобаста мебошад,  $k_{np} = 0,87 \dots 0,94$ .

Бо назардошти ифодаи (34), дар шакли ниҳой, модели математикиро барои баҳодиҳии самаранокии энергетикӣ фаъолияти системаи РАРМ вобаста бо тағйирёбии энергия ҳангоми фаъолияти ронанда ҳосил мекунем

$$\mathcal{E}_{РАРМ} = q_o \cdot \eta_e \cdot \eta_{mp} \cdot (1 - k_d) \cdot k_e \cdot k_{np}, \% \quad (36)$$

Натиҷаҳои ҳисоби баҳодиҳии самаранокии энергетикӣ комплексии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор барои моделҳои гуногуни автомобилҳои худборфарор дар ҷадв. 3 оварда шудааст.

Ҷадвали 3 – Натиҷаҳои ҳисоби баҳодиҳии самаранокии энергетикӣ комплексии фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор барои моделҳои гуногуни автомобилҳои худборфарор

Автомобил	$k_d$	$\eta_e$	$\eta_{mp}$	$k_e$	$k_{np}$	$\mathcal{E}_{РАРМ}, \%$
БелАЗ-7540В	0,12-0,13	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

Барои баҳодиҳии комплексии самаранокии энергетикӣ амалкарди системаи РАРМ аз рӯи сарфи ҳаттии сӯзишворӣ истифода бурдани ифодаи зерин ба мақсад мувофиқ мебошад

$$\mathcal{Q}_{\text{ВАДСО}} = Q_n / [(1 - k_d) \cdot k_e \cdot k_{np}], \text{ л/100 км}, \quad (37)$$

дар ин ҷо  $Q_n$  – қимати меёрии сарфи ҳаттии сӯзишворӣ, л/100 км.

Нишондиҳандаҳои муқоисавии баҳодиҳии комплекси самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор, ки дар асоси формулаи (37) аз рӯи сарфи хаттии сӯзишворӣ муайян гардидааст, ба ҷадв. 4 ворид карда шудааст.

Ҷадвали 4 – Нишондиҳандаҳои муқоисавии баҳодиҳии комплекси самаранокии энергетикӣ системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор аз рӯи сарфи хаттии сӯзишворӣ

Автомобил	$k_d$	$k_e$	$k_n$	Сарфи хаттии сӯзишворӣ, л/(100 км)			$\delta_Q, \%$
				меёри, $Q_{лн}$	ҳисобӣ, $Q_{лр}$	таҷрибавӣ, $Q_{лэ}$	
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

Барои арзёбӣ ва ҷустуҷӯи роҳҳои баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ истифодаи модели нақлиёти энтропӣ дар асоси формализми омори ғайриэкстенсивии Тсаллис ба мақсад мувофиқ мебошад. Услуби пешниҳодгардида имкон медиҳад, ки системаҳои мураккаби коммуникатсионӣ (аз ҷумла системаи РАРМ), ки тобеи тақсмоти бидунигибсӣ мебошанд, моделсозӣ карда шаванд [7].

Соҳтан ва истифодаи модели энтропии нақлиётӣ барои арзёбии самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор як услуби муҳим ва ба мақсад мувофиқ мебошад. Модели энтропии пешниҳодгардида дар асоси формализми омори ғайриэкстенсивӣ барои якмаром кашонидани чинсҳои кӯҳӣ аз қарӣер то таъхиргоҳ, ки аз ҷониби гурӯҳи автомобилҳои худборфарори яхела иҷро карда мешаванд, таҳия шудааст. Барои таҳияи модели энтропии арзёбии амалкарди системаи РАРМ дар қарӣерҳои кӯҳӣ энтропияи ғайриэкстенсивии Тсаллис ва тақсмоти дараҷагӣ қабул шудааст, ки онҳо аз ченаки ғайриаддитивнокии системаи мураккаб вобаста мебошад.

Истифодабарии услуби энтропӣ, ки дар асоси омори классикӣ Болсман-Гиббс-Шеннон таҳия шудааст, барои таҳлили хосиятҳои системаҳои калон ва мураккаб бо табиати тасодуфӣ-детерминатсионӣ онҳо вобаста аст. То имрӯз, услуби энтропӣ ҳангоми таҳқиқи системаҳои табиатан гуногуни коммуникатсионӣ, аз ҷумла нақлиёти шаҳрӣ ва минтақавӣ ва ғ. истифода мегардид. Услуби энтропикӣ метавонад айнан ҳамин тавр барои таҳқиқи самаранокии фаъолияти системаи РАРМ низ истифода шавад. Ин ҳол ба фарзияе асос ёфтааст, ки ҳолати мувозинати устувор дар системаи РАРМ ҳангоми максимуми энтропияи Болсман-Гиббс-Шеннонро тавсифдиҳанда дастрас мегардад ва он аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$S_{\text{БГШ}} = -k \sum_{i=1}^W p_i \ln p_i, \quad (38)$$

дар ин ҷо  $k > 0$  – доимии Болсман;  $W$  – вазни омӯрӣ, ки шумораи ҳолатҳои дискретиро муайян мекунад.

К. Тсаллис умумият бахшидани формулаи классикӣ Болсман-Гиббс-Шеннонро бо роҳи деформатсияи он тақлиф кардааст, яъне

$$S_q = \frac{k}{q-1} \sum_{i=1}^W p_i (1 - p_i^{q-1}), \quad \sum_{i=1}^W p_i = 1, \quad (39)$$

дар ин ҷо  $q$  – индекси энтропӣ ё параметри деформатсия, ки адади воқеӣ мебошад ва ба минтақаи  $q \in \mathbb{R}$  тааллуқ дорад. Чунин деформатсияи функсияи логарифмӣ энтропия барои таҳлили хусусияти муҳими тавсифи системаҳои мураккабро ҳангоми коҳиш ёфтани



(ҳангоми  $q > 1$ ) эҳтимолияти татбики  $p_i$  барои қиматҳои калони ҳолати  $i$  на ба таври экспоненсиалӣ зуд, балки ба таври дараҷагӣ имкон медиҳад. Ба туфайли ин, омори Тсаллис метавонад ҳодисаҳои дар системаҳои оддӣ дастрас набударо, ки бо омори Болсман-Гиббс-Шеннон тавсиф карда мешаванд, ифода намояд. Аз ин рӯ, ҳангоми  $q \rightarrow 1$  (дар ҳудуди робитаи заиф) энтропияи Тсаллис (39) ба формулаи каноникӣ (38) табдил меёбад. Дар ҳақиқат, дар ҳудуди  $q \rightarrow 1$  ҳосил мекунем:

$p_i^{q-1} \exp\{(q-1) \ln p_i\} \rightarrow 1 + (q-1) \ln p_i$ , ва энтропияи  $S_q$  шакли зеринро қабул мекунад

$$S_q = \lim_{q \rightarrow 1} \frac{k}{q-1} \sum_{i=1}^W p_i (1 - p_i^{q-1}) = -k \sum_{i=1}^W p_i \ln p_i = S_{\text{БГШ}}. \quad (40)$$

Байни самаранокии амалкарди системаи РАРМ ва сатҳи сифати он вобастагии мустақим вуҷуд дорад. Баланд бардоштани сифати системаи РАРМ ба афзоиши и самаранокии амалкарди он мусоидат мекунад, ки ин ҳол ба коҳиш ёфтани хароҷот ва афзоиши ҳосиятҳои муҳими дар боло номбаршуда, ки ба системаи РАРМ хос мебошад, оварда мерасонад.

Сатҳи сифати маҳсулоти таъмирнашавандаро аз ифодаи зерин муайян кардан мумкин аст (дар мисоли автомобили боркаш)

$$Q = \frac{SW}{c}, \text{ ткм /сомони}, \quad (41)$$

дар он  $S$  – масоҳати зери хатти қачи  $f(t)$ , км<sup>2</sup>;  $W$  – массаи умумии бори кашонидашуда дар ресурси пурраи автомобил, т;  $C$  – арзиши интиқоли массаи умумии бор дар ресурси пурраи автомобил, сомонӣ.

Масоҳати зери хати қаче, ки коҳиши ресурси ( $P, \%$ ) объекти таъмирнашаванда (барқарорнашаванда) - ро вобаста ба коркарди он ( $t$ , ҳаз. км) тавсиф мекунад ва дар асоси интегронидани функсияи  $f(t)$  муайян карда мешавад (рас. 12)

$$S = \int_0^t f(t) dt, \text{ тыс. км} \quad (42)$$

дар ин ҷо  $f(t)$  – функсияи вобастагии коҳишёбии ( $P, \%$ ) объекти таъмирнашаванда (барқарорнашаванда) аз ҳаҷми кори иҷронамудаи он ( $t$ , ҳаз. км);  $t$  – аргументи функсия, ҳаз. км.

Массаи ҷамъи бори кашонидашуда дар давоми ресурси пурраи автомобил аз таносуби зерин муайян карда мешавад

$$W = \frac{H}{L} = \frac{\Gamma \cdot L \cdot D \cdot \Pi \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\Gamma}}{L} = \Gamma \cdot D \cdot \Pi \cdot k_{\Pi} \cdot k_{\Gamma}, \text{ т}, \quad (43)$$

дар ин ҷо  $H$  – ҳаҷми муомилоти бор, ткм;  $\Gamma$  – борбардорӣ номиналии як автомобил, т;  $L$  – роҳи тайкардаи миёнаи шаборӯзии як автомобил, км;  $D$  – шумораи бастии кории автомобил дар як сол, рузҳо;  $\Pi$  – шумораи миёнаи солони тамғаи автомобили додашуда;  $k_{\Pi}$  и  $k_{\Gamma}$  – коэффитсиентҳои истифодабарии роҳи тайкарда ва борбардорӣ.

Сатҳи сифати маснуоти таъмирнашаванда аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$Q = \frac{(S_1 + S_2)W}{c}, \text{ ткм /сомонӣ}, \quad (44)$$

дар ин ҷо  $S_1$  и  $S_2$  – мутаносибан, масоҳати зери хатҳои қачи  $f_1(t)$  ва  $f_2(t)$  бо назардошти таъмир ё барқароркунии маснуот, км;  $W$  – массаи ҷамъи бори кашонидашаванда дар давоми ресурси пурраи автомобил то ва пас аз таъмир ё барқароркунии маснуот, т;  $C$  – арзиши боркашонии массаи ҷамъи бор дар давоми ресурси пурраи автомобил то ва пас аз таъмир ё барқароркунии маснуот, сомонӣ.

Масоҳати зери хати қачи вобастагии коҳишёбии ресурси ( $P, \%$ ) объекти таъмирнашаванда (барқарорнашаванда) то таъмир (барқароршавӣ) аз ҳаҷми кори иҷрокардаи он ( $t$ , ҳаз. км) дар асоси интегронидани функсияи  $f_1(t)$  муайян карда мешавад

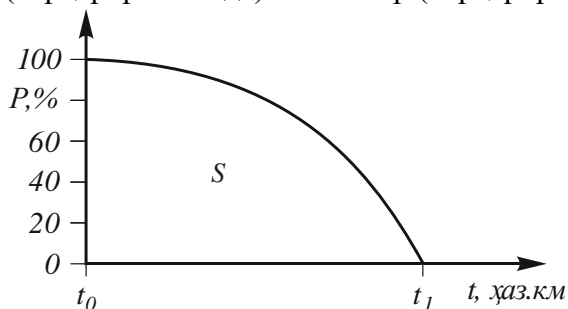
$$S_1 = \int_0^{t_1} f_1(t) dt, \text{ км} \quad (45)$$

дар ин ҷо  $f_1(t)$  – функсияи вобастагии коҳишёбии ресурси ( $P$ , %) объекти таъмирнашаванда (барқарорнашаванда) то таъмир (барқароршавӣ) аз ҳаҷми кори иҷрокардаи он ( $t$ , ҳаз. км).

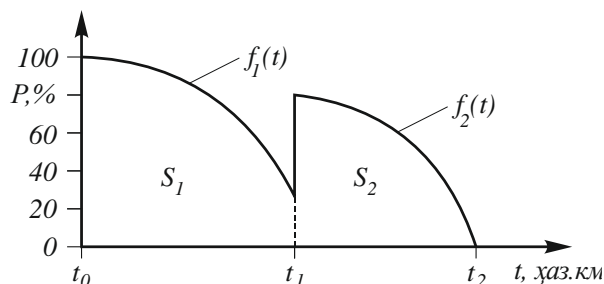
Масоҳати зери хати қачи вобастагии коҳишёбии ресурси ( $P$ , %) объекти таъмиршаванда (барқароршаванда) пас аз таъмир (барқароршавӣ) аз ҳаҷми кори иҷрокардаи он ( $t$ , ҳаз. км) дар асоси интегронидани функсияи  $f_2(t)$  муайян карда мешавад (рас. 13).

$$S_2 = \int_{t_1}^{t_2} f_2(t) dt, \text{ км}, \quad (46)$$

дар ин ҷо  $f_2(t)$  – функсияи вобастагии коҳишёбии ресурси ( $P$ , %) объекти таъмиршаванда (барқароршаванда) то таъмир (барқароршавӣ) аз ҳаҷми кори иҷрокардаи он ( $t$ , ҳаз. км).

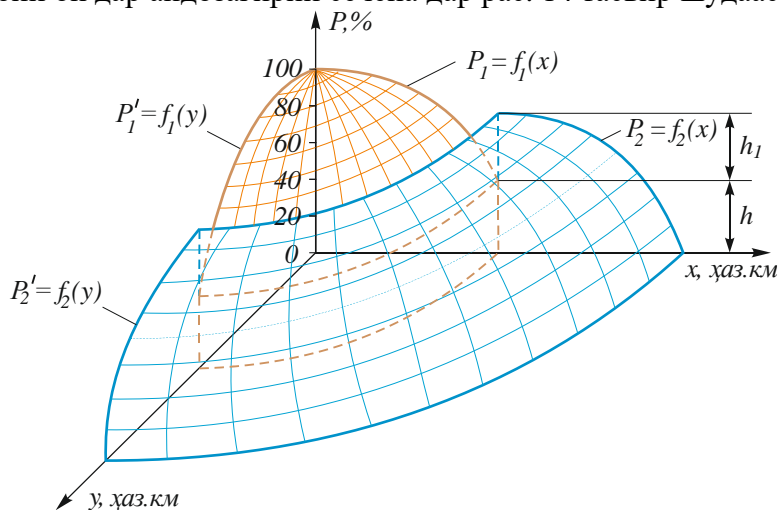


Расми 12 – Хатти қачи вобастагии коҳишёбии ресурси ( $P$ , %) объекти таъмирнашаванда аз ҳаҷми кори иҷрокардаи он ( $t$ , ҳаз. км)



Расми 13 – Хатти қачи вобастагии ресурси ( $P$ , %) объекти таъмиршаванда аз ҳаҷми кори иҷрокардаи он ( $t$ , ҳаз. км)

Дар шароитҳои воқеии истифодабарӣ сифати автомобил, ҳамчун системаи техникӣ ва объекти таъмиршаванда, зери таъсири комплекси якчанд омил ташаккул меёбад, ки тавсифи тағйирёбии он дар андозагирии сечена дар рас. 14 тасвир шудааст.



Расми 14 – Схемаи вобастагии сатҳи сифати системаи техникӣ таъмиршаванда аз ду тағйирёбандаи аҳамиятнок

Дар асоси интихоби ду омилҳои муҳим аз шумораи зиёди омилҳо, як фигураи мураккаби геометрии ба даст овардан мумкин аст, ки аз рӯи ҳаҷми он сифати маснуоти таъмиршаванда миқдоран баҳогузори карда мешавад. Ҳаҷми пурраи фигураи дастрасшуда, ки ба сатҳи сифати маснуот баробар мешавад, тавассути ҳаҷми эллипсоидҳои даврзанӣ ва ҳаҷми цилиндрҳои эллиптикӣ ифода карда мешавад. Тавре, ки аз рас. 14 бар меояд, ҳаҷми пурраи фигураи мураккаб ё баҳодиҳии миқдории сатҳи сифати маснуот  $V_k$  мумкин аст ҳамчун аз ҳафт як қисмати ҳаҷми шартан ҷудошудаи фигураҳои алоҳида аз ифодаи зерин муайян карда шавад

$$V_k = 1/8(V_1 + V_2 + V_3 - V_4), \quad (47)$$

дар ин ҷо  $V_1$  ва  $V_3$  – ҳаҷмҳои эллипсоидҳои даврзанӣ мебошанд, ки баҳодиҳии миқдории сифати объекти таъмиршавандаро пеш ва пас аз таъмир тавсиф мекунад;  $V_2$  – ҳаҷми силиндри эллиптикӣ бо баландии  $h$  ва параметрҳои  $a$  ва  $b$ , ки ба нимтирҳои эллипсоиди даврзанӣ то таъмири объект мувофиқат мекунад;  $V_3$  – ҳаҷми силиндри эллиптикӣ бо баландии  $h_1$  ва параметрҳои  $a_1$  ва  $b_1$ , ки ба нимтирҳои эллипсоиди даврзанӣ пас аз таъмири объект мувофиқат мекунад.

Ҳаҷми эллипсоиди даврзанӣ, ки баҳодиҳии миқдории сифати объекти таъмиршавандаро то таъмир тавсиф медиҳад, аз формулаи зерин муайян карда мешавад

$$V_1 = \pi \int_a^b y^2 dx, \quad (48)$$

дар ин ҷо  $y$  аз муодилаи эллипс муайян карда мешавад

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (49)$$

Дар ифодаи охирин  $a$  ва  $b$  – нимтирҳои эллипс мебошанд, ки ба нимтирҳои эллипсоиди даврзанӣ то таъмири маснуот мувофиқат мекунад.

Аз муодилаи эллипс бар меояд, ки

$$y^2 = \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx. \quad (50)$$

Аз муодилаи охирин қимати  $y^2$  – ро ба муодилаи (48) гузошта, ҳосил мекунем

$$\begin{aligned} V_1 &= \pi \int_a^b \frac{b^2}{a^2} (a^2 - x^2) dx = \pi \frac{b^2}{a^2} \int_a^b (a^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx = \\ &= 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left( a^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^a = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \left( a^3 - \frac{a^3}{3} \right) = 2\pi \frac{b^2}{a^2} \cdot \frac{2a^3}{3} = \frac{4}{3} \pi a b^2. \end{aligned} \quad (51)$$

Ҳаҷми силиндри эллиптикӣ то таъмири объект аз формулаи маълумбуда муайян карда мешавад

$$V_2 = \pi a b h, \quad (52)$$

дар ин ҷо  $h$  – баландии силиндри эллиптикӣ то таъмир, яъне баландие, ки ба ресурси объекти таъмиршаванда мувофиқат мекунад.

Ҳаҷми эллипсоиди даврзанӣ, ки баҳои миқдории сифати объекти таъмиршавандаро тавсиф мекунад, аз ифодаи зерин муайян карда мешавад

$$V_3 = \pi \int_{a+a_1}^{b+b_1} y^2 dx. \quad (53)$$

Пас аз ишора намудани  $a + a_1 = c$  ва  $b + b_1 = d$ , муодилаи эллипси даврзаниро ба таври зерин менависем

$$\frac{x^2}{c^2} + \frac{y^2}{d^2} = 1, \quad (54)$$

дар ин ҷо  $c$  ва  $d$  – нимтирҳои эллипс, ки ба нимтирҳои эллипсоиди даврзанӣ пас аз таъмири маснуот мувофиқат мекунад.

Бо назардошти ишораҳои истифодашуда ва муодилаи (54), формулаи (53) ба монанди формулаи (51), ба таври зерин навишта мешавад

$$\begin{aligned} V_3 &= 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left( c^2 x - \frac{x^3}{3} \right) \Big|_0^c = \\ &= 2\pi \frac{d^2}{c^2} \left( c^3 - \frac{c^3}{3} \right) = 2\pi \frac{d^2}{c^2} \cdot \frac{2c^3}{3} = \frac{4}{3} \pi c d^2. \end{aligned} \quad (55)$$

Ҳаҷми силиндри эллиптикӣ пас аз таъмири объект баробар мешавад

$$V_4 = \pi c d (h + h_1), \quad (56)$$

дар ин ҷо  $h+h_1$  – баландии силиндри эллиптикӣ то хати буриш бо эллипсоиди даврзанӣ пас аз таъмир, ки сатҳи барқароршавии ресурси объекти таъмиршавандаро аз ҳолати аввала (аз сатҳи объекти нав) нишон медиҳад. Сатҳи меъёрии барқароркунии ресурс барои автомобил, трактор, МДС ва як қатор объектҳои дигар пас аз таъмири капиталӣ ба 80% -и

ресурси аввалии онҳо баробар мебошад. Барои ҳолати додшуда  $h+h_I = 0,8a$  қабул карда шудааст.

Сатҳи меъёрии барқароркунии ресурси объектро пас аз таъмири капиталӣ бо  $h+h_I = \theta$  ишора намуда, формулаи муайян намудани ҳаҷми силиндри эллиптикиро пас аз таъмир ҳосил мекунем

$$V_4 = \pi c d \theta . \quad (57)$$

Пас аз гузоштани қимати ҳосилшудаи ҳаҷми эллипсоидҳои даврзанӣ ва силиндрҳои эллиптикӣ ба ифодаи (47), формулаи ниҳоиро барои баҳодиҳии миқдории сифати объектҳои таъмиршаванда ё системаҳои техникӣ ҳосил мекунем

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{1}{8} \left[ 2\pi \frac{b^2}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx + \pi a b h + 2\pi \frac{d^2}{c^2} \int_0^c (c^2 - x^2) dx - \pi c d \theta \right] = \\ &= \frac{1}{8} \left( \frac{4}{3} \pi a b^2 + \pi a b h + \frac{4}{3} \pi c d^2 + \pi c d \theta \right) = \frac{\pi}{8} \left[ a b \left( \frac{4}{3} b + h \right) + c d \left( \frac{4}{3} d + \theta \right) \right] = \\ &= \frac{\pi}{24} [a b (4b + 3h) + c d (4d + 3\theta)]. \end{aligned} \quad (58)$$

Методикаи пешниҳодгардидаи баҳодиҳии миқдории сифати системаи мураккаби таъмиршавандаи техникӣ, масалан автомобил, дорои аҳамияти муҳими назариявӣ ва амалӣ мебошад, ки зери таъсири комплекси ду омили новобаста ташаккул меёбад. Методикаи мазкур метавонад барои баҳодиҳии сифати объекти таъмирнашаванда низ, ба истиснои ду ташаккулунандаи охирин аз муодилаи (58), истифода шавад. Имконияти истифодабарии ин методика барои баҳодиҳӣ ва пешгуикунии эътимодноқӣ ва самаранокии фаъолияти объекти таҳқиқшаванда аз аҳамият ҳолӣ нест.

Ҳамчун критерияи энергетикӣ баҳодиҳии самаранокии системаи РАРМ  $E_{\text{ВАДС}}$  мумкин аст аз нишондиҳандаи ҳоси сарфаи энергияи истеъмолкунӣ, яъне миқдори энергияи сарфшаванда барои истеҳсоли воҳиди кор, истифода карда шавад

$$E_{\text{ВАДС}} = N/(QV) \rightarrow \min,$$

дар ин ҷо  $N$  – таъвоноии автомобил, кВт;  $Q$  – борбардории автомобил, т;  $V$  – суръати ҳаракати автомобил, км/с-т.

**Дар боби сеюм** услубҳои методологӣ ва алгоритмҳо барои баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор, методикаи коркарди натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ, банақшагирии таҷриба ва коркарди натиҷаҳои дастрасгардида, таснифи намудҳои муносири баҳодиҳии самаранокии амалкарди системаи РАРМ баррасӣ карда шудаанд.

Барои баҳодиҳии объективии самаранокии амалкарди системаи РАРМ истифодабарии методикаи муайян кардани нишондиҳандаи комплекси сатҳи сифат ва эътимоднокии боркашонӣ ба мақсад мувофиқ мебошад [2,5]. Дар айни замон, баҳодиҳии сифати фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор ба талаботи системаи стандартҳои байналмилалӣ сифати маҳсулот ISO 9000 ва ISO 9001 асос ёфтааст.

Дар шакли умумӣ нишондиҳандаи комплекси сифатро бо функцияи зерин ифода кардан мумкин аст

$$S = f(S_1^{k_1}, S_2^{k_2}, S_3^{k_3}, \dots, S_n^{k_n}), \quad (59)$$

дар ин ҷо  $n$  – шумораи нишондиҳандаҳои қабулшуда барои ҳисоби сатҳи сифати боркашонӣ;  $k_n$  – параметри дараҷа, ки вазни нишондиҳандаи мутобиқро оид ба сатҳи сифати боркашонӣ тавсиф медиҳад.

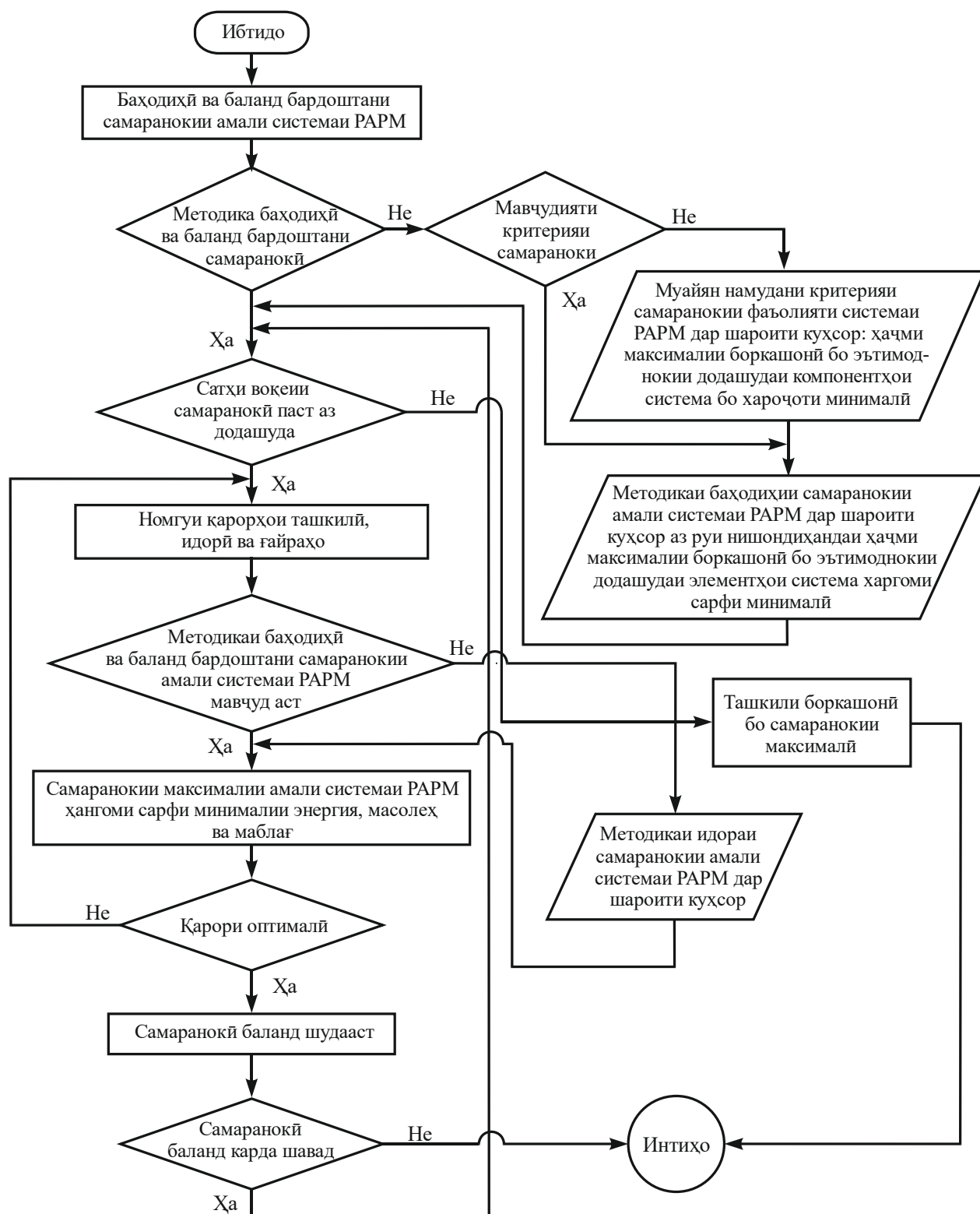
Функцияи мақсадноки баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ аз рӯи шартҳои зерин ифода мегардад

$$\mathcal{O} = f(\mathcal{O}^B, \mathcal{O}^A, \mathcal{O}^D, \mathcal{O}^C), \quad (60)$$

дар ин ҷо  $\mathcal{O}^B, \mathcal{O}^A, \mathcal{O}^D, \mathcal{O}^C$  – нишондиҳандаҳои сифати амалкарди компонентҳои системаи РАРМ.

Дар шароити тағйирёбии динамикии компонентҳои системаи РАРМ баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии он душворҳои муайян ба вуҷуд меоянд. Вобаста ба ин зарурати тартиб додани алгоритми баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии

Барои тартиб додани алгоритми мазкур бояд критерия самаранокӣ муайян карда шавад ва ба назар гирифтани қарорҳои ташкилӣ, идоракунӣ ва дигар ҳуҷҷатҳои роҳбарикунанда ба мақсад мувофиқ мебошад (рас. 15).



Расми 15 – Алгоритми баланд бардоштани саманокии ғаъолияти системаи РАРМ

Ҳангоми таҳқиқоти раванди бисёромила, ки барои баҳодиҳии самаранокии амалкарди системаи РАРМ равона шудааст, гузаронидани ҳамаи озмоишҳои имконпазир барои тартиб додани модели математикӣ бо меҳнатталабии зиёд вобаста мебошад.

Дар робита ба ин, масъалаи банақшагирии эксперимент аз муқаррар намудани шумораи минималии таҷрибаҳои зарурӣ, ки барои ифодакунии математикии объект бо дараҷаи муайяни саҳеҳӣ пешбинӣ шудааст, иборат мебошад.

Барои баҳодиҳӣ ва ҷустуҷӯии самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор интихоби параметри банақшагирии таҷрибаи бисёромила асоснок карда шудааст. Омилҳои дорои таъсири назаррас ба маҳсулнокии боркашонӣ муқаррар карда шудаанд, аз ҷумла: массаи бори кашонидашаванда  $M_{cp}$  (т), коэффитсиенти муқовимат ба ғелиш  $f_k$  ва коэффитсиенти умумикардшудаи динамикии роҳ  $k_D$ .

Аз рӯи натиҷаҳои таҷрибаи бисёромила моделҳои математикӣ дар миқёси воқеӣ тартиб дода шудаанд:

– барои автомобили худборфарори БелАЗ-7540В

$$П = 1036,9 + 0,4 \cdot M_{cp} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D; \quad (61)$$

– барои автомобили худборфарори SHACMAN-SX3256DR384

$$П = 973,3 + 0,4 \cdot M_{cp} - 37500 \cdot f_k - 6900 \cdot k_D + 300000 \cdot f_k \cdot k_D. \quad (62)$$

**Дар боби чорум** услубҳои иттилоотию инноватсионии баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор баррасӣ карда шуданд.

Услубҳои маъруфи инноватсионӣ хусусиятҳои фаъолияти системаи РАРМ-ро дар шароити кӯҳсор ба таври кофӣ инъикос намеkunанд. Бо ин мақсад, услуби инноватсионии системӣ - энергетикӣ оптимизатсионӣ (ИСЭО) барои баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии системаи РАРМ пешниҳод карда мешавад.

Моҳияти концепсияи системнокии услуби инноватсионӣ дар он аст, ки дар ибтидо барои баланд бардоштани самаранокии компонентҳои алоҳидаи системаи РАРМ услубҳои дахлдори инноватсионӣ истифода мешаванд ва пас аз он бо назардошти хосиятҳои эмергентноки, синергизм ва ғайриаддитивии системаи РАРМ, услуби инноватсионии системавии оптимизатсионӣ барои баланд бардоштани системаи муқаммали РАРМ истифода мешавад. Услуби пешниҳодгардида барои он оптимизатсионӣ номида мешавад, ки самаранокии системаи РАРМ зери таъсири шумораи зиёди омилҳо ташақкул меёбад ва ҳамоҳангии оптималии онҳо шартӣ ногузири максимизатсияи он мебошад. Услуби пешниҳодгардида барои он системӣ – энергетикӣ номида мешавад, ки баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ асосан аз хароҷоти энергетикӣ вобаста аст.

Дар шакли умумӣ бо услуби инноватсионии системӣ - энергетикӣ оптимизатсионӣ (ИСЭО) баҳодиҳии самаранокии фаъолияти системаи РАРМ  $\mathcal{E}_{\text{ВЭДС}}$  метавонад ба таври зерин ифода гардад

$$\mathcal{E}_{\text{ВЭДС}} = f \left( \mathcal{E}_B^{k_B}, S_A^{k_A}, S_D^{k_D}, S_C^{k_C} \right), \quad (63)$$

дар ин ҷо  $\mathcal{E}_B, \mathcal{E}_A, \mathcal{E}_D$  ва  $\mathcal{E}_C$  – мутаносибан, сарфи энергетикӣ инноватсионии амалкарди компонентҳои алоҳидаи системаи РАРМ, Ҷ.;  $k_B, k_A, k_D$  ва  $k_C$  – мутаносибан, нишондиҳандаҳои дараҷаи вазни сатҳи дахлдори сарфи энергия барои амалкарди элементҳои системаи РАРМ.

Мувофиқи услуби мазкур баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ аз рӯи сатҳи потенциали инноватсионии система гузаронида мешавад. Охири ҷамъун нишондиҳандаи комплекси баҳодиҳӣ баррасӣ карда мешавад, ки қиматҳои меъёрии нишондиҳандаҳои алоҳидаи марбут ба компонентҳои системаи РАРМ-ро бо назардошти аҳамиятнокии онҳо дар бар мегирад.

Баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ тавассути истифодабарии услубҳои интенсификацияи илмӣ-методи инноватсионӣ амалӣ мегардад (рас. 16). Оптимизатсияи ҳамаи амалҳо ва автоматикунии равандҳои амалкарди системаи РАРМ талаб карда мешавад, ки ин бо истифодабарии технологияҳои илмӣ-методи инноватсионии самтҳои гуногун ба даст оварда мешавад.

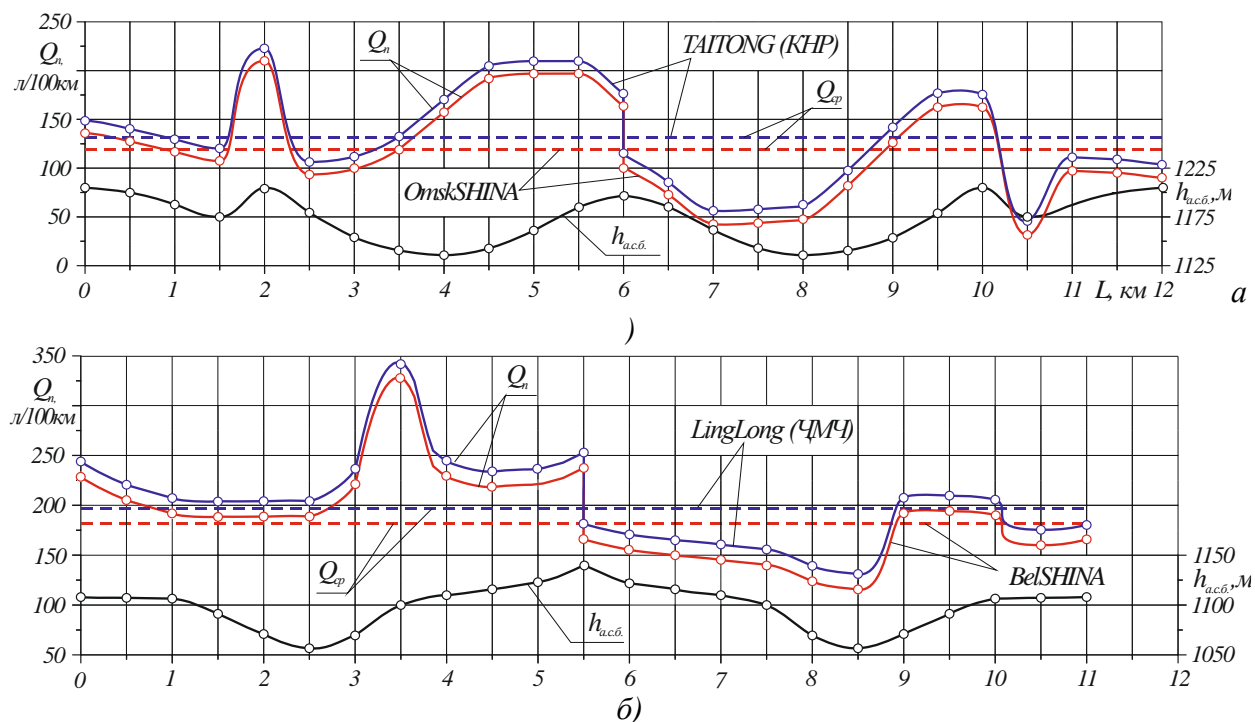




Расми 16 – Технологияҳои инноватсионии баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ

**Дар боби панҷум** натиҷаҳои таҳқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ оид ба баҳодихии самаранокии амалкарди системаи РАРМ ҷамъбаст карда шудаанд.

Дар асоси таҳқиқоти озмоишӣ-роҳӣ сарфи сӯзишворӣ муайян карда шудааст. Тибқи маълумоти таҳқиқоти таҷрибавӣ графикҳои вобастагӣҳои сарфи сӯзишвории автомобилҳои боркаш аз баландӣ а.с.б. ҳангоми ҳаракати автомобилҳо бо бор ва бе бор сохта шудаанд (рас. 17).



Расми 17 – Вобастагии сарфи сӯзишвории автомобилҳои худборфарори SHACMAN-SX3256DR384 (а) ва БелАЗ-7540В (б) аз шароити истифодабарӣ барои як рукуб



Дар асоси натиҷаҳои таҷрибаҳои роҳӣ маълумот оид ба баҳодиҳии эҳтимолӣ-омории нишондиҳандаҳои энергетикӣ автомобил, нишондиҳандаи сифати роҳ ё коэффитсиенти умумикардшудаи динамикии роҳ ( $k_D$ ), инчунин нишондиҳандаи баҳодиҳии самаранокии системаи РАРМ ҳангоми амалкарди он дар шароити карьерҳои кӯҳӣ вобаста аз баландӣ ( $h$ ) а.с.б. ва коэффитсиенти борбардории ( $k_{ер}$ ) автомобил гирд оварда шудаанд, ки қимати онҳо дар чадв. 5 ва 6 мураттаб гардидаанд.

Чадвали 5 – Нишондиҳандаҳои баҳодиҳии компонентҳои алоҳида ва самаранокии системаи РАРМ ҳангоми фаъолияти он дар шароити карьерҳои кӯҳӣ вобаста аз баландӣ а.с.б. ва коэффитсиенти борбардории автомобили SHACMAN-SX3256DR384

$h$ , м	$k_{ер}$	$m$ , т	$V$ , км/с-т	$N_e$ , кВт	$Q_l$ , л/(100км)	$k_D$	$P_{бк}$ , т/бк.	$\mathcal{E}_{РАРМ}$
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

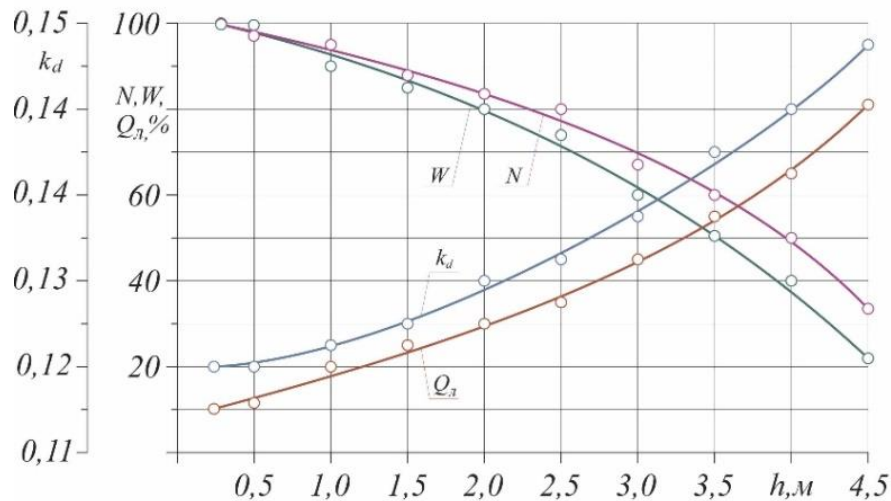
Аз таҳлили маълумотҳои дар чадв.5 ва 6 овардашуда бар меояд, ки бо афзун гардидани баландӣ ( $h$ ) а.с.б. коҳиш ёфтани суръати ҳаракати  $V$  автомобил мушоҳида мегардад. Ҳангоми ба 1000 м зиёд шудани баландӣ а.с.б. тахминан ба 10 ... 12 % коҳиш ёфтани тавоноии самаранокии МДС ( $N_e$ ) ва баланд шудани сарфи хаттии сӯзишворӣ ( $Q_l$ ) дида мешавад. Бо вучуди ин, афзун шудани баландӣ а.с.б. ба ҳар як 1000 м боиси коҳишҳои бошиддати маҳсулнокии бастии корӣ ва самаранокии системаи РАРМ мегардад, ки он тахминан 11 ... 13 % -ро ташкил медиҳад.

Чадвали 6 – Нишондиҳандаҳои баҳодиҳии компонентҳои алоҳида ва самаранокии системаи РАРМ ҳангоми амалкарди он дар шароити карьерҳои кӯҳӣ вобаста аз баландӣ а.с.б. ва коэффитсиенти борбардории автомобили БелАЗ-7540В

$h$ , м	$k_{ер}$	$m$ , т	$V$ , км/с-т	$N_e$ , кВт	$Q_l$ , л/(100км)	$k_D$	$P_{см}$ , т/бк.	$\mathcal{E}_{РАРМ}$
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

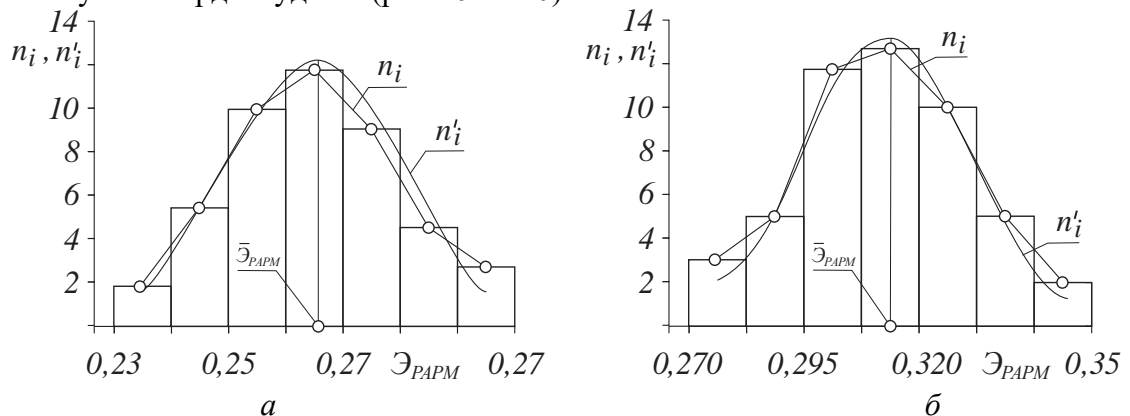
Дар асоси санҷишҳои озмоишӣ-роҳӣ ва хронометражӣ тағйирёбии нисбии нишондиҳандаҳои асосии техникӣ-иктисодии автомобил (тавони автомобил –  $N$ , маҳсулнокии автомобил –  $W$  ва сарфи хаттии сӯзишворӣ –  $Q_l$ ), инчунин тағйирёбии коэффитсиенти динамикии ноҳамвории роҳ ( $k_d$ ) вобаста аз баландӣ а.с.б. муқаррар гардидааст (рас. 18).

Чи тавре, ки аз график дида мешавад, тағйирёбии шинонидиҳандаҳои зикргардидаи автомобил ва роҳ вобаста аз баландӣ а.с.б. бо функцияи нишондиҳандагии нишондиҳандаи дараҷааш зиёд аз 1 хуб мувофиқат мекунад.

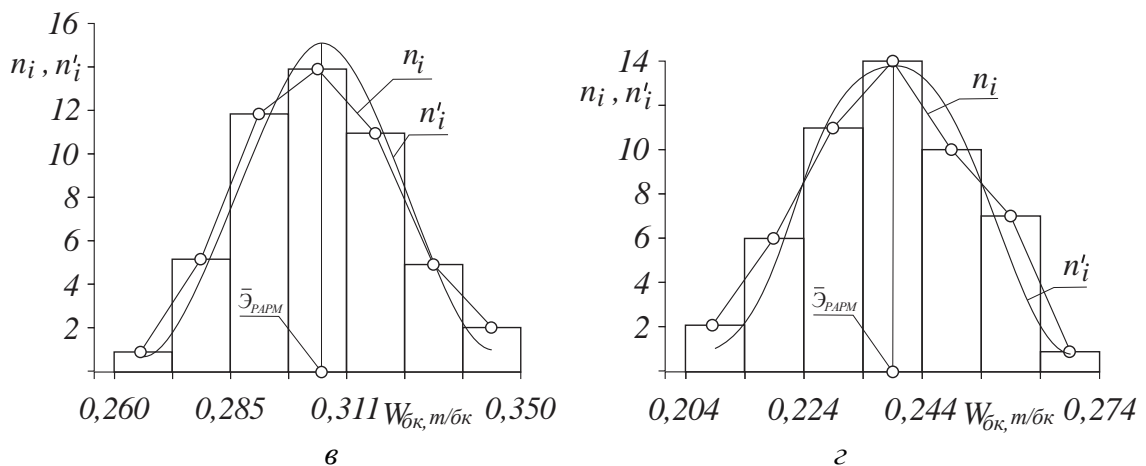


Расми 18 – Вобастагии тағйирёбии нисбии нишондиҳандаҳои техникӣ-иқтисодии автомобил (тавноӣ –  $N$ , маҳсулноқӣ –  $W$  ва сарфи хаттии сӯзишворӣ –  $Q_n$ ), инчунин тағйирёбии коэффитсиенти динамикии ноҳамвории роҳ ( $k_d$ ) вобаста аз баландӣ а.с.б.

Дар асоси фарзияҳои назариявӣ дар бораи он, ки тақсими омилҳои аҳамиянок дар ташаккули самаранокии амалкарди системаи РАРМ тобеи қонуни тақсимшавии меъёрӣ мебошад, тавсифоти асосии эҳтимолий-омории тақсими басомадҳои самаранокии система муайян карда шудааст (рас. 19 ва 20).



Расми 19 – Тақсими басомадҳои самаранокии системаи РАРМ: а) бо автомобили SHACMAN-SX3256DR384:  $\bar{P}_{РАРМ} = 0,252$ ;  $\sigma_3 = 0,017$ ;  $\nu = 6,3\%$ ;  $P(\chi^2) = 93\%$  ва б) бо автомобили БелАЗ-7540В:  $\bar{P}_{РАРМ} = 0,31$ ;  $\sigma_3 = 0,0162$ ;  $\nu = 5,2\%$ ;  $P(\chi^2) = 90\%$



Расми 20 – Тақсими басомадҳои маҳсулноқии автомобил:  
а) SHACMAN-SX3256DR384:  $W_{ОК} = 305$  т/бк;  $\sigma_3 = 16,8$  т/бк;  $\nu = 5,5\%$ ;  $P(\chi^2) = 90\%$  ва  
б) БелАЗ-7540В:  $W_{ОК} = 239$  т/бк;  $\sigma_3 = 13,2$  т/бк;  $\nu = 5,6\%$ ;  $P(\chi^2) = 67\%$

Самаранокии системаи РАРМ, ки барои амалкарди он дар шароити кӯҳсор муқаррар гардидааст, аз формулаи зерин ҳисоб карда шудааст

$$\mathcal{E}_{\text{ВАС}} = \mathcal{E}_B \cdot \mathcal{E}_A \cdot \mathcal{E}_D \cdot \mathcal{E}_C, \quad (64)$$

дар ин ҷо  $\mathcal{E}_B$ ,  $\mathcal{E}_A$ ,  $\mathcal{E}_D$ ,  $\mathcal{E}_C$  – мутаносибан, самаранокии ронанда, автомобил, роҳ ва муҳит.

Қиматҳои адабии самаранокии компонентҳои системаи РАРМ, ки барои шароити баҳрабардории автомобилҳои худборфарор дар карьерҳои кӯҳӣ ҳангоми сохтмони НОБ-и Роғун ба таври назаррас аз маълумотҳои марбут ба шароитҳои баҳрабардорӣ дар ҳамворӣ фарқ мекунад (ҷадв. 7).

Ҷадвали 7 – Самаранокиҳои зерсистемаҳои системаи РАРМ

Зерсистемаи системаи РАРМ	Ишораи самаранокии зерсистемаи системаи РАРМ	Қимати самаранокиҳои зерсистемаҳои системаи РАРМ барои	
		шароити кӯҳсор	шароити ҳамворӣ
Ронанда	$\mathcal{E}_B$	0,85 ... 0,90	0,90 ... 0,95
Автомобил	$\mathcal{E}_A$	0,35 ... 0,37	0,38 ... 0,39
Роҳ	$\mathcal{E}_D$	0,87 ... 0,88	0,95 ... 0,97
Муҳит	$\mathcal{E}_C$	0,82 ... 0,85	0,94 ... 0,96
$\mathcal{E}_{\text{РАРМ}}$		<b>0,21 ... 0,25</b>	<b>0,30 ... 0,35</b>

Самаранокии автомобил дар асоси модели концептуалии баҳодиҳии самаранокии системаи РАРМ ва моделҳои математикии таҳияшуда бо назардошти сарфи энергетикӣ барои амалкарди система дар шароити кӯҳсор муқаррар карда шудааст.

Таъсири роҳи автомобилгард ба самаранокии системаи РАРМ дар асоси қимати коэффитсиенти динамикии умумикардашудаи роҳ  $k_D$  муайян карда шудааст.

Самаранокии муҳит бо назардошти вобастагии тавоноии самаранокии муҳаррик ё маҳсулнокии боркашонӣ аз баландӣ а.с.б., инчунин бо назардошти коҳишҳои эътимоднокии компонентҳои система дар шароити шадиди истифодабарӣ дар кӯҳсор муқаррар карда шудааст.

Баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ бо соддагардонии мураккабии он вобаста буда, аз система хориҷ намудани ронандаро дар назар дорад, ки зерсистемаи ронанда–автомобилро ба автомобили бесарнишин табдил медиҳад. Дар натиҷа системаи РАРМ ба системаи АБРМ – автомобили бесарнишин, роҳ, муҳит табдил меёбад [3].

Самаранокии системаи соддашудаи АБРМ ва компонентҳои он ҳангоми амалкарди система дар шароити кӯҳсор дар ҷадв. 8 оварда шудаанд.

Ҷадвали 8 – Қиматҳои муқоисавии самаранокии компонентҳои системаи РАРМ пас аз табдил додани он ба системаи АБРМ ва содда гардонидани мураккабии он

Зерсистемаи системаи АБРМ	Ишораи самаранокии зерсистемаи системаи АБРМ	Самаранокии зерсистемаи системаи АБРМ барои	
		шароити кӯҳсор	шароити ҳамворӣ
АБС	$\mathcal{E}_{\text{БА}}$	0,88 ... 0,90	0,88 ... 0,90
Роҳ	$\mathcal{E}_D$	0,92 ... 0,94	0,95 ... 0,97
Муҳит	$\mathcal{E}_C$	0,96 ... 0,98	0,97 ... 0,98
$\mathcal{E}_{\text{АБРМ}}$		<b>0,78 ... 0,83</b>	<b>0,81 ... 0,86</b>

Тавре ки аз муқоисаи маълумоти дар ҷадв. 7 ва 8 овардашуда бар меояд, баланд шудани самаранокии амалкарди системаи соддакардашудаи АБРМ нисбат ба самаранокии системаи мураккаби РАРМ то 3,3 ... 3,7 маротиба ҳангоми интиқоли чинсҳои кӯҳӣ дар шароити кӯҳсор ва ҳангоми иҷрои равандҳои нақлиётӣ шабеҳ дар шароити ҳамворӣ самаранокии амалкарди системаи АБРМ дар муқоиса бо системаи РАРМ 2,5 ... 2,7 маротиба зиёд аст.

Самти муҳими инноватсионии баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ тағйир додани таркиби компонентии он бо роҳи иваз намудани автомобил ба электромобил ба ҳисоб меравад. Ба сифати системаи алтернативӣ бо тағйироти таркиби компонентӣ системаи ронанда – электромобил – роҳ – муҳит (РЭРМ) пешниҳод мегардад, ки дар ташаккули самаранокии он электромобил ҳамчун компоненти бартаридошта ба ҳисоб меравад.

Самаранокии автомобил ҳамчун ҳосили зарби коэффитсиенти кори муфиди МДС  $\eta_{ДВС}$  ба самаранокии трансмиссияи автомобил  $\eta_{тра}$  ва коэффитсиенти баназаргирии коҳишҳои самаранокии энергетикии автомобил ҳангоми тамоси чархи он бо сатҳи роҳ  $\eta_k$  муайян карда мешавад, яъне

$$\mathcal{E}_A = \eta_{ДВС} \cdot \eta_{тра} \cdot \eta_k. \quad (65)$$

Самаранокии электромобил  $\mathcal{E}_{ЭМ}$  ҳамчун ҳосили зарби коэффитсиенти кори муфиди электромобил  $\eta_{ЭД}$  ба самаранокии трансмиссияи электромобил  $\eta_{трэ}$  ва коэффитсиенти баназаргирии коҳишҳои самаранокии энергетикии электромобил ҳангоми тамоси чархи он бо сатҳи роҳ  $\eta_k$  муайян карда мешавад (ҷадв. 9), яъне

$$\mathcal{E}_{ЭМ} = \eta_{ЭД} \cdot \eta_{трэ} \cdot \eta_k. \quad (66)$$

Ҷадвали 9 – Қимоатҳои муқоисавии коэффитсиенти кори муфиди воситаҳои нақлиётӣ ва таҷҳизоти энергетикӣ онҳо

Воситаҳои нақлиётӣ	Намуди таҷҳизоти энергетикӣ	Коэффитсиенти кори муфиди, %		
		таҷҳизоти энергетикӣ	трансмиссия	дар чархи воситаи нақлиёт
Автомобил	Муҳаррики дизелӣ	42	90 (бо ноқилкуттии механикӣ) 85-87 (бо ноқилкуттии автоматӣ)	22,5
	МДС-и бензинӣ	35	90 (бо ноқилкуттии механикӣ) 85-87 (бо ноқилкуттии автоматӣ)	18
Электромобил	Муҳаррики барқии кашанда	90-95	90	81-85
	Муҳаррики барқии Tesla model S	95	98-99	94

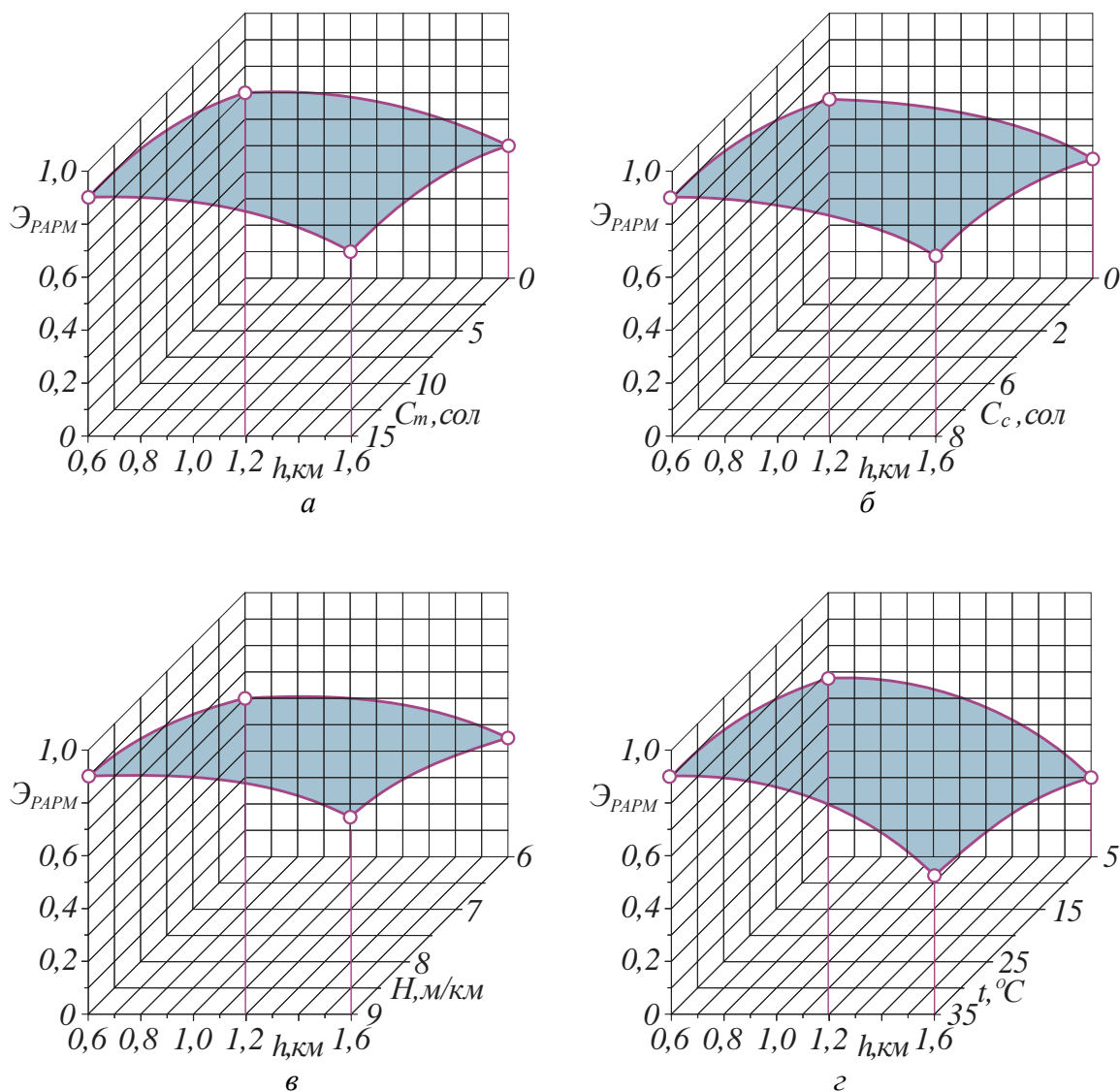
Муқаррар гардидааст, ки самаранокии системаи алтернативии РЭРМ нисбат ба системаи РАРМ ба таври назаррас баланд аст. Фарқияти мазкур дар шароитҳои кӯҳсор назар ба минтақаҳои ҳамвор хусусан бараъло мушоҳида мегардад (ҷадв. 10).

Ҷадвали 10 – Вариатсияи самаранокии элементҳои системаҳои РАРМ ва РЭРМ ҳангоми амалкарди онҳо дар шароитҳои кӯҳсор

Самаранокӣ	Ишораҳои шартӣ	Қиматҳои ададӣ	Самаранокӣ	Ишораҳои шартӣ	Қиматҳои ададӣ
Ронандаи автомобил	$\mathcal{E}_B$	0,88...0,91	Ронандаи электромобил	$\mathcal{E}_{BЭ}$	0,89...0,92
Автомобил	$\mathcal{E}_A$	0,33...0,36	Электромобил	$\mathcal{E}_{ЭМ}$	0,80...0,90
Роҳ	$\mathcal{E}_Д$	0,90...0,91	Роҳ	$\mathcal{E}_{ДЭ}$	0,86...0,90
Муҳит	$\mathcal{E}_С$	0,81...0,84	Муҳит	$\mathcal{E}_{СЭ}$	0,90...0,95
Системаи РАРМ	$\mathcal{E}_{ВАДС}$	0,21...0,25	Системаи РЭРМ	$\mathcal{E}_{ВЭДС}$	0,55...0,71

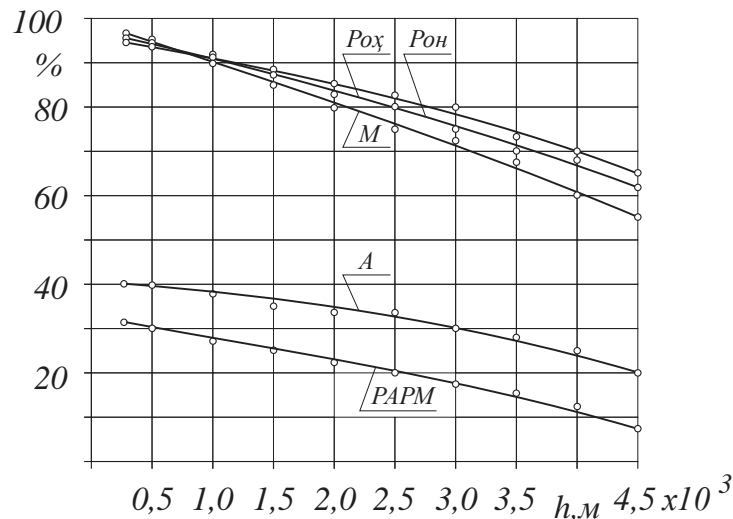
Дар шароити воқеӣ самаранокии амалкарди системаи РАРМ ҳангоми ҳамоҳангии комплекси якҷанд омилҳои таъсиркунанда ташаккул меёбад. Ҳамчун омилҳои, ки ба

ташаққули самаранокии амалкарди системаи РАРМ таъсири назаррас мерасонанд, собикаи кори ронанда ( $C_m$ ), муҳлати хизмати автомобил ( $C_c$ ), ноҳамвории роҳ ( $H$ ) ҳарорати ҳаво ( $t$ ) қабул карда мешаванд. Дар расми 21 графикҳои вобастагии таъсири омилҳои номбаршуда дар якҷоягӣ бо баландӣ а.с.б. ба ташаққулёбии самаранокии нисбии фаъолияти системаи РАРМ дар шароити кӯҳсори баҳрабардории автомобилҳои худборфарор оварда шудаанд.



Расми 21 – Вобастагии самаранокии нисбии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсори баҳрабардории автомобилҳои боркаш аз баландӣ а.с.б. ва: собикаи кори ронанда (а); муҳлати хизмати автомобил (б); ноҳамвории роҳ (в) ва ҳарорати муҳити атроф (з)

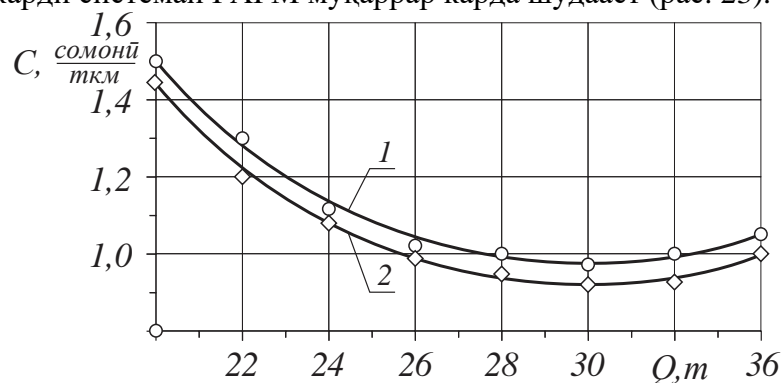
Дар шароити кӯҳсор самаранокии фаъолияти системаи РАРМ-ро аз рӯи самаранокии компонентҳои алоҳидаи он баҳо додан мумкин аст. Барои ин, маълумоти таҷрибавӣ оид ба баландиҳои гуногун а.с.б. аз рӯи услубе муайян карда мешаванд, ки мувофиқи он тағйирёбии самаранокии компоненти алоҳидаи система ҳангоми доимӣ будани дигарон муайян карда мешавад (расми 22).



Расми 22 – Тағйирёбии самаранокии фаъолияти системаи PАРМ ва компонентҳои он вобаста аз баландӣ а.с.б.

Самаранокии иқтисодии системаи PАРМ метавонад ба арзиши аслии боркашонӣ муайян карда шавад, вале бо вучуди ин таъсири комплекси компонентҳои системаро ба ташаккули арзиши аслӣ низ ба назар гирифтани лозим аст.

Дар асоси таҳлили арзиши аслии ҷамъбастии раванди нақлиётӣ, ки бо роҳи таҷрибавӣ дар шароити карьерӣ кӯҳӣ ҳангоми интиқоли чинсҳои кӯҳӣ бо автомобилҳои худборфарори борбардориашон гуногун (КрАЗ, Dongfeng DFL-3251, Хово-336, SHACMAN – SX3256DR384, БелАЗ-7540В) нишондиҳандаҳои самаранокии иқтисодии хеле пасти амалкарди системаи PАРМ муқаррар карда шудааст (рас. 23).



Расми 23 – Вобастагии арзиши аслии ҷамъбастии равандҳои нақлиётӣ аз борбардори автомобил дар шароити кӯҳсор: 1 – БелАЗ-7540В; 2 – SHACMAN-SX3256DR384

## ХУЛОСАҶО

1. Дар асоси таҳлили ҳолати проблема, натиҷаҳои таҳқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ қиматҳои пасти самаранокии системаи PАРМ ҳангоми амалкарди он дар шароити кӯҳсор муқаррар карда шудааст, ки 21 ... 32% -ро ташкил медиҳад. Таҳқиқоти муфассали проблема бо таҳияи асосҳои назариявӣ ва методология барои баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи PАРМ дар шароити кӯҳсор вобаста аст. Ҳамаи ин ба ҳалли проблемаи бузурги илмӣ, ки аҳамияти муҳими хоҷагии халқро дорад, вобаста ба баҳодихӣ ва ҷустуҷӯи роҳҳои баланд бардоштани самаранокии системаи PАРМ, ки дар қисми мазкур барои ҳалли масъалаҳои самаранокии раванди нақлиёт истифода шудаасту қаблан нисбат ба таъмини беҳатарии ҳаракат дар роҳ истифода мешуд, мусоидат намуд. Дар асоси омӯзиши хосиятҳои хоси системаи PАРМ, схемаи таснифотии системаи PАРМ бо назардошти шароити истифодабарӣ дар кӯҳсор таҳия карда шудааст. Дар схемаи таснифотии пешниҳодшуда сохтори системаи PАРМ, мураккабӣ, бисёрҷанбагӣ, бисёркритериалӣ ва аксар вақт номуайянии муносибатҳо ва робитаҳо байни

компонентҳо ҳангоми баҳрабардории он дар шароити кӯҳсор, асоснок карда шудаанд [7-М, 32-М].

2. Дар асоси методология ва асосҳои назариявии баҳодихии самаранокии зерсистемаҳои алоҳидаи системаи РАРМ коркардшуда, дараҷаи таъсири муштаракӣ онҳо ба ташаккулёбии самаранокии система дар шароити кӯҳсор муқарар гардидааст. Самаранокии ронанда аз рӯи сатҳи маҳорати идоракунии автомобил, яъне таносуби услубҳои сарфакорона ва дағали ронандагӣ баҳо дода шудааст, ки бо собиқаи кории ӯ хуб алоқаманд аст. Баҳодихии таъсири автомобил ба самаранокии амалкарди системаи РАРМ аз рӯи сарфи сӯзишворӣ ва қисмҳои эҳтиётӣ пешниҳод карда мешавад. Таъсири роҳи автомобилгард ба самаранокии амалкарди системаи РАРМ аз рӯи коэффитсиенти динамикии умумикардшудаи роҳ  $k_D$ , вобаста бо тақсими дарозии роҳҳои автомобилгарди истифодаи умум аз рӯи баландии онҳо а.с.б. асоснок карда шудааст. Дар натиҷаи баҳодихӣ ва таҳлили шабакаи роҳҳои автомобилгард бо назардошти ҷойгиршавии онҳо дар баландии гуногун а.с.б. муқарар карда шудааст, ки тақрибан 85% роҳҳои истифодаи умум дар қаламрави Ҷумҳурии Тоҷикистон ба роҳҳои кӯҳӣ мансубанд ва дар баландии бештар аз 500 м а.с.б. сохта шудаанд ва фаъолият мекунанд. Муайян карда шудааст, ки ҳангоми аз 200 адад зиёд будани шумораи умумии ағбаҳо дар қаламрави Ҷумҳурӣ, зичии тақсими онҳо мутаносибан наздики 1,5 ағба дар 1000 км<sup>2</sup> ва зиёда аз 1,4 ағбаро дар ҳар 100 км роҳи автомобилгарди истифодаи умум ташкил медиҳад [1-М, 2-М, 11-М, 14-М, 35-М, 37-М].

3. Консепсияи комплекси энергетикӣ барои баҳодихии самаранокии фаъолияти системаи РАРМ коркард шудааст, ки асоси онро нуқтаи назар дар бораи имконияти баҳодихии самаранокии системаи РАРМ тавассути муайян намудани самаранокии табдили энергия ҳамчун таносуби кори муфиди система ба миқдори умумии энергияи сарфшуда арзёбӣ карда шавад. Консептуалии услуби таҳқиқи самаранокии системаи РАРМ асоснок карда шудааст ва модели консептуалии баҳодихии самаранокии система дар шакли муодилаи дифференциалӣ пешниҳод гардидааст [1-М, 34-М].

4. Самаранокии фаъолияти системаи РАРМ аз рӯи маҳсулнокии автомобил баҳо дода шудааст, ки тавассути тавоноии МДС ифода карда мешавад, зеро ҳар дуи ин нишондиҳанда моҳиятан кори иҷрошудаи хосро дар воҳиди вақт, ифода мекунанд. Дар асоси модели математикӣ барои муайян намудани тавоноии самаранокии МДС дар режими ҳаракати ноустувор, ки аз ҷониби академик В. Н.Болтинский пешниҳод шудааст ва аз ҷониби профессорҳо Ю. К.Киртбая ва С. А. Иофинов бо назардошти мӯҳлати хизмати мошин ва тавсифи эҳтимолии сарборӣ, тафсилоти иловагӣ бо ворид намудани коэффитсиенти баназаргирии коҳишёбии тавоноӣ аз таъсири баландӣ а.с.б. аниқ карда шудааст.

Қиматҳои коэффитсиентҳои воридшаванда ба формулаи пешниҳодгардида барои муайян намудани тавоноии истифодабарии МДС бо назардошти шароитҳои кӯҳсор ва баландкӯҳ муайян карда шудаанд:

$$\lambda_d = (1 - 0,75\delta_m), \text{ где } \delta_m = 2A_m / M_{cp} \approx 0,25;$$

$$\lambda_t = (1 - 0,15t), \text{ где } t = 6 \dots 7 \text{ лет};$$

$$\lambda_v = (1 - 0,65v), \text{ где } v = 0,07 \dots 0,15;$$

$$\lambda_h = (1 - 0,12h), \text{ где } h = 300 \dots 4655 \text{ м. [1-М].}$$

5. Услуб ва модели математикии баҳодихии комплекси энергетикӣ самаранокии амалкарди системаи РАРМ ба ҷои усулҳои то ҳол истифодашаванда, ки ба баҳодихии самаранокии компонентҳои алоҳидаи он аз рӯи нишондиҳандаи энергетикӣ асос ёфтаанд, пешниҳод карда шудааст. Мувофиқи методикаи таҳияшуда ва ҷамъбасти натиҷаҳои таҳқиқоти назариявӣ ва таҷрибавӣ, самаранокии амалкарди системаи РАРМ (бо автомобилҳои гуногуни боркаш) муқаррар гардидааст, ки дар шароити кӯҳсор 4 ... 5 маротиба камтар аз шароитҳои ҳамвор ба назар мерасад [1-М, 20-М].

6. Модели энтропӣ дар асоси омори Тсаллис таҳия карда шудааст ва ба мақсад мувофиқ будани истифодаи он барои баҳодихии самаранокии системаи тасодуфан муайяншудаи РАРМ асоснок карда шудааст. Байни компонентҳои системаи мураккаби

РАРМ таъсири мутақобилаи назаррас, табиати ғайримарковии раванди динамикии амалкарди система дар шароити кӯҳсор муайян карда шудааст, ки аз сабаби ғайриаддитивнокии энтропия амалӣ мегардад. Ҳамаи ин ба номуносибии модели самаранокии системаи РАРМ дар асоси энтропияи классикии Больцман Гиббс Шеннон вобаста аст, зеро моделҳои таҳиягардида қомилан адекватӣ нестанд. Модели таҳияшуда барои баҳодиҳии самаранокии системаи РАРМ дар асоси формализми омили ғайриаддитивии Тсаллис барои ифодаи таъсири мутақобилаи зерсистемаҳои системаи ВАДС имкон медиҳад [12-М, 18-М, 19-М, 22-М].

7. Методикаи баҳодиҳии миқдории сифати системаҳои мураккаби техникий таъмиршаванда ва таъмирнашаванда пешниҳод гардидааст ва формула дар шакли муодилаи интегралӣ барои баҳодиҳии миқдории сифат ҳангоми ташаккули он таҳти таъсири комплекси ду омили мустақил таҳия шудааст [24-М].

8. Услуби инноватсионии системӣ - энергетикӣ оптимизатсионӣ (ИСЭО) барои баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии системаи РАРМ дар шароитҳои кӯҳсор қоркард карда шудааст.

Моҳияти концепсияи системнокии услуби инноватсионӣ дар он аст, ки дар ибтидо барои баланд бардоштани самаранокии компонентҳои алоҳидаи системаи РАРМ услубҳои дахлдори инноватсионӣ истифода мешаванд ва пас аз он бо назардошти хосиятҳои эмергентноӣ, синергизм ва ғайриаддитивии системаи РАРМ, услуби ИСЭО барои баланд бардоштани системаи РАРМ дар умум истифода мешавад. Услуби пешниҳодгардида барои он оптимизатсионӣ номида мешавад, ки самаранокии системаи РАРМ зери таъсири шумораи зиёди омилҳо ташаккул меёбад ва ҳамоҳангии оптималии онҳо шартӣ ногузирӣ максимизатсияи он мебошад. Услуби пешниҳодгардида барои он системӣ – энергетикӣ номида мешавад, ки баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ асосан аз ҳароҷоти энергетикӣ вобаста аст [21-М].

9. Дар асоси ҷамъбасти натиҷаҳои таҳқиқотҳои назариявӣ ва таҷрибавӣ самаранокии амалкарди системаҳои РАРМ, РЭРМ ва АБРМ дар ҳудудҳои зерин тағйир меёбанд:

– дар шароити ҳамворӣ:

$$\mathcal{E}_{РАРМ} = 0,30 \dots 0,35, \mathcal{E}_{АБРМ} = 0,81 \dots 0,86 \text{ ва } \mathcal{E}_{РЭРМ} = 0,64 \dots 0,75;$$

– дар шароити кӯҳсор:

$$\mathcal{E}_{РАРМ} = 0,21 \dots 0,25, \mathcal{E}_{АБРМ} = 0,78 \dots 0,83 \text{ ва } \mathcal{E}_{РЭРМ} = 0,55 \dots 0,71.$$

Ин ҳама аз мавҷудияти захираҳои назаррас оид ба баланд бардоштани самаранокии раванди нақлиётӣ дар шароитҳои додшуда шаҳодат медиҳад [28-М].

10. Методикаи баҳодиҳии самаранокии иқтисодии амалкарди системаи РАРМ таҳия шудааст, ки мувофиқи он арзиши аслии боркашонӣ вобаста ба қобилияти борбардории автомобили худборфарор метавонад дар ҳудудҳои зерин тағйир ёбад: барои автомобили БелАЗ-7540В аз 0,85 то 1,50 сомонӣ/ткм; барои автомобили SHACMAN-SX3256DR384 аз 0,70 то 1,43 сомонӣ/ткм [17-М].

## ТАВСИЯҲОИ БАРОИ ИСТИФОДАИ АМАЛИИ НАТИҶАҲОИ ТАҲҚИҚОТ

Самаранокии раванди нақлиёт, инчунин системаи ВАДС, аз ҳаҷми боркашонӣ ва сифати иҷрои он вобаста аст. Ҳангоми интиқоли чинсҳои кӯҳӣ дар шароити кӯҳсор сифати боркашонӣ қариб, ки паст намешавад, аз ин рӯ, дар ин ҳолат самаранокии системаи РАРМ метавонад асосан бо афзоиши ҳаҷми боркашонӣ баҳодиҳӣ карда шавад.

Аз ин рӯ, тавсияҳои таҳияшуда оид ба баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ ба баланд бардоштани ҳаҷми боркашонӣ равона карда мешаванд:

1. Баҳодиҳии самаранокии тамғаҳои гуногуни автомобилҳои боркаш аз рӯи қиматҳои воқеии сарфи нақлиётӣ сӯзишворӣ ба мақсад мувофиқ мебошад, ки онҳо дар шароити кӯҳсор ба ҳисоби миёна барои автомобилҳои худборфарори тамғаҳои БелАЗ-7540В, НОВО-336 ва SHACMAN-SX3256DR384 мутаносибан 6,2, 5,3 ва 4,8 л / (100 ткм) баробар ҳастанд.



Аз рӯи қимати воқеии маҳсулноқӣ ва сарфи нақлиётии сӯзишворӣ дар баробари автомобилҳои худборфарори тамғаи БелАЗ-7540В, барои иҷрои корҳои нақлиётӣ дар шароити кӯҳсор инчунин автомобилҳои худборфарори тамғаҳои НОВО-336 ва SHACMAN-SX3256DR384 низ тавсия дода мешаванд.

2. Роҳи муҳими баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ содда намудани мураккабии он мебошад, ки бо истисно ва/ё соддагардонии мураккабии компоненти алоҳидаи он имконпазир мегардад, дар айни ҳол бошад:

– бо ҷорӣ намудани идоракунии бесарнишини автомобил;

– соддагардонии мураккабии мураккабии роҳ тавассути ратсионализатсияи геометрияи он дар нақша ва профил, инчунин баланд бардоштани сифати рӯйпӯши роҳ.

3. Комплекткунии ратсионалии воситаҳои нақлиётӣ-боркунӣ бо назардошти хусусиятҳои хоси раванди нақлиётӣ ва амалигардонии онҳо дар шароити кӯҳсор.

4. Баланд бардоштани самаранокии системаи РАРМ бо роҳи таъмини инкишофи устувории хизматрасониҳои техникӣ ва таъмир, оптималикунонии режими сарборӣ-суръатии он.

5. Коркарди ҷорабиниҳо оид ба кам кардаи сарфи сӯзишворӣ ва равағҳои молиданӣ, инчунин ба ихтисор намудани хароҷот барои қисмҳои эҳтиётӣ ва маводи таъмирӣ.

6. Баланд бардоштани эътимоднокии роҳ бо роҳи саривақт ва босифат гузаронидани хизматрасонӣ, таъмин намудани тозагии сатҳи роҳ аз сангрезаҳои чинсҳои кӯҳӣ ва предметҳои бегона ва бо ин тарз паст кардани абразивнокии сатҳи роҳ.

7. Мутобиқ намудани автомобил ба захираҳои энергетикӣ камарзӣш ва дастрас.

8. Мутобиқ намудани автомобилҳои барқӣ барои боркашонӣ.

9. Татбиқ намудани зеҳни сунӣ ба соҳаҳои хизматрасонии нақлиётӣ барои баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ.

10. Кам кардани таъсири муҳит ба эътимоднокии ронанда, автомобил ва роҳи автомобилгард ва диг.

### **Руйхати адабиёти истифодашуда**

1. Быстрынцев, Е.В. Методика определения рациональных параметров информационного обеспечения автомобильного транспорта/ Е.В. Быстрынцев, В.С. Логойда // Автоматизация. Современные технологии ежемесячный межотраслевой научно-технический журнал. – 2017. – Т. 71. – № 08. – С. 381–384.

2. 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.

3. Гусев, С. И. Структура системы функционирования беспилотного аэротранспортного средства / С.И. Гусев, В.В. Епифанов // Вестник Ульяновского государственного технического университета. № 4 (92). С. 45-47.

4. Еремин, В.М. Концептуальная модель функционирования системы ВАДС как основа компьютерной имитации. САПР и ГИС автомобильных дорог /В.М. Еремин, 2014. – №1(2). – С. 90–93.

5. Ефанов, А.Н. Оценка эффективности функционирования транспортной системы / А.Н. Ефанов, Н.К. Румянцев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012., №1. – С. 154 – 157.

6. 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.

7. Колесниченко, А. В. Конструирование энтропийной транспортной модели на основе статистики Цаллиса/А.В. Колесниченко//Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша, 2013. – № 33. – 23 с.

8. 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.

9. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации/ Л. Г. Резник, Г. М. Ромалис, С. Т. Марков. – М.: Транспорт, 1989. – 126 с.
10. Турсунов, А.А. Адаптация автомобилей к суровым горным условиям эксплуатации/А.А. Турсунов// Доклады АН РТ, 2002. – Том XLV. – № 11-12. – С. 106-114.

### **Интишорот аз рӯйи мавзӯи диссертатсия Монографияҳо**

- [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.

### **Мақолаҳои дар нашриҳои аз тарафи ҚОА-и назди президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон барои интишори натиҷаҳои диссертатсияҳои докторӣ тавсияшуда**

- [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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, 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. - Душанбе, 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.

**Мақолаҳои дар нашрияхои аз тарафи КОА-и Федератсияи Россия  
барои интишори натиҷаҳои диссертатсияҳои докторӣ тавсияшуда**

[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. Саилов // 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. Гоилов, 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.

**Мақолаҳои дар нашрияхои ба базаи маълумотҳои Scopus и Web of Science воридшуда**

[40-A] 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. Saidullozoda, A.B. Tashripov // (Scopus). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, 23–25 сентября 2021 года. – 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.

#### **Мақолаҳои дар маҷмӯаҳои конференсияҳои илмӣ нашршуда**

[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. Саилов, 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-A] 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-A] 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-A] 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». ТГУ, 20–22 мая 2010 г. – Душанбе, 2010. – С. 91–93.

[51-A] 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.І.- 454 – С.221-224.

[52-А] Умирзоков, А.А. Влияние тяжелых эксплуатационных условий высокогорья на долговечность автомобильных шин/ **А.М. Умирзоков**, А.А. Саилов// 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. Саилов, 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. Саилов, 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. Саилов, А.Х. Абаев, Ф.А. Гафаров // Вестник ТУТ. – 2018. – 3 (34), – С. 47–54.

#### **Шаҳодатномаҳои муаллифӣ ва патентҳо**

[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.

#### **Стандартҳои давлатӣ**

[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.).

### **ШАРҲИ МУХТАСАРИ**

рисолаи илмӣи Умирзоков Аҳмад Маллабоевич дар мавзӯи “Асосҳои назариявии баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи ронанда-автомобил-роҳ-муҳит дар шароти кӯҳсор” барои дарёфти дараҷаи илмӣи доктори илмҳои техникӣ аз рӯи ихтисоси 05.22.10 – Баҳрабардории нақлиёти автомобилӣ

**Калимаҳои калидӣ:** ронанда, нақлиёти автомобилӣ, роҳ, муҳит, система, самаранокӣ, шароити кӯҳсор.

**Мақсади таҳқиқот** аз таҳияи асосҳои илмӣ-методи баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор иборат аст.

**Объекти таҳқиқот** аз равандҳое, ки бо амалкарди системаи РАРМ ҳангоми ҳалли масъалаҳо оид ба самаранокии раванди нақлиётӣ дар шароити кӯҳсор вобаста ҳастанд, иборат мебошад.

**Предмети таҳқиқот** қонуниятҳои таъсири комплексии компонентҳои гуногуни системаи РАРМ-ро ба самаранокии амалкарди он дар шароити кӯҳсор дар бар мегирад.

**Усулҳои таҳқиқот:** таҳлили системавӣ, ҳисоби дифференсиалӣ ва интегралӣ, моделсозии сохторӣ, усули адабии аппроксиматсия, моделсозии математикӣ, услубҳои ҳисобӣ-таҳлилӣ ва таҷрибавӣ баҳодихӣ ва баланд бардоштани самаранокии фаъолияти системаи РАРМ, услуби коркарди эҳтимолӣ-омории маълумоти таҷрибавӣ бо истифода аз моделсозии компютерӣ дар муҳити Excel, Statsoft (Statistica), Matlab/Simulink, Mathkat ва диг.

**Навгони илмӣ** кори диссертсионӣ аз концепсияҳои илмӣи зерин, асосҳои назариявӣ, услуб ва ҷанбаҳои методологӣ, моделҳои математикӣ ва вобастагҳои таҳлилӣ иборат мебошад:

- асосҳои назариявӣ ва методологӣ нисбат ба таснифи системаи РАРМ ва вобастагии таҳлилӣ барои арзёбии таъсири зерсистемаҳои алоҳидаи системаи РАРМ ба самаранокии он бо назардошти хусусиятҳои ҳоси амалкарди система дар шароити кӯҳсор;

- концепсияи арзёбии энергетикӣ марбут ба самаранокии системаи РАРМ ва модели математикӣ барои татбиқи он;

- татбиқи формулаи такмилёфтаи В. Н. Болтинский барои арзёбии самаранокии системаи РАРМ, ки дорои коэффитсиенти коҳишёбии тавоноӣ дар баландҳои гуногун аз сатҳи баҳр;

- назария ва методикаи арзёбии комплексии энергетикӣ самаранокии системаи РАРМ бо назардошти хусусиятҳои амалкарди он дар шароити кӯҳсор;

- модели энтропии арзёбии амалкарди системаи РАРМ дар асоси омори Тсаллис;

- усулҳои назариявӣ-амалӣ (методика ва заминаи назариявӣ) ва моделҳои математикӣ дар асоси онҳо таҳияшуда барои арзёбии микдории сифати системаҳои техникӣ;

- концепсияи усули инноватсионӣ ва оптимизатсионӣи системавӣ - энергетикӣ барои баҳодихии самаранокии амалкарди системаи РАРМ;

- натиҷаҳои умумиятбашидашудаи тадқиқотҳои назариявӣ ва эксперименталӣ дар асоси нишондиҳандаҳои муқоисавӣ самаранокии системаҳои РАРМ ва автомобили бесарнишин роҳ-муҳит (АБРМ) дар шароити кӯҳсор.

Маҷмӯи натиҷаҳои илмӣи дастрасшуда саҳми назаррасро дар рушди асосҳои назариявӣи арзёбӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор тасдиқ менамояд.

**Соҳаи истифодабарӣ.** Натиҷаҳои таҳқиқот аз тарафи Вазорати нақлиёт ва



муассисаҳои нақлиёти автомобилӣ дар ҳамаи марҳилаҳои коркард ва татбиқи барномаҳои илмӣ амалӣ барои баҳодиҳӣ ва баланд бардоштани самаранокии амалкарди системаи РАРМ дар шароити кӯҳсор метавонад истифода шавад. Натиҷаҳои илмӣ амалӣ барои ҷустуҷу ва ташаккули ҷорабиниҳои самаранок оид ба беҳтар шудани сифати хизматрасониҳои нақлиётӣ имкон медиҳад.

## АННОТАЦИЯ

диссертации Умирзокова Ахмада Маллабоевича на тему «Теоретические основы оценки и повышения эффективности функционирования системы водитель–автомобиль–дорога–среда в горных условиях» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.10 – «Эксплуатация автомобильного транспорта»

**Ключевые слова:** водитель, автомобильный транспорт, дорога, среда, система, эффективность, горные условия.

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

**Объект исследования:** процессы, связанные с функционированием системы ВАДС при решении вопросов эффективности транспортного процесса в горных условиях.

**Предмет исследования:** закономерности комплексного влияния различных сочетаний элементов системы ВАДС на эффективность ее функционирования в горных условиях.

**Методы исследования:** системный анализ, дифференциальное и интегральное исчисления, структурное моделирование, численные методы аппроксимации, математическое моделирование, методы расчетно-аналитической и экспериментальной оценки и повышения эффективности функционирования системы ВАДС, вероятностно-статистический метод обработки опытных данных с применением компьютерного моделирования в среде Excel, Statsoft (Statistica), Matlab/Simulink, Mathkat и др.

**Научная новизна диссертационной работы** 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 сравнение 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.

**Область применения.** Результаты исследования 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.

#### ABSTRACT

dissertation by Akhmad Mallaboyevich Umirzokov on the topic "Theoretical foundations for assessing and improving the efficiency of the driver-car-road-environment system in mountainous conditions" for the degree of Doctor of Technical Sciences in specialty 05.22.10 - "Operation of motor transport"

**Keywords:** driver, motor transport, road, environment, system, efficiency, mountainous conditions.

**The purpose of the work** is to develop scientific and methodological foundations for assessing and improving the efficiency of the VADS system in mountainous conditions.

**Object of the study:** processes associated with the functioning of the VADS system when solving issues of the efficiency of the transport process in mountainous conditions.

**Subject of the study:** patterns of complex influence of various combinations of elements of the VADS system on the efficiency of its functioning in mountainous conditions.

Research methods: systems analysis, differential and integral calculus, structural modeling, numerical approximation methods, mathematical modeling, methods of computational-analytical and experimental assessment and improvement of the efficiency of the VADS system, probabilistic-statistical method of processing experimental data using computer modeling in Excel, Statsoft (Statistica), Matlab/Simulink, Mathkat, etc.

The scientific novelty of the dissertation consists of the following scientific concepts, theoretical assumptions, methods and methodological approaches, mathematical models and analytical dependencies:

- theoretical and methodological approaches to the classification of the VADS system and analytical dependencies for assessing the impact of individual subsystems of the VADS system on its efficiency, taking into account the features of the system's functioning in mountain conditions;

- the concept of energy assessment of the efficiency of the VADS system and a mathematical model for its implementation;

- application of the refined formula of V.N. Boltinsky for assessing the efficiency of the VADS system containing a coefficient taking into account the decrease in power with altitude above sea level;

- theoretical background and methodology for a comprehensive assessment of the energy efficiency of the VADS system taking into account the features of its operation in mountainous conditions;

- entropy model for assessing the functioning of the VADS system based on Tsallis statistics;

- theoretical and applied methods (methodology and theoretical background) and mathematical models developed on their basis for quantitative assessment of the quality of technical systems;

- the concept of an innovative system-energy optimization (ISEO) approach to assessing the efficiency of the VADS system

- generalized results of theoretical and experimental studies based on a comparison of the estimated indicators of the efficiency of the VADS and unmanned vehicle-road-environment (UDRE) systems in mountainous conditions.

The totality of the obtained scientific results confirms a significant contribution to the development of theoretical foundations for assessing and improving the efficiency of the VADS system in mountainous conditions.

**Scope.** The results of the study can be used by the Ministry of Transport, motor transport enterprises at all stages of development and implementation of scientific and practical programs to assess and improve the efficiency of the functioning of the VADS system in mountainous conditions. The obtained scientific and practical results allow us to search for and develop effective measures to improve the quality of transport services.

Ба чоп имзо шуд \_\_\_\_\_  
Формат 6x84/16. Қоғазы офсетӣ  
Теъдоди нашр 100 нусха. Ҳаҷм 2 ҷ.ч.  
Дар нашрияи ДТТ ба номи М.С. Осимӣ чоп шуд.

Подписано в печать \_\_\_\_\_  
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Тираж 100 экз. Объем 2 п.л.  
Отпечатана в типографии ТТУ им. акад. Осими