

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

УДК 691.431.73 (035)

САНАКУЛОВ ИСКАНДАРБЕК РУСТАМБЕКОВИЧ

**Сравнительный анализ расхода моторных масел большегрузных
карьерных автосамосвалов**

5А310604 – “Автомобили и автомобильное хозяйство”

Диссертация

на соискание академической степени магистра

Научный руководитель:

к.т.н. доц. Муминжанов Н.М.

Ташкент 2013г.

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО - ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ**

**Факультет: Эксплуатация
автомобильного транспорта**

**Студент магистратуры:
Санакулов Искандарбек
Рустамбекович**

**Кафедра: Техническая эксплуатация
автомобилей**

**Научный руководитель:
к.т.н, доц. Муминжанов Н.М.**

Учебный год: 2011-2013

**Специальность 5А310604
«Автомобили и автомобильное хозяйство»**

АННОТАЦИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Тема: Сравнительный анализ расхода моторных масел большегрузных карьерных автосамосвалов

Актуальность темы: с возрастанием парка автомобилей эксплуатируемых в Республике Узбекистан проблемы ресурсосбережения приобретают важное значение. Поддержание автомобилей в технически исправном состоянии во многом зависит от диагностики и качественного проведения технического обслуживания и ремонта, качества применяемых смазочных материалов. Для системы смазки двигателей большегрузных карьерных автосамосвалов в настоящее время используют импортные масла, отвечающие требованиям заводов-изготовителей двигателей. Такие масла остродефицитны и дорогостоящие. В связи с этим, проведение “сравнительного анализа расхода моторных масел большегрузных карьерных автосамосвалов” является важной научно-технической задачей. Кроме того, исследование расхода моторных масел позволит существенно снизить затраты на смазочные материалы.

В настоящее время на расход моторных масел большегрузных автосамосвалов, эксплуатируемых в тяжелых карьерных условиях, влияют такие факторы как: сложные горно-геологические условия карьера, режим работы автосамосвалов и их техническое состояние, являющиеся причиной повышенного потребления дорогостоящих масел. В связи с этим, исследование расхода масел в зависимости от мощности и технического состояния двигателя, а также условий эксплуатации, имеет большое значение, в условиях рыночных отношений, в снижении себестоимости перевозок и экономии материальных затрат.

Цель: сравнительный анализ расхода моторных масел для большегрузных карьерных автосамосвалов.

Задачи:

1. Анализ состояния вопроса.
2. Анализ условий эксплуатации, диагностики, технического обслуживания и ремонта автосамосвалов.
3. Качественный анализ ассортимента современных моторных масел используемых в дизельных двигателях.
4. Методы оценки эксплуатационных свойств моторных масел.
5. Исследование расхода моторных масел автосамосвалами.
6. Анализ факторов влияющих на изменение эксплуатационных свойств моторных масел.
7. Изучение существующих методов анализа расхода моторных масел.
8. Сбор и обработка информации по расходу моторных масел в двигателях автосамосвалов эксплуатирующихся в тяжелых горных условиях.

Предметом исследования является расход моторных масел большегрузных карьерных автосамосвалов и факторов влияющих на них в процессе эксплуатации, изменение свойств масел в зависимости от наработки двигателя.

Объектом исследования были взяты моторные масла марки SHELL Rimula X SAE 15W40 и 76 T5X Heavy Duty, для дизельных двигателей,

используемые на двигателях QSK 45C (автосамосвал БелАЗ 7513) и CAT 3512 (автосамосвал CAT785B), и отвечающие требованиям заводов изготовителей.

Методы и методология исследования: в соответствии с поставленной задачей за основу метода исследования был взят системный анализ экспериментальных данных.

В основе методологии исследования были положены результаты экспериментальных исследований, в ходе которых, в соответствии с планом эксперимента, полученные данные были обработаны, проанализированы и сведены в таблицы и графики, позволяющие быстро и качественно сопоставлять полученные результаты.

Научная новизна: Качественное и количественное выявление зависимости расхода моторных масел с учетом конструкции двигателя, условий эксплуатации и качества моторных масел. Научно-обоснованный подбор, внедрение и определение норм расхода моторных масел.

Практическая значимость: Использование полученных данных при расчете объемов расхода моторных масел в большегрузных карьерных автосамосвалах.

Структура диссертации: работа содержит введение, 3 главы, 26 рисунков, 20 таблиц, список литературных источников из 43 наименований и заключение.

Основные результаты выполненной работы:

1. Дана классификация условий эксплуатации систем карьерного автотранспорта.
2. В систему активных воздействий на ресурс автосамосвалов органически входит прогрессивная система технического обслуживания и ремонта машин с использованием средств вибродиагностики.
3. Результаты исследований показывают, что с применением спектрально-феррографического анализа возможно оценить интенсивность износов деталей двигателя от наработки и определить место износа в двигателе, что

определяет практическую значимость данного метода не только при диагностике технического состояния двигателя, но и при решении научных задач по исследованию присадок и триботехнических составов.

4. Проведен подробный анализ современного ассортимента масел для карьерных автосамосвалов в соответствии со спецификациями и стандартами соответствия качества масел международным требованиям.

5. Проанализирована методика учета факторов влияющих на норму расхода моторных масел.

6. Получены результаты статистических данных по удельному расходу масла в зависимости от расхода топлива.

Выводы и рекомендации: в настоящее время в горных карьерах Республики Узбекистан для транспортировки горной массы используются импортные карьерные автосамосвалы, потребляющие значительную часть горюче-смазочных материалов (ГСМ). Поэтому экономное расходование ГСМ является одной из важных задач предприятий автомобильного транспорта.

С целью решения данной проблемы проведена работа по анализу расхода моторных масел различных автосамосвалов. В ходе, которой подробно исследовано и изучено влияние основных факторов, влияющих на расход моторных масел.

1. Изучены и подробно описаны необходимые эксплуатационные показатели качества моторных масел применительно к высоконагруженным дизельным двигателям, применяемым в карьерной технике,

2. Приведены методы проведения испытаний масел для определения технического состояния двигателя, и определения выработки и остаточного ресурса моторных масел.

3. Проведен анализ современного ассортимента моторных масел и описаны методы подбора моторных масел.

4. Разработана методика определения норм расхода масла в зависимости от удельного расхода топлива для большегрузных карьерных автосамосвалов.

5. Осуществлен анализ и сопоставление полученных значений норм расхода масла автосамосвалов БелАЗ 7513 и САТ 785В в зависимости от наработки двигателя с начала эксплуатации.
6. Проведен сравнительный анализ расхода масла на доливку вследствие потерь и угара, а также в зависимости от технического состояния двигателя.
7. Одним из важных результатов исследования является установление математической зависимости между удельным расходом топлива на 1 моточас работы двигателя и соответственно ей нормой расхода масла на доливку, с учетом возраста машины.

Магистрант

И.Р. Санакулов

Научный руководитель

к.т.н. доц. Н.М. Муминжанов

THE MINISTRY OF HIGHER AND SECONDARY SPECIALIZED
EDUCATION OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Faculty: Exploitation
of automobile transport**

**Chair: Technical exploitation
of automobiles**

Academic years: 2011-2013

Master student:

Iskandarbek R. Sanakulov

Scientific advisor: Ass. professor

Nigmat M. Mumindjanov

Speciality: 5A310604

«Automobiles and Automobile Enterprises»

**Abstract of the master dissertation on the theme: “Comparative analysis of
the motor oil consumption by heavy-duty quarry dump trucks”**

Urgency of the research: Nowadays the problem of resource saving becomes very important with the increasing of automobiles park operated in the Republic of Uzbekistan. Operation of the automobiles in good technical condition and proper performance of their maintenance service and repair in many respects depends on the quality and the rational use of lubricants. For the lubrication of heavy-duty engines of quarry dump trucks imported oils are used at the present time. Such oils are deficient and very expensive. In connection with this process “comparative analysis of motor oils consumption by heavy quarry dump-trucks” is an important scientific-technical task. In addition, the study of the motor oils consumption will allow significantly reduce their expenditure.

Currently, the consumption of motor oils of heavy-duty dump trucks, operated in heavy mining conditions, is influenced by various factors such as: heavy mountain operating conditions, the technical condition of the dump trucks, they are the cause of increased consumption of expensive engine oils. In this context the study of oils consumption depending on the capacity and technical condition of the engine, as

well as the operating conditions, has the great importance in the development of the economy of the country.

Aim of the research: comparative analysis of motor oils consumption by heavy-duty quarry dump trucks.

The following tasks have been put:

1. Analysis of the state of the investigated issue.
2. The analysis of the operating conditions and modes of maintenance of dump trucks.
3. Qualitative analysis of the current range of engine oils used in diesel engines.
4. Methods of assessment of operational properties of engine oils.
5. Research of motor oils consumption by dump trucks.
6. The analysis of the factors influencing on the changes of operational properties of motor oils.
7. Study of the existing methods of the analysis of motor oils consumption.
8. The collection and processing of information on motor oils consumption in engines of dump trucks operating in difficult mountainous conditions.

Subject of research: is the motor oils consumption by heavy quarry dump-trucks and factors influencing on them in the process of operation, and changing the properties of oils depending on engine operating time.

The object of the study: are taken motor oils brand SHELL Rimula X SAE 15W40, 76 T5X Heavy Duty, for diesel engines used on engines QSK 45 C (dump trucks BelAZ 7513) and CAT 3512 (dump trucks CAT 785 B).

Methods and methodology of the research: In accordance with the aim, systematic analysis of the experimental data was taken as the method of research. The results of the experimental studies have been chosen as the basis of the methodology of the study, in the course of which, the obtained data were processed, analyzed and summarized in tables and graphs for quick and qualitative comparison of the obtained results.

Scientific novelty: qualitative and quantitative dependence of the motor oils consumption with the construction of the engine, operating conditions and the

quality of motor oils. The science-based selection, introduction and establishment of standards of motor oils consumption.

Practical significance: possibility of using the obtained data for calculating the volume of motor oils consumption for heavy-duty quarry dump trucks.

The structure of the work: the book consists of introduction, three chapters, 26 figures, 20 tables, list of references and conclusion.

The main results of the performed work:

1. The classification of conditions systems operation of the career vehicles has been given.
2. A progressive system of maintenance service and repair of vehicles with use of means of vibration diagnostics forms an organic part of the system of active impacts on resource of dump trucks.
3. The results of the research show that, with the use of spectral-ferrographical analysis it is possible to estimate the intensity of wear and tear of the engine components depending on engine operation time and define the place of wear in the engine that determines the practical importance of this method not only at diagnostics of the technical condition of the engine, but also for solving scientific tasks of investigation of additives and tribotechnical compositions.
4. The detailed analysis of the current range of oils have been reviewed for quarry dump trucks in accordance with the specifications and standards of the quality of oils to the international requirements.
5. The procedure of accounting of factors affecting the rate of motor oils consumption will be examined.
6. The results of statistical data on the consumption of oil depending on the fuel consumption have been collected.

Conclusions and recommendations: at the present time in the mountain open pits of the Republic of Uzbekistan imported quarry dump trucks are used for the transportation of rock mass, which consume a significant part of the combustive-lubricating materials (CLM). According to that, the economical consumption of energy resources is one of the most important tasks of the road transport industry.

To solve these issues the work on the analysis of motor oils consumption of various dump trucks will be carried out. The importance of the impact of the main factors influencing on the consumption of motor oils have been studied and investigated in detail.

1. The necessary performance indicators of the quality of motor oils in relation to heavy-duty diesel engines which are used in mining engineering have been studied and described in detail.
2. For the determination of technical condition of the engine, also the definition of the output and a residual resource of motor oils have been provided methods for testing of oils.
3. The analysis of the current range of engine oils has been made and the methods of selection of motor oils for those or other sorts of engines have been described.
4. A new technique of definition of standards of oil consumption, depending on the specific fuel consumption for heavy-duty quarry dump trucks will have been developed.
5. The analysis and comparison of the obtained values of standards of oil consumption of dump trucks BelAZ 7513 and CAT 785B depending on engine operating time from the moment of the operation have been made.
6. The comparative analysis of the oil consumption on the refilling due to the loss and waste, depending on the technical condition of the engine has been carried out.
7. One of the most important results of the study is establishing the mathematical relationship between the specific fuel consumption per one hour of engine operation time and according to it the standard of the oil consumption on the refilling, taking into account the age of the machine.

Master student

Iskandarbek R.Sanakulov

Scientific advisor

Ass. Professor Nigmat M. Mumindjanov

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	12
Глава I. Состояние вопроса и задачи исследования	
1.1 Анализ условий эксплуатации автосамосвалов	18
1.2 Качественный анализ современного ассортимента моторных масел для большегрузных автотранспортных средств	26
1.3 Факторы, влияющие на срок службы и расход моторных масел в процессе эксплуатации	39
Выводы по главе	46
Глава II. Исследование изменений свойств моторных масел в процессе эксплуатации	
2.1 Основные эксплуатационные свойства моторных масел	47
2.2 Методы оценки физико-химических и эксплуатационных показателей моторных масел	54
2.3 Исследование изменений свойств моторных масел в процессе эксплуатации	62
Выводы по главе	72
Глава III. Сравнительный анализ расхода моторных масел для автосамосвалов	
3.1 Сбор информации по расходу моторных масел подконтрольных автосамосвалов	73
3.2 Анализ расхода моторных масел подконтрольных большегрузных карьерных автосамосвалов	80
Выводы по главе	101
4. Общие выводы	102
5. Список использованной литературы	103
6. Приложение	106

Введение

Республика Узбекистан обладает уникальными топливно-энергетическими ресурсами, которые для ее независимости и экономической мощи имеют определяющее стратегическое значение. Запасы нефти, газа и конденсата не только полностью обеспечивают собственные потребности, но и позволяют экспортировать энергоресурсы. На сегодняшний день это одна из самых выгодных сфер вложения капитала.

В период рыночных отношений и мирового экономического кризиса важное значение имеет топливно-энергетическое ресурсосбережение. Наш президент И.А. Каримов в книге “Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана”, высказал мнение: “повышение конкурентоспособности предприятий за счет введения жесткого режима экономии, стимулирования снижения производственных затрат и себестоимости продукции” [2].

Автомобильный транспорт играет ответственную роль в транспортном комплексе независимой Республики Узбекистан, регулярно обслуживая предприятия, организации [3].

Карьер Мурунтау является крупнейшим золотодобывающим предприятием Республики Узбекистан. Вся горная масса перевозится карьерными автосамосвалами либо в комбинации с ленточными конвейерами.

За годы разработки месторождения карьера Мурунтау накоплен большой опыт эксплуатации зарубежных карьерных автосамосвалов.

С начала 2007г. вводятся в эксплуатацию новые карьерные автосамосвалы БелАЗ 75131. Их технико-эксплуатационные показатели существенно не отличаются от самосвалов других зарубежных производителей, а по сравнению с самосвалами БелАЗ примерно такого же класса, эксплуатировавшимися в УАТ в конце 80-х начале 90-х, новые самосвалы отличаются высокой надежностью агрегатов и узлов, внедрением

современных электронных систем контроля параметров работы машины в целом.

Эффективность использования транспортных средств зависит от совершенства организации технического обслуживания (ТО) и планово-предупредительных ремонтов (ППР), позволяющих сохранять подвижной состав в определенных пределах значений параметров, характеризующих их способность выполнять требуемые функции по выполняемым работам. ТО подвижного состава и ППР его основных агрегатов – это комплекс мероприятий и процессов по поддержанию работоспособности или исправности транспортных средств, при использовании по назначению выполняемых работ.

Работа автосамосвалов в тяжелых горно-геологических условиях эксплуатации влияет не только на надежность, долговечность агрегатов, но и на изменение качества, ресурс и расход эксплуатационных материалов, в особенности моторных масел.

Расход моторного масла двигателем является не только одним из основных критериев технического состояния и ресурса двигателя, но и имеет больше влияние на общие эксплуатационные расходы, ввиду повышенной стоимости современных масел с присадками.

Расход масла двигателем складывается из расхода на периодическую замену всего масла находящегося в системе смазки и расхода компенсируемый доливом для поддержания требуемого уровня масла в картере.

Долив масла в двигатель – это уменьшение объема при работе поршневого двигателя, который вызывается сгоранием масла, проникающего в камеру сгорания, и испарением масла на нагретых деталях двигателя. Величина долива зависит от качества масла (его испаряемости, вязкости, индекса вязкости); режима работы двигателя (температуры, нагрузки, частоте вращения и др.)

В ряде случаев для новых двигателей расход масла на долив составляет 60-70% от его общего расхода. Для двигателей прошедших капитальный ремонт эта величина еще выше.

Автотранспортные предприятия, организации, предприниматели и другие независимо от форм собственности, эксплуатирующие автомобили, пользуются нормами топлива и масел, которые приводятся в справочно-нормативном документе O'z RH 88.20-01:2003 “Нормы расхода топлива и смазочных материалов автомобильным подвижным составом и строительно-дорожными машинами”. В настоящее время парк автомобилей Республики Узбекистан пополняется современными автомобилями отечественного и зарубежного производства. Ввод в эксплуатацию таких современных автомобилей нового поколения связан с рядом проблем:

- организация технического обслуживания и ремонта;
- разработка нормативов сервисного обслуживания;
- подбор ассортимента, разработка норм расхода и установление оптимальных сроков службы горюче-смазочных материалов и др.

Решение этих проблем требует значительных трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов, в первую очередь топлив, моторных масел, смазочных материалов, специальных и охлаждающих жидкостей.

Проблема повышения эффективности использования, экономии эксплуатационных материалов весьма сложна и многогранна.

Правильный подбор масла позволяет значительно продлить срок службы ДВС. Рациональное применение и экономное расходование моторного масла является актуальной задачей дня.

Применяя правильно подобранное масло, можно заметно улучшить экономическую эффективность использования двигателя за счет удлинения сроков их безотказной работы, уменьшения объема работы и снижения трудозатрат на эксплуатацию.

В связи с этим, определение норм и разработка методики расчета расхода масла является целью настоящей работы.

Актуальность темы: с возрастанием парка автомобилей эксплуатируемых в Республике Узбекистан проблемы ресурсосбережения приобретают важное значение. Поддержание автомобилей в технически исправном состоянии во многом зависит от диагностики и качественного проведения их технического обслуживания и ремонта, качества применяемых смазочных материалов. Для системы смазки двигателей большегрузных карьерных автосамосвалов в настоящее время используют импортные масла, отвечающие требованиям заводов-изготовителей двигателей. Такие масла остродефицитны и дорогостоящие. В связи с этим, проведение “сравнительного анализа расхода моторных масел большегрузных карьерных автосамосвалов” является важной научно-технической задачей. Кроме того, исследование расхода моторных масел позволит существенно снизить затраты на смазочные материалы.

В настоящее время на расход моторных масел большегрузных автосамосвалов, эксплуатируемых в тяжелых карьерных условиях, влияют такие факторы как: сложные горно-геологические условия карьера, режим работы автосамосвалов и их техническое состояние, являющиеся причиной повышенного потребления дорогостоящих масел. В связи с этим, исследование расхода масел в зависимости от мощности и технического состояния двигателя, а также условий эксплуатации, имеет большое значение, в условиях рыночных отношений, в снижении себестоимости перевозок и экономии материальных затрат.

Цель: Сравнительный анализ расхода моторных масел для большегрузных карьерных автосамосвалов.

Задачи:

1. Анализ состояния вопроса.
2. Анализ условий эксплуатации, диагностики, технического обслуживания и ремонта автосамосвалов.
3. Качественный анализ ассортимента современных моторных масел используемых в дизельных двигателях.

4. Методы оценки эксплуатационных свойств моторных масел.
5. Исследования расхода моторных масел автосамосвалами.
6. Анализ факторов влияющих на изменение эксплуатационных свойств моторных масел.
7. Изучение существующих методов анализа расхода моторных масел.
8. Сбор и обработка информации по расходу моторных масел в двигателях автосамосвалов эксплуатирующихся в тяжелых горных условиях.
9. Определение и оценка факторов влияющих на расход моторных масел.

Предметом исследования является расход моторных масел большегрузных карьерных автосамосвалов и факторов влияющих на них в процессе эксплуатации, изменение свойств масел в зависимости от наработки двигателя.

Объектом исследования были взяты моторные масла марки SHELL Rimula X SAE 15W40, 76 T5X Heavy Duty, 76 Guardol QLT для дизельных двигателей используемые на двигателях QSK 45 C (автосамосвал БелАЗ 7513) и CAT 3512 (автосамосвал CAT 785 B), и отвечающие требованиям заводов изготовителей.

Методы и методология исследования: в соответствии с поставленной задачей за основу метода исследования был взят системный анализ экспериментальных данных.

В основе методологии исследования были положены результаты экспериментальных исследований, в ходе которых, в соответствии с планом эксперимента, полученные данные были обработаны, проанализированы и сведены в таблицы и графики, позволяющие быстро и качественно сопоставлять полученные результаты.

Научная новизна: Качественное и количественное выявление зависимости расхода моторных масел с учетом конструкции двигателя, условий эксплуатации и качества моторных масел. Научно-обоснованный подбор, внедрение и определение норм расхода моторных масел.

Практическая значимость: Использование полученных данных при расчете объемов расхода моторных масел в большегрузных карьерных автосамосвалах.

Структура диссертации: работа состоит из введения, 3-х глав, 26 рисунков и 20 таблиц, список литературных источников из 39 наименований и заключение.

Глава I. Состояние вопроса и задачи исследования

1.1. Анализ условий эксплуатации автосамосвалов

1.1.1. Общие сведения

Система карьерного автотранспорта – это одна из наиболее сложных и динамичных технических систем горного производства, от надежного функционирования которой зависит не только работа самого горного предприятия, но и смежных производств – обогатительных фабрик, перегрузочных пунктов и пр.

Учитывая существенную составляющую в экономике народного хозяйства страны горнодобывающей промышленности и то, что значительная доля ее сосредоточена в отдаленных регионах, при интенсивном вовлечении в отработку небольших по размерам месторождений полезных ископаемых карьерный автотранспорт будет на ближайшие 20-30 лет оставаться одним из самых перспективных.

Эксплуатация средств автомобильного транспорта в глубоких карьерах имеет существенные особенности, определяющие, в конечном счете, его эффективность [26].

Эти особенности заключаются в следующем:

- непрерывный (двух-трехсменный) режим работы автосамосвалов;
- сложный профиль автомобильных дорог (спуски и подъемы с большими продольными уклонами - величина средневзвешенного уклона достигает 6%, наличие серпантинных, затяжных поворотов и т.д.);
- преобладающее направление движения с грузом на подъем;
- большое количество временных автомобильных дорог с щебеночным покрытием (до 85-90%), некачественное состояние дорожного полотна;
- постоянное ухудшение условий эксплуатации, связанное с понижением горных работ до 18-20 м в год, а в зоне реконструкции карьеров до 50-60 м в год;
- жесткие климатические условия, когда перепад температур в штилевой период достигает 20°C между верхней и нижними отметками карьера;

Задача выбора модели автосамосвала для конкретных условий эксплуатации в последние годы становится для горнодобывающих предприятий все более актуальной. Самостоятельность предприятий позволяют специалистам учитывать в проектах использование не только машин производства стран СНГ, но и зарубежных аналогов. При этом часто возникает ситуация, когда эксплуатационники одновременно могут рассматривать до 3-5 альтернативных моделей самосвалов одного класса грузоподъемности. При использовании машин грузоподъемностью более 120 т, возникает проблема выбора еще и типа трансмиссии – с гидромеханической (только фирма «Caterpillar») или с электромеханической (БелАЗ, «Dresser», «Euclid», «Unit Rig», «Komatsu») [26].

Один из основных показателей, характеризующих самосвал – срок его службы. И хотя одни и те же машины на различных предприятиях имеют отличающиеся (до 2 раз) фактические сроки службы, определяющим критерием, указывающим на преимущество определенной фирмы, является то, что стоимость запасных частей в течение срока службы транспортного средства отнесенная на единицу транспортной работы или на мото-час, должна быть минимальной.

Автосамосвалы особо большой грузоподъемности ведущих фирм имеют ресурс 60000 мото-часов (мч). При этом определяющим узлом машины является рама, срок службы которой должен быть равен сроку службы транспортного средства. Как показывает практика, срок службы машин зависит в основном от горнотехнических условий [4].

- . Кроме того, необходимо учитывать следующие факторы:
 - средневзвешенную высоту подъема горной массы, а не глубину карьера;
 - модель автосамосвала (машины одного класса грузоподъемности имеют различные эксплуатационные показатели - КТг, производительность и т.д.);
 - партию машин, так как порой качество последующей партии может уступать качеству предыдущей.

Значительным резервом в повышении эффективности эксплуатации машин является использование всех потенциальных возможностей существующей системы ППР.

В настоящее время на большинстве автобаз карьеров по ряду причин практически не проводят плановых ремонтов. В то же время за рубежом до 30% регламентированных ремонтов на автосамосвалах производится до отказа детали.

По данным АО «Промтрансипроект», на карьере «Мурунтау» после внедрения требуемой технологии строительства и содержания дорог были существенно улучшены показатели работы автотранспорта: расход топлива снизился на 7%, себестоимость транспортирования - на 3%, пробег шин увеличился на 18%, коэффициент использования парка - на 15% и т.д. Кроме того, при планировании дорожных работ необходимо учитывать и то, что на большинстве карьеров наблюдается устойчивое увеличение числа отказов в летнее время (на 25%) по сравнению с зимним периодом [26].

Определенного внимания заслуживает отчетная информация о работе подвижного состава на горнодобывающих предприятиях, которая содержит от 30 до 50 технико-экономических показателей (ТЭП). При этом во всех отчетах отсутствуют данные, указывающие возраст одного среднесписочного самосвала, высоту подъема груза, что препятствует выполнению сравнительной оценки эффективности эксплуатации машин на различных предприятиях.

Кроме того, целесообразно обоснование максимально допустимой скорости движения самосвалов в карьере, а также регламентирование требований к ровности дорожного полотна.

Расширение области применения автотранспорта при углублении карьеров и ограничении карьерного пространства с учетом климатического фактора изменяет экологическую обстановку на горных предприятиях в худшую сторону. На ряде месторождений складывается ситуация, когда их доработка открытым способом при дальнейшей недооценке экологических

аспектов будет невозможна или малоэффективна. И хотя вопросам проветривания карьеров посвящено немало исследований, простой их по причине загазованности достигают до 2500 ч в год. Поэтому при выборе модели автосамосвала и дизеля необходимо учитывать расход топлива. В одних и тех же горнотехнических условиях топливная экономичность различных моделей самосвалов отличается до 65% на единицу транспортной работы. Перспективным является оснащение нейтрализаторами и системами пылегазоочистки. Целесообразно для каждой модели автосамосвала составлять экологический паспорт за весь срок службы [5].

1.1.2 Дорожные условия

Выемка и транспортирование – основные процессы технологии добычи полезного ископаемого. Если на долю процесса выемки приходится порядка 20-25% затрат на открытую разработку месторождений, то на перемещение горных пород 30-50%. Для обеспечения эффективности процесса выемки применяются различные способы подготовки горных пород, основным из которых является разупрочнение горного массива с помощью буровзрывных работ. Доля затрат на эти работы достигает до 30-40% от полной стоимости открытой добычи.

Работы по подготовке процесса перемещения горных пород включают проходку вскрывающих выработок и транспортных берм и сооружение транспортных коммуникаций. Затраты же на сооружение и содержание технологических автодорог карьеров составляют в основном 5–8% от затрат на транспортирование горной массы автотранспортом, или 1,5–4,0 % от полной стоимости открытой добычи. Причем не менее двух третей от них идет на содержание и ремонт [5].

Дороги на рабочих уступах, срок службы которых, как правило, от нескольких месяцев до одного-полутора лет, выполняются в виде выравнивающего слоя толщиной 20-30 см на скальном грунте и порядка 50 см, если рабочий уступ представлен слабонесущими породами. Этот слой формируется чаще всего из мелкодробленых вскрышных пород и

уплотняется бульдозерами и грейдерами в процессе планировки, а затем автосамосвалами в процессе их рабочего движения. Естественно, степень уплотнения таких дорог недостаточна и весьма неравномерна.

Дефекты проезжей части дороги, определяющие ее ровность, и просыпи горной массы с кузова автосамосвалов являются существенными факторами затрат по основным статьям калькуляции себестоимости тонно-километра автотранспортной работы (рис 1.1). Причинами деформаций и разрушений проезжей части технологических дорог являются недостаточная прочность дорожных одежд, конструкция которых лишь приближенно учитывает природные условия работы дорог, параметры перемещающегося автотранспортного потока, и физико-механические свойства материалов, а технология строительства и ремонта весьма упрощена.

По данным разных исследований за счет обеспечения конструкций дорог и дорожных одежд, соответствующих параметрам автотранспортного потока и более тщательного строительства и содержания дорог, возможно снизить затраты на технологический транспорт по отдельным статьям на 20 – 60%.

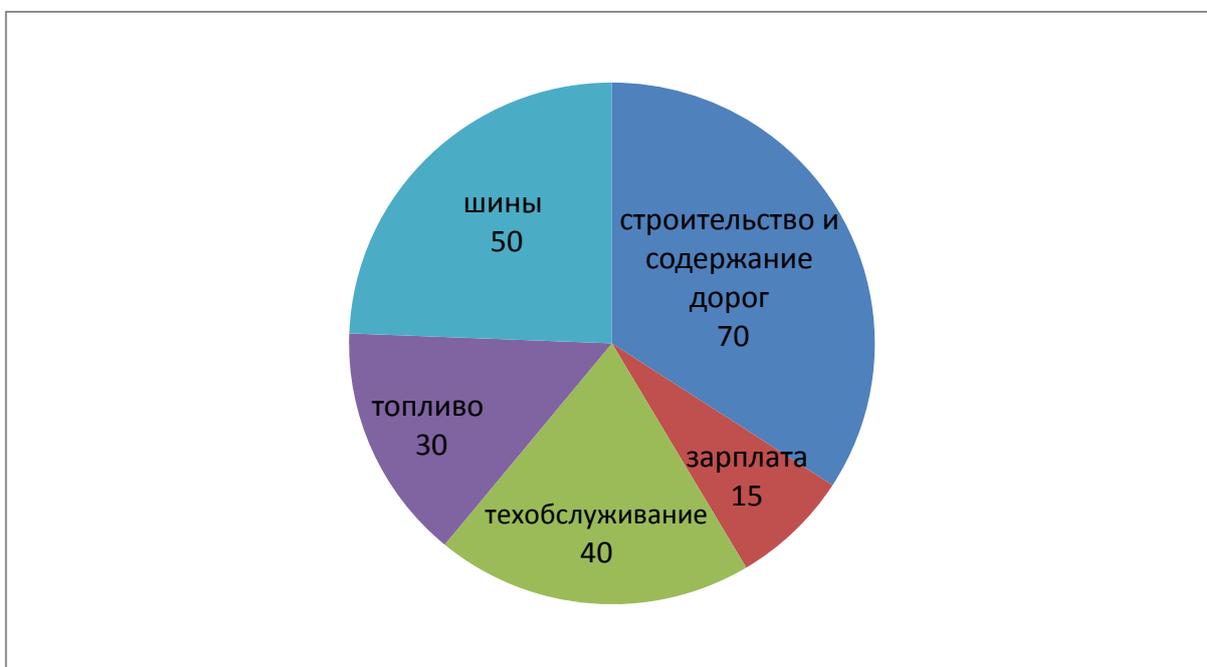


Рис.1.1 Влияние дорожных условий на снижение (в %) основных статей затрат на автотранспорт горной массы.

Совершенствование дорожных условий эксплуатации технологического транспорта, особенно на крупных карьерах, использующих автосамосвалы грузоподъемностью 110-130 и более тонн, они – важный резерв повышения эффективности открытой разработки месторождений.

В то же время, учитывая структуру себестоимости автотранспортных работ и данные на рис.1.1, дорожные условия определяют, по крайней мере, 23 – 27 % затрат на перемещение горной массы автосамосвалами. Наиболее значимым свойством дорог, определяющим сопротивление качению, скорость и производительность автосамосвалов, расход топлива (следовательно, и расход масла), и автошин, износ автосамосвалов, а также безопасность и комфортабельность поездки, является ровность покрытий, определяемая прочностью дорожной одежды и технологией ее строительства и содержания.

Улучшение транспортно – эксплуатационных качеств дорожных покрытий - временных дорог обеспечит повышение скорости и производительности автосамосвалов и снижение расхода топлива (см. таблицу 1.1) [26]. Расчеты, выполненные институтом Промтрансниипроект показывают, что эффективность полной реализации технологии строительства автодорог в горных карьерах составит (%):

Снижение расхода топлива и масла	7
Снижение затрат на капитальный ремонт	25
Повышение производительности автотранспорта	3
Повышение использования парка автомобилей	15
Повышение пробега крупногабаритных шин	18
Реальное повышение качества вскрывающих автотранспортных коммуникаций карьеров, по мнению ведущих специалистов, может быть достигнуто на Основе системного подхода к их проектированию, строительству и содержанию [26].	

Длина трассы забой-разгрузка, км	Доля дорог без покрытия, ед (временных дорог, м)	Средне взвешенное сопротивление качению, Н/т **	Основная часть дороги с щебеночным покрытием (W=0,03)			Основная часть дороги с асфальтобетонным покрытием (W=0,015)		
			Среднетехническая скорость, км/ч	Производительность автосамосвала, т/смену	Расход топлива за рейс, л	Среднетехническая скорость, км/ч	Производительность автосамосвала, т/смену	Расход топлива за рейс, л
1,0	0,3 (300)	390/285	23,4	2031	15,43	26,2	2107	14,0
	0,2 (200)	360/240	24,1	2050	15,07	27,5	2140	13,4
	0,0 (0)	300/150	25,5	2090	14,35	30,6	2207	12,3
1,5	0,5 (750)	450/375	22,2	1696	22,12	23,9	1753	20,6
	0,3 (450)	390/285	23,4	1737	21,05	26,2	1821	18,9
	0,0 (0)	300/150	25,5	1802	19,44	30,6	1935	16,3
2,0	0,5 (1000)	450/375	22,2	1476	28,10	23,9	1533	26,0
	0,3 (600)	390/285	23,4	1517	26,60	26,2	1604	23,7
	0,0 (0)	300/150	25,5	1583	24,52	30,6	1722	20,4
3,0	0,5 (1500)	450/375	22,2	1171	40,06	23,9	1226	37,0
	0,3 (900)	390/285	23,4	1210	37,91	26,2	1294	33,6
	0,1 (300)	330/195	24,8	1252	35,77	29,0	1371	30,2
	0,0 (0)	300/150	25,5	1275	34,60	30,6	1412	28,5

Примечание:

* При $i_{св}=4,5\%$ и коэффициенте сопротивления качению участка временной дороги $W=0,06$.

** В числителе – средневзвешенное сопротивление качению при основной части дороги с щебеночным покрытием; в знаменателе – то же самое с асфальтобетонным покрытием.

Таблица 1.1 Влияние качественных характеристик дорожных условий на показатели работы автосамосвалов

грузоподъемностью 90 т.*

1.2. Качественный анализ современного ассортимента моторных масел для большегрузных автотранспортных средств

Смазочные материалы, как и другие современные промышленные материалы, состоят из основного, базового материала — базовых масел и активных добавок - присадок улучшающих его функциональные свойства. Для каждой конкретной условий эксплуатации и типа транспортного средства применяют моторные масла с оптимальными эксплуатационными свойствами. Это обуславливает большой ассортимент масел. Производство большого количества разновидностей масел технически и экономически нецелесообразно. Во избежание этого, нефтеперерабатывающая промышленность выпускает ограниченное количество базовых масел, которые смешиваются между собой и с присадками на маслосмесительных заводах для получения товарных масел (commercial oils, service oils) с необходимыми эксплуатационными свойствами. Производство товарных масел состоит из двух стадий - производства базовых масел и смешения компонентов (компаундирования).

Качество товарного масла зависит от типа исходной нефти, способа получения базового масла, глубины химического превращения и очистки. В описаниях продукта часто указываются особенности производства и состава. Присадки и их наборы (пакеты) поставляются на рынок компаниями и заводами химической промышленности в большом ассортименте. Часто это пакеты, полностью готовые для получения масла определенного класса (уровня качества). Маслосмесительные заводы по компаундированию масел имеют достаточно большой выбор в зависимости от потребности потребителей [29].

При современном уровне развития двигателестроения использование масла без присадок практически невозможно, т.е. невозможно создание масел, которые обеспечили бы эффективную защиту двигателя и одновременно не разрушались и старели в течение длительного времени. По этой причине все современные моторные масла содержат в своем составе

пакет присадок, содержание которых суммарно может достигать не более 20%. На сегодняшний день в моторных маслах обычно используют несколько типов присадок:

1. Вязкостно-загущающие присадки
2. Моющие присадки (детергенты)
3. Диспергирующие присадки (дисперсанты)
4. Противоизносные присадки
5. Ингибиторы окисления (антиокислительные присадки)
6. Ингибиторы коррозии и ржавления
7. Антипенные присадки
8. Модификаторы трения
9. Депрессорные присадки.

СОВРЕМЕННЫЙ АССОРТИМЕНТ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Таблица 1.2 Ассортимент масел торговой марки Shell Rimula

Наименование продукта	Соответствие международным классификациям			Кинематическая вязкость при 40 ⁰ и 100 ⁰ С мм ² /с	Плотность при 15 ⁰ С, кг/м ³	Температура, ⁰ С		Щелочное число, мг КОН/гр, н/м	Зольность сульфатная, %, не более
	SAE	ACEA	API			Вспышки в открытом тигле, не ниже	Застывания не выше		
SHELL									
Shell Rimula Signia	10w40	E7/E6/E4	CI-4	82,0/13,0	850	251	-36	9,5	0,9
Shell Rimula Ultra	5W/30	E4/E3	CF	68/11.6	855	230	-39	16	1.9
	10W/40	E7/E5/E4	CF	91.5/14.3	858	220	-39	16	1.9
Shell Rimula Ultra XT	5W/40		CH-4/CG-4/CF-4/CF	82,8/14,3	846	198	-42	11	1,47
Shell Rimula Super	15W40	E7/E5/E3	CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF	110/14.7	888	230	-33	10	1.2
Shell Rimula Super FE	10W40	E7/E5/E3	CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF	97/14.6	882	220	-36	10	1.2
Shell Rimula X	10W	E3	CF	43/7	885	219	-33	10.8	1.4
	30		CF	93/11	890	242	-18	10.8	1.4
	10W30		CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF	71/11	881	205	-36	10.8	1.4
	15W40		CF	106/14.4	886	230	-33	10.8	1.4
Shell Rimula D EXTRA	10W30	E2	CG-4/CF-4/CF	71/11.0	878	205	-35	8.2	1.1
	15W40			105/14.3	887	226	-30	8.2	1.1
Shell Rimula D	10W30		CF-4/SG, CF	71/10.8	878	190	-35	-	-
	15W40			104/14.0	890	210	-30	-	-
	30			68/11.6	891	240	-18	-	-
Shell Rimula C	10W30		CD/SE	67.7/10.7	874	196	-30	-	-
	15W40			107.1/13.9	884	205	-27	-	-

Shell Rimula Ultra

Синтетическое дизельное масло с максимально высокими характеристиками, превышающее самые последние европейские спецификации и отвечающее растущей потребности рынка в “энергосберегающих” маслах.

Спецификации/допуски: ACEA E4/E3, API CF, MB 228.5/225.6, DAF HP1 (5W-30)/HP2 (10W-40), MAN M3277, Volvo VDS-2, RVI RXD (10W-40), MTU тип 3, Scania LDF (10W-40) [6].

Shell Rimula Super

Современное дизельное масло экстра-класса, специально разработанное в соответствии с требованиями самых последних наиболее экологически безопасных дизельных двигателей, повсеместно используемых в грузовом автомобильном транспорте и внедорожной технике.

Спецификации/допуски: API CH-4/CG-4/CF-4/CF, ACEA E5/E3, Global DHD-1, MAN M 3275, MB 228.3, RVI RLD, Scania ACEA E5, Volvo VDS 2, Cummins CES 20071/72/75/76/77, Mack EO-M+, JASO DH-1, Hino/Isuzu DH-1.

Shell Rimula X

Высококачественное масло для современных высокооборотных турбированных дизелей тяжелой, внедорожной и сельскохозяйственной техники, грузового автотранспорта.

Спецификации/допуски: всесезонные: API CG-4/CF-4/CF, ACEA E2, MB 228.1, MAN 271, Volvo VDS, Mack EO-L (15W-40), GM Allison C-4 (15W-40), Hino, JASO, Komatsu, ZF TE-ML 04C-07C (15W-40)

летние и зимние: API CF, ACEA E2, MB 228.0, MAN 270, Mack EO-K2 (30), MIL-L-2104F, MTU тип 1 (30), GM Allison C-4 (30), Caterpillar TO-2, Komatsu, ZF TE-ML 03B (10W) 02C-04B (30) [6].

Масла Shell Rimula X – это смазочные материалы с высокими техническими характеристиками для двигателей, работающих в тяжелых условиях эксплуатации. Масло разработано для применения для применения на всех дизельных двигателях. Передовая технология системы присадок содержит наиболее эффективное щелочное моющее свойство, что улучшает

сохранение общего щелочного числа. Отличная диспергируемость заметно сокращает риск образования горячего и холодного нагара в емкости картера. Исключительная устойчивость к высоким температурам масла Shell Rimula X являются его отличительным свойством. Углеродные и лаковые отложения на основных движущих частях, что вызвано высокими температурами двигателя, эффективно контролируются улучшенными **функциональными присадками**.

По результатам анализа свежего и работающего масла Rimula X SAE 15W40 рекомендуемого к замене на большегрузной технике в центральной лаборатории ГСМ УАТ НГМК имеется статистика о достаточно большом остаточном ресурсе рекомендуемого к замене масла. По результатам анализа масло Rimula X SAE 15 W40 вырабатывает ресурс не более чем на 70% по следующим показателям:

Таблица 1.3 Браковочные показатели моторных масел

Параметры	Свежее масло Rimula X SAE 15W40	Масло рекомендуемое к замене. Нароботка 250 мчас.	Значение параметров, при которых рекомендуется замена масла.
Кинематическая вязкость, сСт	14-15	12,5-14,0	Ниже 12,5 выше 14
Щелочное число, мг КОН/гр	9-10	5,95-8,45	Ниже 4,5
Окисление масел, А/0,1 мм (ИК спектроскопия)	0	0,04-0,10	1,0
Сажа А/0,1 мм (ИК спектроскопия)	0	0,05-0,20	0,7
Антизадирные присадки А/0,1 мм (ИК спектроскопия)*	0	-0,05 до -0,1	-1

*Параметр имеет отрицательное значение из-за выработки добавки и уменьшения ее количества в образце.

По физико-химическим параметрам и результатам ИК-спектроскопии масло значительно не вырабатывает ресурс. Окисление, сульфатация (образование продуктов реакций соединений серы как результат сжигания серосодержащих топлив), содержание сажи, выработка антизадирной присадки чаще всего гораздо ниже типичных результатов рекомендуемых фирмой Shell.

Присутствие присадок в первую очередь металлосодержащих во многом определяет антиокислительные и высокотемпературные свойства масла, их срабатываемость приводит к снижению эффективности работы моторного масла, о чем обычно судят, прежде всего, по снижению **щелочного числа работающего масла**. Уменьшение во время работы значения щелочного числа до некоторой критической величины свидетельствует о его интенсивном старении. Значение этой величины зависит от природы моющих, диспергирующих и антиокислительных присадок [7]. При этом рост кислотности и вязкости по мере уменьшения щелочного числа происходит симбатно, т.е. накопление продуктов старения в моторных маслах находится в строгой зависимости от уменьшения запаса щелочности (величины остаточного щелочного числа). Значительное снижение щелочного числа вызывает риск образования высокотемпературных отложений.

Однако нет единого мнения о том, какое конкретно значение щелочного запаса удовлетворяет минимум требованиям работоспособности масла. Фирма “Caterpillar” рекомендует производить замену масла, если щелочное число упало не более чем на $\frac{1}{2}$ от значения свежего масла. Но эти рекомендации даны с запасом, они предназначены и для тех случаев, если не проводится лабораторный анализ масел, т.е. в отсутствии лаборатории испытания масел [22].

В маслах, предназначенных к замене при наработке 250 мчас, идет более интенсивно. График выработки щелочного числа в маслах двигателей, работающих в тяжелых условиях, имеет следующий вид:

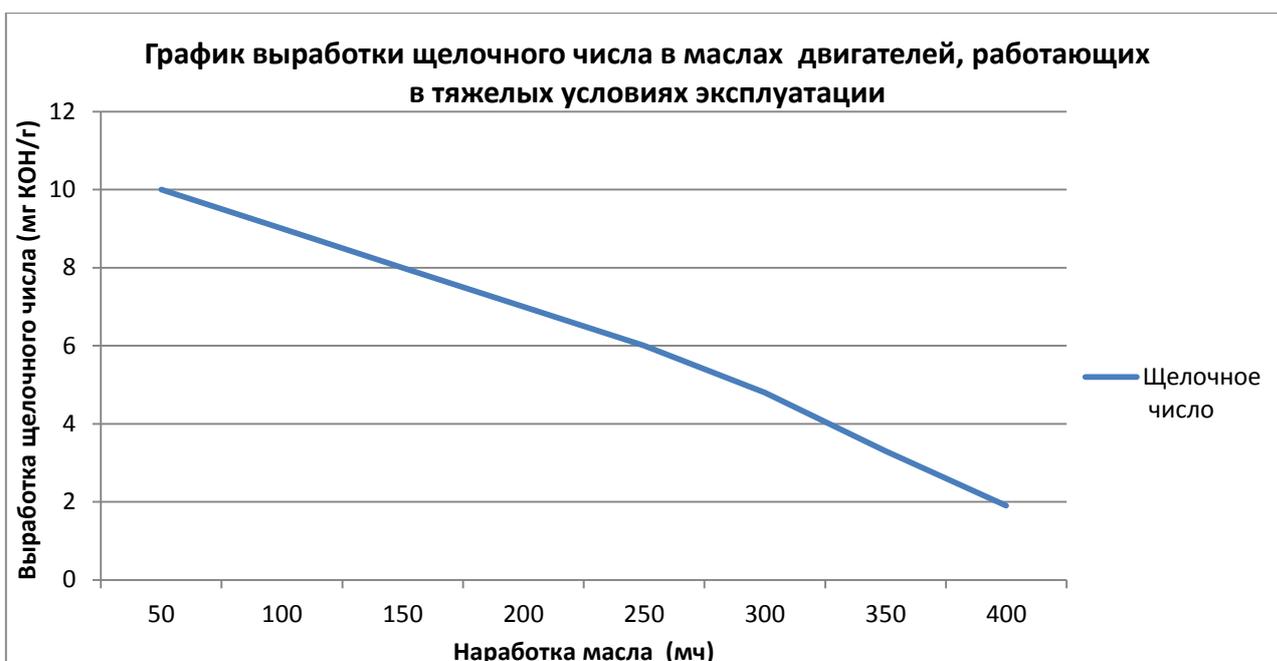


Рис. 1.3 Зависимость выработки щелочного числа в зависимости от наработки двигателя.

При работе двигателя в тяжелых условиях на какой-то критической точке от 350 до 370 мчас начинается процесс резкой выработки щелочного запаса масла. По этой причине не рекомендуется использовать масло Shell Rimula X эксплуатационного класса CF-4 более, чем на 350-370 мчас.

Если масло не вырабатывает свой ресурс, то возникает экономическая проблема, если значительно вырабатывает ресурсный срок, то это может привести в условиях тяжелой эксплуатации к отказу двигателя – возникает техническая проблема значительно более дорогостоящая. Переход же на более длительную работу масла до 350-370 мчас не выгоден (регламентное обслуживание 250 мчас) прежде всего из-за того, что необходимо будет дополнительно вызывать технику с карьера на участок ТО для проведения работ [22].

Таблица 1.4 Ассортимент масел торговой марки 76 CONOCO PHILLIPS

Наименование продукта	Соответствие международным классификациям			Кинематическая вязкость при 40 ⁰ и 100 ⁰ С мм ² /с	Плотность при 15 ⁰ С, кг/м ³	Температура, ⁰ С		Щелочное число, мг КОН/гр, н/м	Зольность сульфатная, %, не более
	SAE	ACEA	API			Вспышки в открытом тигле, не ниже	Застывания не выше		
CONOCOPHILLIPS 76									
76 Synthetic HD Arctic motor oil	0W30		CH-4/CG-4/CF-4/CF, SJ	65/11,6	851	188	-45	9.7	1.2
76 Royal Triton QLT Motor oil	15W40	E5/E3	CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF	109	15.2	230	-43	13.1	1.65
76 Quardol QLT Monogrades	30		CF/SL/SJ	92/11.1	879	240	-33	9.3	1.18
	40			141/15.0	882	246	-33	9.3	1.18
	50			214/20.0	892	262	-30	9.5	1.18
76 Quardol QLT Multigrades	10W30	E-5	CI-4 plus, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF, SL, SJ	77.3/11.5	876	222	-36	12,0	1,49
	15W40			116/15.2	879	229	-30	12,0	1,49
76 T5X Heavy Duty Monogrades	10W		CF-2, CF	48/7,5	872	215	-39	7.5	0.94
	20W20			72/8.5	875	215	-36	7.5	0.94
	30			92/11	879	240	-33	8.1	1.0
	40			149/15.4	879	241	-27	8.1	1.0
	50			207/20	887	252	-27	8.1	1.0
76 T5X Heavy Duty Multigrades	15W40		CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF, SL, SJ	115/15.2	877	228	-31	9.3	1.2

76 Guardol QLT Multigrades

76 Guardol QLT – это высококачественные всесезонные моторные масла, соответствующие требованиям широкого ряда производителей дизельных и бензиновых двигателей США, Японии и Европы. Эти масла предназначены для использования в карьерных дизельных грузовиках, в автотракторной и сельскохозяйственной технике, легких грузовиках и легковых автомобилях, работающих в различных эксплуатационных условиях. Формула этих масел основана на технологии уникальных химических присадок 76 QLT, что обеспечивает исключительную защиту от износа, препятствует образованию сажи и шлама, предохраняет коррозию подшипников, как в традиционных двигателях, так и в двигателях, оборудованных турбокомпрессорами и EGR. Всесезонные масла 76 Guardol QLT соответствуют требованиям API: CI-4 Plus, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF и SL или превосходят их. Они обладают новыми стандартами для Caterpillar ECF-1, Komatsu, Cummins CES 20078, DDC Powerguard 93K214, Mack EO-M Plus и Volvo VDS. Всесезонные масла 76 Guardol QLT обладают дополнительными свойствами, значительно увеличивающими интервалы между сменами масла по сравнению с другими маслами.

Применяется в парках карьерных дизельных грузовиков, небольших дизельных и бензиновых грузовиков и легковых автомобилей, используемые в неблагоприятных условиях, работающие на высокосернистом топливе и на экологически вредном дизельном топливе.

Прекрасно защищает от износа и сохраняет свои качества при высоких температурах. Обладает прекрасной прокачиваемостью при низких температурах, имеет наивысшие свойства детергентов и дисперсантов, что эффективно препятствует загрязнению двигателя и образованию шлама. Отлично противостоит окислению, надежно защищает от ржавления и коррозионного износа подшипники; имеет высочайшую защиту против образования сажи и абразивных осадков, ухудшающих смазывающие свойства масла; отличные щелочные свойства позволяют нейтрализовать

кислотные продукты, образующиеся при сгорании топлива; хорошая устойчивость к образованию пены и насыщению масла мельчайшими пузырьками; Одобрено гарантийными условиями (Product Quality Limited Warranty) [30].

76 T5X Heavy Duty Multigrades

76 T5X Heavy Duty 15W-40 – это высококачественное универсальное моторное масло, которое соответствует требованиям большого ряда производителей дизельных и бензиновых двигателей. Это масло разработано для использования в дорожных дизельных грузовиках, стационарном дизельном оборудовании, сельскохозяйственной технике, автобусах и легких грузовиках, и пригодно для всех режимов эксплуатации. Особенно рекомендуется его использование в дизельных двигателях, работающих с большой нагрузкой. Особая формула масла прекрасно защищает от износа, предотвращает выпадение осадков и отложения сажи, а также не допускает коррозии, как в обычных дизельных двигателях, так и в двигателях, оснащенных системой рециркуляции отработанных газов (EGR).

Масло 76 T5X Heavy Duty SAE15W-40 соответствует всем требованиям стандартов API CI-4 Plus, CI-4, CH-4, CG-4, CF-4, CF, и SL или превосходит их. Оно также соответствует требованиям рабочих параметров стандартов Caterpillar ECF-1, Cummins CES 20078, Mack EO-N Premium Plus (2003), и Volvo VDS-2. Масло обеспечивает эффективную защиту в дизельных двигателях, оснащенных EGR, и даёт возможность увеличить промежуток между сменами масел в обычных, не оснащенных EGR дизельных двигателях.

Отличная защита от износа и устойчивость к воздействию высоких температур; Высокое содержание дисперсантов и детергентов защищает двигатель от шламовых и лаковых отложений; Отличная сопротивляемость окислению; Отлично защищает подшипники от ржавления и коррозии; Отлично защищает от абразивного износа и повышения вязкости масла,

вызываемого сажей; Отличные нейтрализующие качества; хорошая сопротивляемость пенообразованию и аэрации.

В управлении автотранспорта используется моторное масло фирм ConocoPhillips марки 76 T5X Heavy Duty предназначенное для использования в дорожных дизельных грузовиках. В период применения масла 76 T5X Heavy Duty на большегрузной технике УАТ физико-химические показатели при наработке 250 мч ухудшились. Количество элементов износа выросло.

После чего поступило масло марки 76 Guardol QLT. Это масло в первую очередь предназначено для использования в карьерных дизельных автосамосвалах. Отличительные характеристики этого масла:

- прекрасно защищает от износа и сохраняет свойства при высоких температурах;
- отлично противостоит окислению;
- надежно защищает от ржавления и коррозионного износа;
- имеет высочайшую защиту против сажи;
- отличные щелочные свойства позволяют нейтрализовать кислотные продукты при сгорании топлива даже с большим содержанием серы.

Благодаря технологии уникальных химических присадок 76 QLT, это масло обладает дополнительными свойствами, увеличивающими интервалы между сменами масла по сравнению с другими маслами. Данные характеристики масла подтвердились лабораторными анализами. Содержание элементов уменьшилось. Физико-химические параметры улучшились. Т.е. при наработке 250 мч ресурс масла остается высоким. Таким образом, при использовании масла марки 76 Guardol QLT SAE 15W40 увеличится ходимость транспорта, сократится объем масла при замене на ТО и в результате значительно сократится потребление свежего масла.

Таблица 1.5 Ассортимент масел торговой марки TEXACO

Наименование продукта	Соответствие международным классификациям			Кинематическая вязкость при 40 ⁰ и 100 ⁰ С мм ² /с	Плотность при 15 ⁰ С, кг/м ³	Температура, °С		Щелочное число, мг КОН/гр, н/м	Зольность сульфатная, %, не более
	SAE	ACEA	API			Вспышки в открытом тигле, не ниже	Застывания не выше		
TEXACO									
URSA ENERGY	10W30	E5	CH-4		75.0/11.5	146	214	-35	11.6
URSA SUPER TD	15W40	E3/E5	CH-4		105/14.4	137	220	-39	10.5
	20W50	E3	CG-4		159/18.4	129	224	-33	10.5
URSA SUPER FE	10W30	D4, PD-2, G4	CF-4/CE/SG		73.5/11.5	149	214	-36	11.0

URSA SUPER TD 10W-40 и URSA SUPER TD 15W-40

URSA SUPER TD 10W40 – частично синтетическое масло для дизельных двигателей, работающих в тяжелых условиях. Содержит тщательно сбалансированный пакет присадок, включающий вязкостную присадку для увеличения индекса вязкости, что обеспечивает стабильность свойств в течение длительного периода эксплуатации.

Обладает великолепными противопенными, а также детергентно-диспергирующими свойствами, обеспечивающую чистоту поверхностей двигателя даже в тяжелых условиях эксплуатации при условии строгого соблюдения рекомендаций по замене масла.

URSA SUPER TD 15W40 рекомендовано для тяжело-нагруженных дизельных двигателей грузовиков и автобусов, в том числе с турбонаддувом, и/или когда требуется увеличенный интервал замены. Рекомендуемые интервалы замены масла приводятся в руководствах по эксплуатации производителей соответствующего оборудования. URSA SUPER TD 15W40 отвечает высоким эксплуатационным требованиям к маслам для бензиновых двигателей в соответствии со спецификацией API SL.

Рекомендованы для тяжело-нагруженных дизельных двигателей грузовиков и автобусов, в том числе оборудованных турбонаддувом, или когда требуется увеличенный интервал замены. Рекомендуемые интервалы замены масла приводятся в руководствах по эксплуатации производителей соответствующего оборудования [31].

Сертифицировано: ACEA E7-704 / E5-502 / A2-296 (3) / A3302 / A3/B3304 / A3/B4404. Лицензировано: API СП4, СНН4, СGG4, СFF4, CF / SLж Global (ACEA / API / JASO) DHDD1. Одобрено: Cummins CES 20076, CES 20077, CES 20078 MACK EOOM PIUS; MAN M3275; MB 228.3, 229.1 MTU Type 2; Renault Truck RLD, RLDD2; Volvo Truck VDSS3. Соответствует: CAT ECFF1.

1.3 Факторы, влияющие на срок службы и расход моторных масел в процессе эксплуатации

Большегрузные карьерные автосамосвалы в эксплуатации имеют ряд различий, обусловленных ее спецификой. Факторные анализы, представленные в литературных источниках, направлены в первую очередь на эксплуатацию автомобилей в комплексе и среди них нет выделенного направления факторного анализа касающегося расхода моторного масла карьерными автосамосвалами.

Использование топлива и масла, не соответствующих конструктивным особенностям двигателя, неизбежно вызывает их перерасход. Это в первую очередь относится к таким показателям качества топлива, как октановое число и фракционный состав для бензинов, а также цетановое число и фракционный состав для дизельных топлив. Например, работа двигателя на бензине с тяжелым фракционным составом может дать увеличение расхода топлива до 70 % и повысить износ двигателя на 30...40 % [23].

Применение несоответствующих сортов масел приводит к перерасходу не только масла, но и топлива. Использование моторного масла с высокой вязкостью ведет к перерасходу топлива, а с низкой вязкостью – к перерасходу самого масла [18].

Главными причинами повышенного расхода моторного масла являются:

- движение автомобиля в тяжелых условиях эксплуатации в течение длительного времени, так как в этом случае большое количество масла попадает в камеру сгорания и сгорает в ней;
- наличие чрезмерного зазора при закрытии клапанов;
- утечки через прокладки картера и уплотнительные кольца коленчатого вала;
- потери, возникающие из-за испарения и зависящие от состава масла;
- использование масла с несоответствующей вязкостью;

- неправильная работа системы управления, так как резкое повышение или понижение скорости автомобиля вызывает сильный выброс отработавших газов во впускной трубе и привлекает большое количество масла в камеру сгорания.

Для каждого типа двигателя задается диапазон значений расхода масла в зависимости от его качества (щелочности), и особенно важно при этом техническое состояние двигателя.

Отрицательные результаты дает использование топлива и масла, которые не соответствуют климатическим условиям эксплуатации автомобиля. Например, зимой при работе грузового автомобиля, заправленного летними сортами ГСМ, расход топлива при движении за городом по дороге с твердым покрытием оказывается выше на 3...6 %, а при движении в городских условиях – выше на 8...12 % по сравнению с автомобилем, заправленным ГСМ в соответствии с сезоном.

1.3.1 Влияние технического состояния узлов и агрегатов автомобиля и качества их регулировок на экономию горюче-смазочных материалов

Анализ зависимости расхода ГСМ от технического состояния узлов и агрегатов автомобиля показал, что износ деталей влияет на расход топлива в меньшей степени, чем неверная регулировка. Так, износ цилиндропоршневой группы кривошипно-шатунного механизма двигателя до состояния, когда из маслониливной горловины начинают активно выходить отработавшие газы, приводит к росту расхода топлива на 10...12 %, а нарушение регулировки этого же механизма увеличивает расход топлива на 20...25 %. Но больше всего увеличивается расход топлива при неправильном регулировании тормозных механизмов, ступиц колес, схождении колес, а также при неисправности системы зажигания и систем питания [19].

Так, увеличение скорости прорыва газов в картерное пространство с 15...25 л/мин на новом двигателе до 60...100 л/мин на изношенном двигателе увеличивает расход масла в 2...2,5 раза. В табл. 1.8 показано влияние неисправностей некоторых деталей и узлов на расход топлива и масла.

Таким образом, для эффективного использования ГСМ водитель должен обладать определенными знаниями по устройству и эксплуатации автомобиля, а также определенным мастерством вождения, которое заключается:

- в правильной оценке дорожных и климатических условий;
- максимальном использовании экономических режимов работы двигателя;
- знании устройства и работы всех механизмов и систем автомобиля;
- знании причин, вызывающих перерасход топлива и смазочных материалов, и способов их устранения.

Таблица 1.6 Влияние неисправностей деталей и узлов на расход топлива и масла

Неисправность	Увеличение расхода ГСМ, %	
	топливо	масло
Неправильная регулировка тормозных механизмов и ступиц колес	10...20	30...50
Неправильное схождение передних колес	5...10	10...15
Пониженное давление воздуха во всех шинах на 0,05 МПа	4...5	4...5
Неточность регулировки клапанов	5...8	15...20
Неисправность экономайзера в карбюраторе	10...15	–
Увеличение пропускной способности главного жиклера карбюратора на 10 %	5...10	–
Засорение воздушного фильтра или трубопровода	4...5	15...29
Отказ в работе одной свечи зажигания в восьмицилиндровом двигателе	15...18	–
Засорение системы вентиляции картера	–	150...200
Неисправность одной форсунки	25...39	–

Влияние техники вождения на расход топлива может изменяться, достигая 20...25 %. Частое торможение увеличивает расход топлива, так как каждый

раз водителю приходится форсировать двигатель для очередного разгона, поэтому предпочтителен режим установившегося движения. Также необходимо поддерживать нормальный тепловой режим двигателя, так как и перегрев, и переохлаждение двигателя приводят к перерасходу топлива. Высокие скорости движения, безусловно, вызывают повышенный расход топлива, так как при этом приходится преодолевать сопротивление воздуха, а оно возрастает пропорционально скорости движения. Например, при скорости движения грузового автомобиля 70 км/ч на преодоление сопротивления воздуха затрачивается сила тяги на ведущих колесах в 10 раз большая, чем при скорости 30 км/ч. Но чтобы увеличить силу тяги, надо дополнительно получить тепловую энергию, на которую будет потрачено дополнительное топливо [27].

На расход масла в большинстве случаев влияют те же причины, что и на расход топлива. Неслучайно нормы расхода моторного масла поставлены в прямую зависимость от норм расхода топлива. Однако здесь есть и свои особенности. Низкая вязкость моторного масла будет приводить к увеличению расхода топлива, так как оно в большом количестве будет попадать в камеру сгорания и вытекать через неплотности картера. На расход моторного масла большое влияние оказывает и износ цилиндропоршневой группы (поршневых колец, гильз цилиндров, поршней). Причем по этой причине расход масла может возрасти в 2 раза [24].

Очень сильно увеличивается расход моторного масла при перегреве и переохлаждении двигателя, а также при неисправной системе вентиляции картера. Особенно большой расход масла возникает при неисправных уплотнениях.

Применение несоответствующих моторных масел вызывает увеличение расхода не только самих масел, но и топлива.

Расход масла в двигателе внутреннего сгорания, происходит вследствие процесса сгорания (расход на угар), и с потерями масла, происходящими из-за негерметичности поддона картера, крышки головки цилиндров и т. д. Нор-

мальный расход масла возникает вследствие сгорания небольшого количества в цилиндрах, а также из-за отвода остатков сгорания и частиц продуктов износа. Масло изнашивается под действием высоких температур и высокого давления, возникающего в цилиндрах двигателя.

Факторы, влияющие на расход моторных масел:

1. Работа транспорта в зимнее и летнее время года и перепады температур
2. Работа в карьерах и горных местностях.
3. Пробег новых и капитально отремонтированных автомобилей в период обкатки.
4. Работа на крутых участках дорог.
5. Работа на дорогах со сложным планом.
6. Возраст подвижного состава.

Эти факторы учитываются в нормативах расхода моторного масла. Помимо этого, имеются факторы, которые необходимо учитывать при нормировании расхода масел в реальных условиях эксплуатации.

1. Температура работы масла.
2. Температура подачи топлива
3. Плотность и разреженность воздуха
4. Суточная наработка двигателя
5. Режим работы двигателя и автосамосвала в целом
6. Степень использования грузоподъемности

В процессе эксплуатации расход масла, который непосредственно связан с расходом топлива определяется в основном их техническим состоянием, организационно-технологическими мероприятиями, условиями эксплуатации и квалификацией водителей.

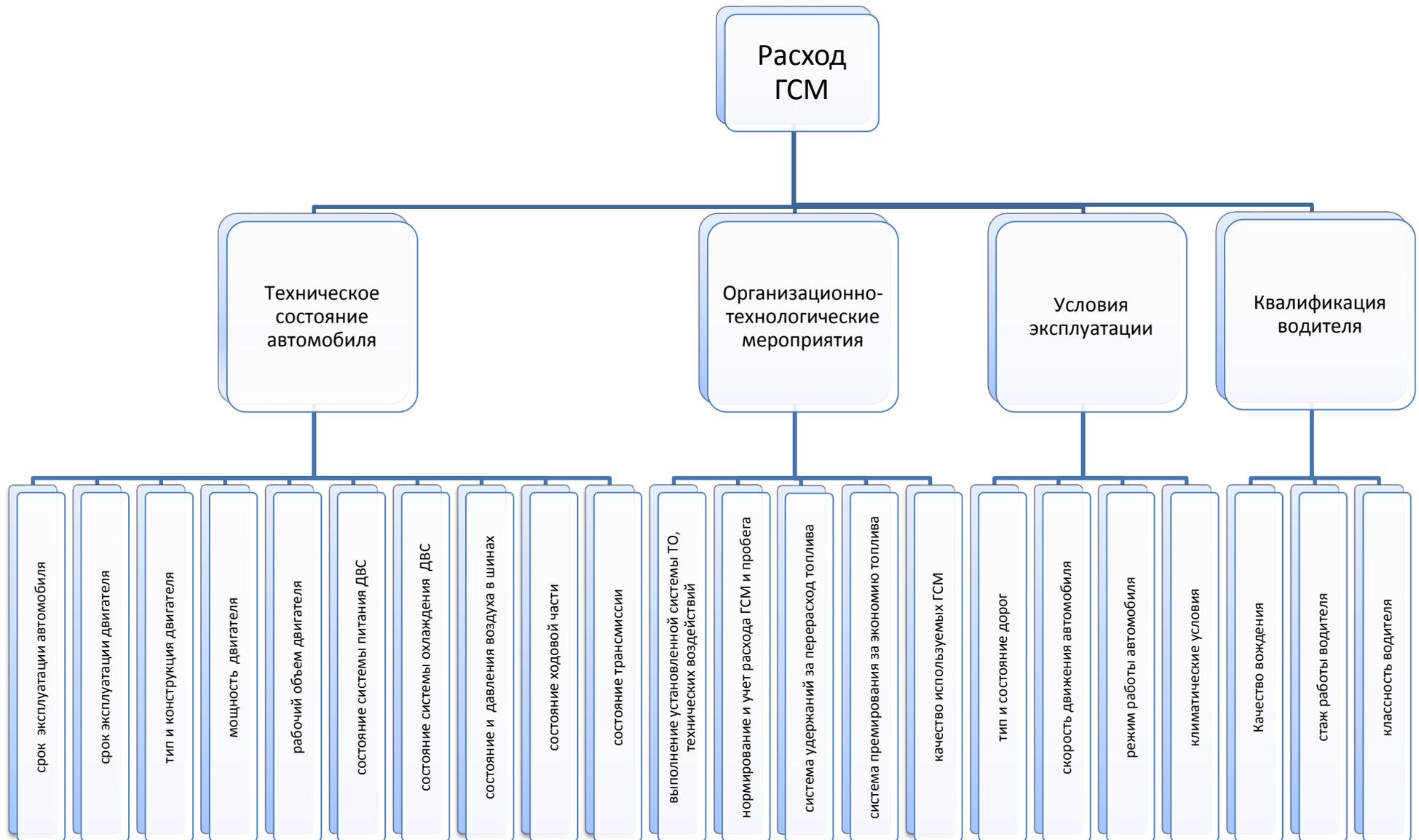
Первый, второй и четвертый факторы являются управляемыми, т.е. на них могут оказываться непосредственно различные воздействия, ими можно управлять, а на третий (условия эксплуатации) – возможность воздействия ограничена.

Управляемые факторы			Неуправляемые факторы	
Техническое состояние автомобиля	Организационно-технологические мероприятия	Квалификация водителя	Дорожные и климатические условия	Сезонность

Наиболее значимым из них является техническое состояние автомобиля, второе место занимает организационно-технологические мероприятия (выполнение установленных технических воздействий и т.д.). На третьем месте находятся условия эксплуатации автомобилей и на четвертом – квалификация водителей [8].

В свою очередь каждый из перечисленных факторов зависит от целого ряда подфакторов. (рис 1.4).

Рис. 1.4 Структурно- следственная схема причин влияющих на расход топлива и смазочных материалов автомобилей:



Выводы по главе

В процессе проведения обзора и анализа условий эксплуатации были рассмотрены и описаны различные факторы в результате которых было определено, что для обеспечения конкурентоспособности и повышения эффективности эксплуатации карьерных автосамосвалов по сравнению с другими горнотранспортными машинами, полной реализации их потенциальных возможностей необходимо постоянно оптимизировать транспортную систему «водитель - автосамосвал - дорога - среда».

Для выбора масла требуемого качества для конкретного типа двигателя и условий эксплуатации, были созданы системы классификации.

Назначение и уровни качества являются основой ассортимента масел. Ввиду некоторого различия в конструкциях и условиях эксплуатации, в настоящее время одновременно существуют несколько систем классификации моторных масел API, ILSAC, JASO, ACEA и SAE [32].

При проведении качественного анализа современного ассортимента моторных масел были рассмотрены марки ведущих мировых производителей моторных масел, а также после проведения отбора были подробно описаны марки и предъявляемые требования к эксплуатационным показателям моторных масел, предназначенных для использования в тяжело-нагруженной карьерной технике. Рассмотрена классификация и предъявляемые требования по таким мировым стандартам как SAE, API, ILSAC, JASO, ACEA.

II Глава. Исследование изменений свойств моторных масел в процессе эксплуатации

2.1 Основные эксплуатационные свойства моторных масел

Эксплуатационное свойство – свойство нефтепродукта, проявляющееся при производстве, транспортировании, хранении, испытании применении и характеризующее совокупность однородных явлений при этих процессах.

ГОСТ 26098-84 установлены следующие эксплуатационные свойства нефтепродуктов: прокачиваемость, испаряемость, воспламеняемость, горючесть, склонность к отложениям, совместимость, консервационное, противоизносное, антифрикционное, охлаждающее свойство, сохраняемость, токсичность [19].

Каждое эксплуатационное свойство для конкретного вида нефтепродукта характеризуется набором определенных показателей качества. Эксплуатационные свойства и показатели качества образуют систему показателей качества (таблица 2.1). Рациональное применение моторного масла возможно лишь при условии соответствия величины показателей качества требованию стандарта. Поэтому величина показателей качества для моторных масел утверждается государственным стандартом ГОСТ 8581-78 «Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия» и ГОСТ 10541-78 «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия». При несоответствии величины показателей качества требованию стандарта применение моторного масла запрещается, так как его применение нерационально вследствие быстрого выхода техники из строя.

Таблица 2.1 Система показателей качества моторных масел

Наименование эксплуатационных свойств	Наименование показателей качества
1. Прокачиваемость	Массовая доля механических примесей, массовая доля воды, степень чистоты, вспениваемость, плотность, температура застывания.
2. Антифрикционное	Кинематическая вязкость, динамическая вязкость при отрицательных температурах, индекс вязкости.
3. Противоизносное	Показатель износа, критическая нагрузка заедания, нагрузка сваривания, индекс задира, массовая доля активных элементов противоизносных и противозадирных присадок, износ на установке, противопиттинговая способность на установке СКТ-НАМИ.
4. Склонность к отложениям	Индукционный период осадкообразования, количество отложений на установке НАМИ-1, коксуемость , моющий потенциал, щелочное число , зольность , моющая способность на установке ПЗВ, количество высокотемпературных отложений на приборе «наклонная плита», УКМ-1.
5. Испаряемость	Потери от испарения.
6. Воспламеняемость	Температура вспышки, температура самовоспламенения.
7. Совместимость	Совместимость с маслами, число деэмульсации, изменение массы, объема и предела прочности резины.
8. Консервационное	Защитная способность масла в условиях периодической конденсации влаги, защитная способность масла в среде электролита, защитная способность масла в среде НВг, защитная способность масла в дистиллированной воде, коррозионная активность масла в приборе ДК-НАМИ, коррозионная активность масла в двигателе ЯАЗ-204, кислотное число, коррозионные потери металлов.
9. Сохраняемость	Стабильность состава, средний срок сохраняемости, стабильность вязкости, цвет.
10. Токсичность	Предельно допустимая концентрация паров масла в воздухе, класс токсичности.

Прокачиваемость – эксплуатационное свойство, характеризующее прокачку нефтепродукта через трубопроводы, фильтры, сепараторы, отверстия и зазоры. Прокачиваемость моторных масел характеризуется величиной следующих показателей качества: массовой долей воды, массовой долей механических примесей, степенью чистоты, вспениваемостью, плотностью и температурой застывания (таблица 2.1).

Массовая доля воды – показатель качества, указывающий наличие воды в моторном масле в процентах от ее массы. Наличие воды в моторном масле в виде эмульсии, жидкого осадка или инея не допускается. Вода в масло поступает в результате конденсации ее паров, которые образуются при

сгорания водорода, содержащегося в топливе. При сгорании 1 кг топлива образуется 1,2 кг паров воды, которые прорываются в картер вместе с другими продуктами сгорания топлива. Вода в масло попадает из атмосферы вместе с воздухом, например, вследствие понижения уровня масла при заполнении им системы смазки при пуске двигателя. Вода попадает в масло даже при неработающем двигателе. Днем температура воздуха в поддоне в объеме над маслом выше, чем ночью. Поэтому ночью, при снижении температуры, вода в объеме над маслом переходит из парообразного состояния в жидкость.

Массовая доля механических примесей – показатель качества, указывающий наличие массы механических примесей в масле в процентах. Наличие механических примесей в масле недопустимо.

Механические примеси поступают в масло из воздуха за счет изменения его температуры в поддоне в течение суток при неработающем двигателе или при понижении уровня масла в период пуска двигателя. Механические примеси забивают отверстия системы смазки, что ухудшает прокачиваемость масла и способствует быстрому выходу двигателя из строя.

Плотность моторного масла – показатель качества, указывающий массу нефтепродукта в единице объема.

Плотность масла характеризует его состав. Если плотность масла не соответствует стандарту, то в нем содержатся тяжелые углеводороды с высокой температурой застывания. При пуске двигателя прокачиваемость масла снижается, особенно зимой, что может привести к выходу двигателя из строя.

Вязкость – это объемное свойство масла оказывать сопротивление при течении. Кинематическая вязкость масла каждой марки должна находиться в определенных пределах. Если вязкость масла меньше требования стандарта, то толщина масляной пленки становится соизмеримой с высотой шероховатости поверхностей трения, что увеличивает силу трения между ними. Если кинематическая вязкость масла выше требования стандарта, то

возрастает сила трения в самой масляной пленке, что также увеличивает силу трения.

Индекс вязкости (ИВ) – безразмерная величина, характеризующая по стандартной шкале изменение вязкости масла в зависимости от температуры. Высокий индекс вязкости указывает на сравнительно незначительное изменение вязкости от температуры. Малый индекс вязкости масла указывает на резкое увеличение вязкости при понижении его температуры. Резкое возрастание вязкости при понижении температуры, например, при пуске двигателя и его прогреве после пуска, увеличивает силы трения в двигателе, что ухудшает его пусковые качества и увеличивает расход топлива.

Противоизносные свойства.

Эти свойства заключаются в способности смазочных материалов снижать процесс изнашивания трущихся деталей за счет образования на них граничного слоя, препятствующего непосредственному контакту трущихся поверхностей. Изнашивание деталей происходит в результате механического, абразивного, гидроабразивного, коррозионно-механического и окислительного воздействия на трущиеся поверхности и отделения материала с поверхности твердого тела при трении с постепенным изменением размеров и форм тела.

Сила трения между поверхностями трения зависит от их шероховатости, свойств материала, покрытия и других факторов. Чем ровнее поверхности трения, тем меньше механическое и тем больше молекулярное трение, и наоборот.

Индексом задира характеризуется интенсивностью износа от начала и до сваривания и зависит от способности смазочного материала уменьшить износ.

Склонность к отложениям.

Щелочность и кислотность масел. Очищенное минеральное масло является нейтральным. Для нейтрализации кислот, образующихся во время работы при сгорании сернистого дизельного топлива или окисления углеводородных молекул масла, в моторные масла добавляют щелочные присадки. Обычно

эту задачу выполняют моющие и диспергирующие присадки – детергенты (поверхностно активные вещества). Чем больше щелочность масла, тем больше его рабочий ресурс. Поэтому для моторных и трансмиссионных масел в качестве эксплуатационного показателя указывается общее щелочное число. В некоторые масла добавляют активные сернистые присадки, которые имеют слабую кислотную реакцию. В связи с этим, в качестве показателя химических свойств, указывается общее кислотное число. Этот показатель иногда определяется и при анализе работающего или отработанного масла как показатель степени окисления масла и накопления кислых продуктов сгорания топлива.

Общее щелочное число показывает общую щелочность масла, включая вносимую моющими и диспергирующими присадками, которые обладают щелочными свойствами. Общее щелочное число выражается через количество гидроксида калия (KOH) в мг, эквивалентное количеству всех щелочных компонентов, находящихся в 1 г масла (мг KOH/г). Моторное масло должно обладать определенной щелочностью для сохранения моющих свойств, способности к нейтрализации кислот и подавления процессов коррозии. Чем больше щелочное число, тем больше количество кислот, образующихся при окислении масла и сгорании топлива, может быть переведено в нейтральное соединение.

Зольность – это количество золы, образующееся при сгорании масла. Чистое свежее масло без присадок должно сгорать без остатка. Образование золы из масла без присадок является показателем его засоренности.

Сульфатная зольность – это показатель содержания присадок, в основном органических соединений металлов. Зола составляют продукты окисления органических соединений металлов – окиси (например BaO, CaO, MgO) и сульфаты металлов (BaSO₄, CaSO₄, MgSO₄). Сульфатная зольность является прямым показателем количества присадок в масле, поэтому присутствие присадок проверяется именно по сульфатной зольности. Довольно высокая

сульфатная зольность моторных масел в основном обусловлена наличием в их составе моющих присадок, содержащих металлы. Эти присадки необходимы для предотвращения отложений на поршнях и придания маслам способности нейтрализовать кислоты.

Химический состав масла. Качество масла, в значительной степени зависит от его группового химического состава, т.е. от соотношения парафинов, ароматических соединений и нафтенов. При оценке качества масла и присвоении категории качества, химический состав масла не определяется, так как многие свойства масла существенно улучшаются введением соответствующих присадок. В описаниях масла производители указывают основной класс соединений, так как они характеризуют некоторые общие эксплуатационные свойства [33].

Испаряемость – улетучивание легких фракций во время работы двигателя, вследствие высокой температуры.

Воспламеняемость – эксплуатационное свойство, характеризующее пожаро-взрывоопасность смеси паров нефтепродукта с воздухом.

При производстве, транспортировании, хранении, испытании и применении нефтепродуктов их пары образуют с воздухом смеси, которые могут воспламениться и привести к пожару либо к взрыву.

Воспламеняемость моторных масел оценивают по следующим показателям качества:

Температура вспышки – минимальная температура, при которой происходит кратковременное воспламенение паров нефтепродукта от пламени в условиях испытания.

Температура воспламенения - температура, при которой нефтепродукт, нагреваемый в условиях испытания, загорается и горит не менее 5 с.

Температура самовоспламенения – температура возгорания паров нефтепродукта без контакта с пламенем в условиях испытания.

Температура вспышки в открытом тигле может быть использована для определения присутствия в масле примесей бензина или дизельного топлива.

Различают конструкционную и функциональную совместимость масел.

Конструкционная совместимость – эксплуатационное свойство, характеризующее воздействие нефтепродукта на конструкционные материалы. Низкая конструктивная совместимость моторных масел приводит к изменению массы, объема и пределу прочности резины.

Функциональная совместимость - эксплуатационное свойство, определяющее способность двух и более масел сохранять эксплуатационные свойства при смешении.

При эксплуатации двигателя часть масла расходуется на испарение и угар, что вызывает необходимость его пополнения до первоначального объема. Доливаемое масло может быть изготовлено по другой технологии, на другой нефтяной основе, содержать другой комплект присадок или быть другой марки. При смешивании масел может произойти их расслоение из-за того, что для их приготовления были взяты различные основы с различной плотностью. Если масла содержат различные пакеты присадок, то может произойти химическое взаимодействие между присадками. Новые соединения, возникшие в результате такой реакции, выпадают в осадок, забивают систему смазки, прокачиваемость масла ухудшается, что приводит к быстрому износу двигателя либо к заклиниванию коленчатого вала. Поэтому, прежде чем осуществлять долив масла, необходимо проверить масла на совместимость. Сущность проверки масел на совместимость состоит в имитации условий работы масла в двигателе в течение смены: их смешивании, нагреве до 100⁰С и последующем охлаждении до температуры внешней среды [34].

2.2 Методы оценки физико-химических и эксплуатационных показателей качества моторных масел

Масло омывает все элементы системы и при этом создает условия не только для оптимального функционирования поверхностей трения, но и воспринимает, аккумулирует и потенциально сохраняет информацию о фактическом состоянии смазываемого объекта. Проба масла, взятая из картера механизма, способна дать представление о состоянии объекта в целом. Потому диагностика механизмов по параметрам работающего масла в сравнении с любым другим ее видом дает наилучшие результаты, как по достоверности, так и по спектру одновременно контролируемых показателей их состояния, имеющих разную природу явлений. Картерное масло дизеля, накапливая в процессе работы продукты износа и неполного сгорания топлива, термического разложения масла, атмосферную пыль, проникшую в картер воду и другие примеси, содержит большой объем полезной информации о техническом состоянии тех деталей, которые определяют ресурс механизма и о состоянии дизеля в целом. Анализ физико-химических показателей масла позволяет расшифровать эту информацию и сделать выводы о работе дизеля, его состоянии, дефектах и неисправностях.

Рассматриваемые методы контроля можно разделить на два основных класса:

- 1) диагностирование по физико-химическим показателям качества смазочного масла
- 2) диагностирование по параметрам частиц износа в смазочном масле и фильтрах.

Каждый из них характеризуется специфическими способами контроля, средствами и перечнем диагностических и структурных параметров [9].

Физико-химические свойства работающего масла оценивают по предельным значениям комплекса единичных показателей его качества. Для оценки качества работающих моторных масел наиболее часто используют

следующие показатели: концентрация охлаждающей жидкости и топлива в масле, диспергирующе-стабилизирующие свойства.

При анализе качества масла его признают работоспособным в том случае, когда значения всех показателей находятся в допусках. В противном случае, масло считается непригодным для дальнейшего использования.

Плотность это масса вещества, заключенная в единице объема (кг/м³, г/см³), достаточно просто и точно измеряется ареометром (ГОСТ 3900).

Механические загрязнения в масле определяются чаще всего путем фильтрования бензинового раствора (ГОСТ 12275-66) или фотометрически.

Вода в масле определяется несколькими способами: способом отстаивания в пробирке – вода оседает в нижнем слое (ГОСТ 2477-65, ISO 3733); нагреванием его в пробирке до 105-120° С (ГОСТ 1547-84) или диэлектрическим методом путем измерения диэлектрической проницаемости (ГОСТ 14203-69). При нагревании масла в пробирке, в случае наличия воды, образуется пена, масло потрескивает и пробирка вибрирует [9].

Температура застывания – температура, при которой масло не течет под действием силы тяжести, т.е. теряет способность течь. Масло в пробирке помещается в термостат, где после достижения им заданной температуры пробирку наклоняют на 45 градусов, и через минуту наблюдают сдвиг уровня, который свидетельствует о затвердевании масла (ГОСТ 20287). Температура застывания должна быть на 3-5° С ниже той температуры, при которой масло должно обеспечивать прокачиваемость. В большинстве случаев моторные масла застывают из-за выпадения кристаллов парафинов. Требуемая нормативной документацией температура застывания достигается депарафинизацией базовых компонентов или введением в состав депрессорных присадок (полиметилакрилаты, алкилнафталины и т.д.)

Кинематическая вязкость определяется при помощи стеклянного капиллярного вискозиметра при температуре 40 и 100° С. Она измеряется в

термостате, в котором поддерживается заданная температура. При заданной температуре измеряется время прохождения маслом известного объема вискозиметра. Единицы измерения вязкости – стокс (St) или сантистокс (сSt, $1 \text{ сSt} = 1 \text{ мм}^2/\text{с}$), которая рассчитывается по формуле.

Динамическая вязкость определяется при различных градиентах скорости сдвига в ротационных вискозиметрах разной конструкции, которые имитируют реальные условия работы масла. Максимальная низкотемпературная вязкость, обеспечивающая пуск холодного двигателя, определяется при помощи имитатора запуска холодного двигателя CCS (ASTM D 5210Ц401).

Таблица 2.2 Степени вязкости SAE для моторных масел (SAE J300 APR97)

Степень вязкости	Низкотемпературная вязкость		Высокотемпературная вязкость		
	Проворачиваемость	Прокачиваемость	Вязкость при 100° С, мм ² /с		Вязкость при 150° С и скорости сдвига 10 ⁶ ; с ⁻¹ ; МПа с, не менее
	Максимальная вязкость, МПа с		min	max	
	при темп. *	при темп. **			
0W	3250 при -30°С	60000 при -40°С	3,8		
5W	3500 при -25°С	60000 при -35°С	3,8		
10W	3500 при -20°С	60000 при -30°С	4,1		
15W	3500 при -15°С	60000 при -25°С	5,6		
20W	4500 при -10°С	60000 при -20°С	5,6		
25W	6000 при -5°С	60000 при -15°С	9,3		
20			5,6	<9,3	2,6
30			9,3	<12,5	2,9
40			12,5	<16,3	2,9***
40			12,5	<16,3	3,7****
50			16,3	<21,9	3,7
60			21,9	<26,1	3,7

Примечания: 1 сСт = 1 мм²/с;

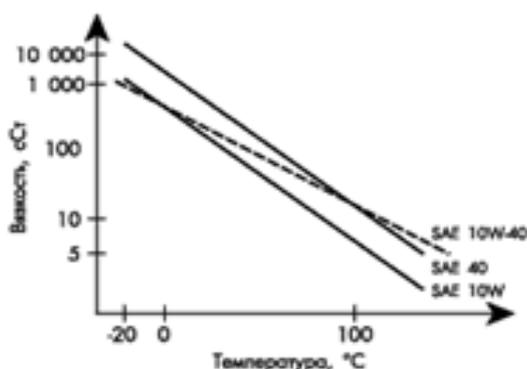
* При запуске холодного двигателя, вязкость проворачивания, измеряется на вискозиметре CCS;

** В отсутствии напряжения сдвига, измеряется на вискозиметре MRV;

*** Для масел SAE 0W-40, 5W-40 и 10W-40;

**** Для масел SAE 40, 15W-40, 20W-40 и 25W-40.

Рис. 2.1 Зависимость вязкости моторного масла от температуры (сезонные SAE 10W и SAE 40 и всесезонного SAE 10W40) [23].



Смазывающие свойства. При испытании на четырехшариковой машине определяют противоизносные свойства смазочного материала в состоянии граничной смазки (контакт металлических поверхностей). Три стальных шарика закрепляются неподвижно вместе, чтобы сформировать платформу, над которой по вертикальной оси вращается четвертый шарик. Нижние шарики погружены в масляный образец, испытание проводится при заданной нагрузке, при определенной скорости и температуре. По истечении времени испытания, измеряется средний диаметр пятна износа на трех нижних шариках. В течение испытания увеличивают нагрузку каждые 10 минут, до такой нагрузки, при которой признаки трения указывают на начальное заедание (критическая нагрузка). Индекс задира измеряется в конце испытания, для всех 10-минутных интервалов [10].

Сульфатная зольность является показателем количества присадок в масле, поэтому присутствие присадок проверяется именно так. Масло нагревается до образования твердого углеродистого осадка, который обрабатывается серной кислотой для превращения окисей металлов в сульфаты. Затем сульфаты прокаливаются в муфельной печи при температуре 775°C до образования сульфатной золы. Сульфатная зольность для автомобильных масел определяется по стандартам ASTM D 874, ГОСТ 12417-73 или DIN 51 575 и выражается в процентах от начальной массы масла. В моторных маслах для бензиновых двигателей она не должна превышать 1,5%, для дизельных двигателей 1,8-2,0%.

Щелочность и кислотность масел выражается через количество в (мг) гидроокиси калия (KOH), эквивалентное содержанию всех видов щелочей в 1г масла или необходимое для нейтрализации всех кислот в 1 г масла и для щелочности, и для кислотности дименсия та же самая (мг KOH/1г масла).

Для определения кислотности проводится титрование гидроокисью калия (KOH), а для определения щелочности – соляной кислотой (HCl). В настоящее время, для этих целей чаще используют метод потенциометрического титрования.

Моторное масло должно обладать определенной щелочностью для сохранения моющих свойств, способности к нейтрализации кислот и подавления процессов коррозии. При работе масла в двигателе щелочное число неизбежно снижается, нейтрализующие присадки срабатываются. Такое снижение имеет допустимые пределы, по достижении которых масло считается утратившим работоспособность [9].

Щелочное число масла определяется потенциометрическим титрованием соляной кислотой по стандартам ASTM D 664, ГОСТ 11362-96, ISO 6619-88.

Температура вспышки – определяется двумя методами: в открытом и закрытом тигле. Чаще всего применяется метод открытого тигля для определения которого имеется специальный прибор. Тигель, в который наливается масло подогревают при этом за 1 минуту температура масла не должна подниматься больше чем на 2 градуса. Затем над тиглем проводят зажженным фитилем и фиксируют температуру, если масло вспыхивает и гаснет, но не горит что и свидетельствует о достижении заданной температуры.

Моюще-диспергирующие свойства характеризуют способность масла обеспечивать необходимую чистоту деталей двигателя, поддерживать продукты окисления и загрязнения во взвешенном состоянии. Кроме концентрации моюще-диспергирующих присадок на чистоту двигателя существенно влияет эффективность используемых присадок, их правильное сочетание с другими компонентами композиции, а также приемистость базового масла. В композициях масел в качестве моющих присадок используют сульфонаты, алкилфеноляты, алкилсалицилаты и фосфонаты кальция или магния механизм действия моющих присадок объясняют их адсорбцией на поверхности нерастворимых в масле частиц. В результате на каждой частице образуется оболочка из обращенных в объем масла углеводородных радикалов. Она препятствует коагуляции частиц загрязнений, их соприкосновению друг с другом. Полярные молекулы

присадок образуют двойной электрический слой, придающий одноименные заряды частицам, на которых они адсорбировались. Благодаря этому частицы отталкиваются и вероятность их объединения уменьшается. Моющие свойства моторных масел в лабораторных условиях определяют на модельной установке ПЗВ, представляющей собой малоразмерный одноцилиндровый двигатель с электроприводом и электронагревателями. Стендовые моторные испытания для оценки моющих свойств проводят либо в полноразмерных двигателях, либо в одноцилиндровых моторных установках по стандартным методикам. Критериями оценки моющих свойств служит чистота поршня, масляных фильтров, роторов центрифуг, подвижность поршневых колец [10].

Антиокислительные свойства в значительной степени определяют стойкость масла к старению. Условия работы моторных масел в двигателях настолько жестки, что предотвратить их окисление полностью не представляется возможным. Окисление масла в двигателе наиболее интенсивно происходит в тонких пленках масла на поверхностях деталей, нагреваемых до высокой температуры и соприкасающихся с горячими газами (поршень, цилиндр, поршневые кольца, направляющие и стебли клапанов). В объеме масла окисляется менее интенсивно, так как в поддоне картера, радиаторе, маслопроводах температура ниже и поверхность контакта масла с окисляющей газовой средой меньше. Во внутренних полостях двигателя, заполненных масляным туманом, окисление более интенсивно.

На скорость и глубину окислительных процессов значительно влияют попадающие в масло продукты неполного сгорания топлива. Они проникают в масло вместе с газами, прорывающимися из надпоршневого пространства в картер. Ускоряют окисление масла частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые накапливаются в масле в результате изнашивания деталей двигателя.

Стойкость моторных масел к окислению повышают введением в их состав антиокислительных присадок. В качестве антиокислительных присадок к моторным маслам применяют диалкил- и диарилдитиофосфаты цинка, которые улучшают также антикоррозионные и противоизносные свойства. Их часто комбинируют друг с другом и с беззольными антиокислителями. В стандартах и технических условиях на моторные масла их стойкость к окислению косвенно характеризуется индукционным периодом осадкообразования (окисление по методу ГОСТ 11063–77 при 200 °С). При моторных испытаниях антиокислительные свойства масел оценивают по увеличению их вязкости за время работы в двигателе установки ИКМ (ГОСТ 20457–75) или Petter W-1 [36].

Антикоррозионные свойства моторных масел зависят от состава базовых компонентов, концентрации и эффективности антикоррозионных, антиокислительных присадок и деактиваторов металлов. Антикоррозионные присадки защищают антифрикционные материалы (свинцовистую бронзу), образуя на их поверхности прочную защитную пленку. Антиокислители препятствуют образованию агрессивных кислот. В лабораторных условиях антикоррозионные свойства моторных масел оценивают по методу ГОСТ 20502–75 по потере массы свинцовых пластин за 10 или 25 ч испытания при температуре 140 °С. При моторных испытаниях антикоррозионные свойства масел оценивают по потере массы вкладышей шатунных подшипников полноразмерных двигателей или одноцилиндровых установок ИКМ или Petter W-1, а также по состоянию их поверхностей трения (цвет, натир, следы коррозии).

Химический состав примесей в масле определяется инструментальными и лабораторными методами количественного анализа. К инструментальным методам относятся полярографический, спектральный, нейтронной активации, феррографии и другие.

Полярнографический анализ основан на электролизе растворенного в кислоте зольного остатка, образованного после сжигания пробы масла. Анализ полярнограмм, построенных в координатах «напряжение-сила тока», количественно характеризует содержание веществ в масле [28].

Спектральный эмиссионный анализ проводят непосредственно на загрязненном масле или исследуют золу после его сжигания. По полученным спектрам делают вывод о количественном составе загрязнений. Здесь возможно применение ИК-спектроскопии обнаруживающей продукты окисления, соли карбоновых кислот, сульфаты и неорганические нитраты.

Элементный анализ ИСП способен обнаружить до 24 элементов металлов, измеряя частицы с размером меньше, чем 5 микронов, которые могут присутствовать в отработанном масле, в результате износа, загрязнения или добавок. Металлы износа включают железо, хром, никель, алюминий, медь, свинец, олово, кадмий, серебро, титан и ванадий. Элементы загрязнений включают кремний, натрий, и калий. Металлы, образующиеся в результате действия нескольких источников, включают молибден, сурьму, марганец, и литий. Элементы присадок – это борат магния, кальций, барий, фосфор и цинк. Элементный анализ способствует определению типа и интенсивности износа, происходящего внутри оборудования [17].

Источники:

- Металлы, образующиеся в результате износа
- Металлы, образующиеся в результате загрязнения
- Металлы, образующиеся в результате действия нескольких источников
- Металлы, выделяющиеся из присадок

2.3 Исследование изменений свойств моторных масел в процессе эксплуатации

Масло при эксплуатации подвергается внешним воздействиям в присутствии контактирующих материалов (металлы, полимеры, вода, воздух, кислоты), многие из которых являются катализаторами химических процессов, ускоряющих его старение.

В результате внешних воздействий происходит комплекс физико-химических изменений, которые можно разделить на четыре группы.

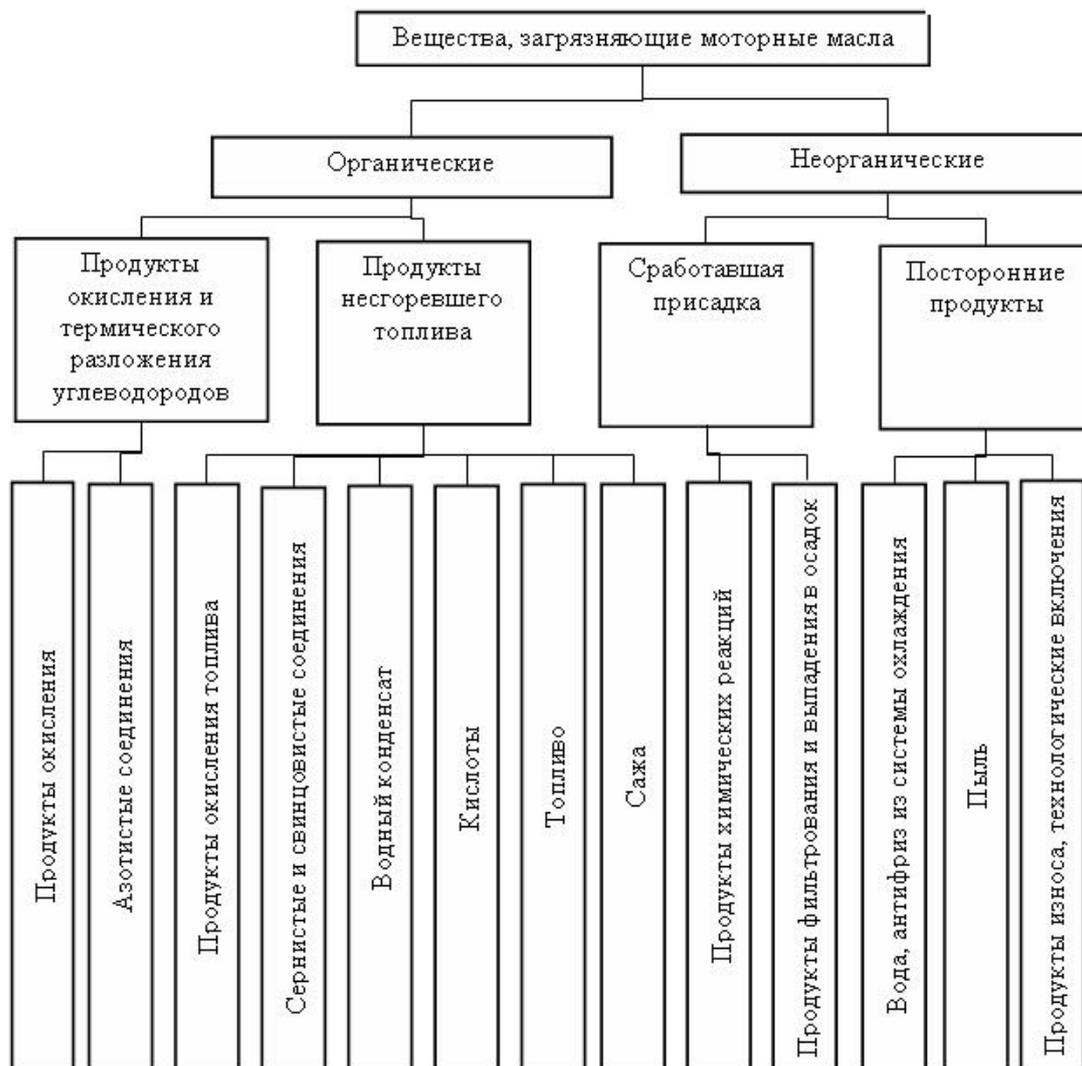
1. Изменения физического характера - испарение компонентов масла, накопление продуктов изнашивания, растворение газов, воды и компонентов эластомеров, изменение количественного состава присадок за счет образования сорбционных пленок на поверхностях трения.

2. Изменения химического характера - окисление углеводородов базового масла, реакции гидролиза базового масла и присадок вследствие присутствия воды и водных растворов, реакции ацидолиза при наличии карбоновых кислот, реакции присадок с металлами и другие процессы.

3. Изменения механохимического характера - связанные с процессами трения, перемешиванием, трибохимическими процессами на поверхностях трения, а также стимулирующим влиянием механических воздействий на химические реакции.

4. Изменения, вызванные влиянием продуктов неполного сгорания топлив при работе двигателей внутреннего сгорания, окислов азота, серы и углерода.

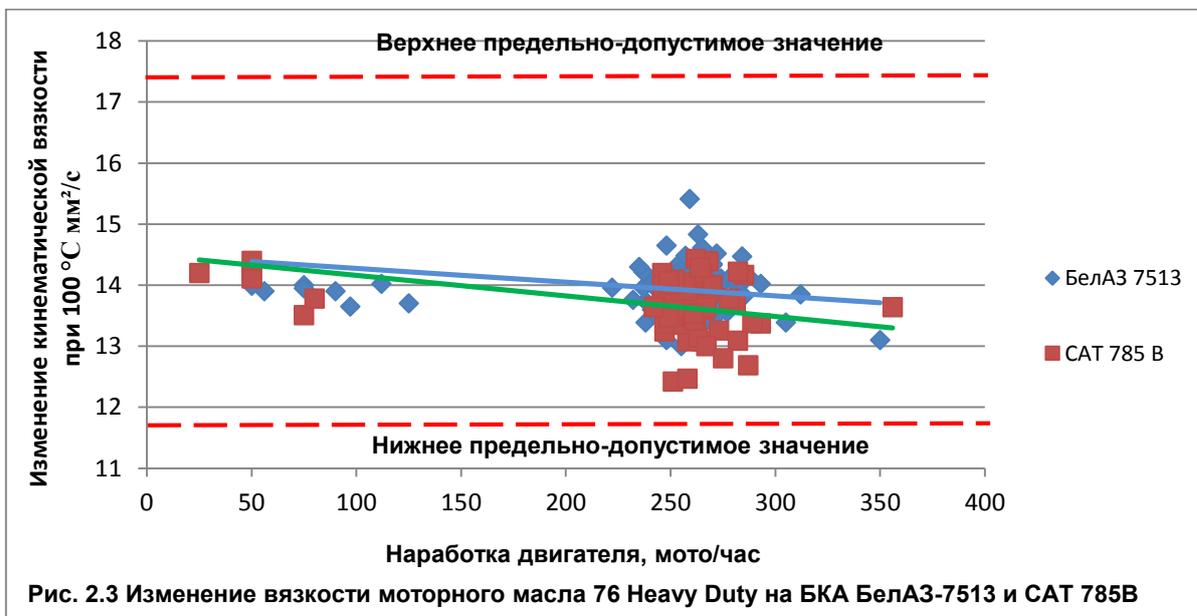
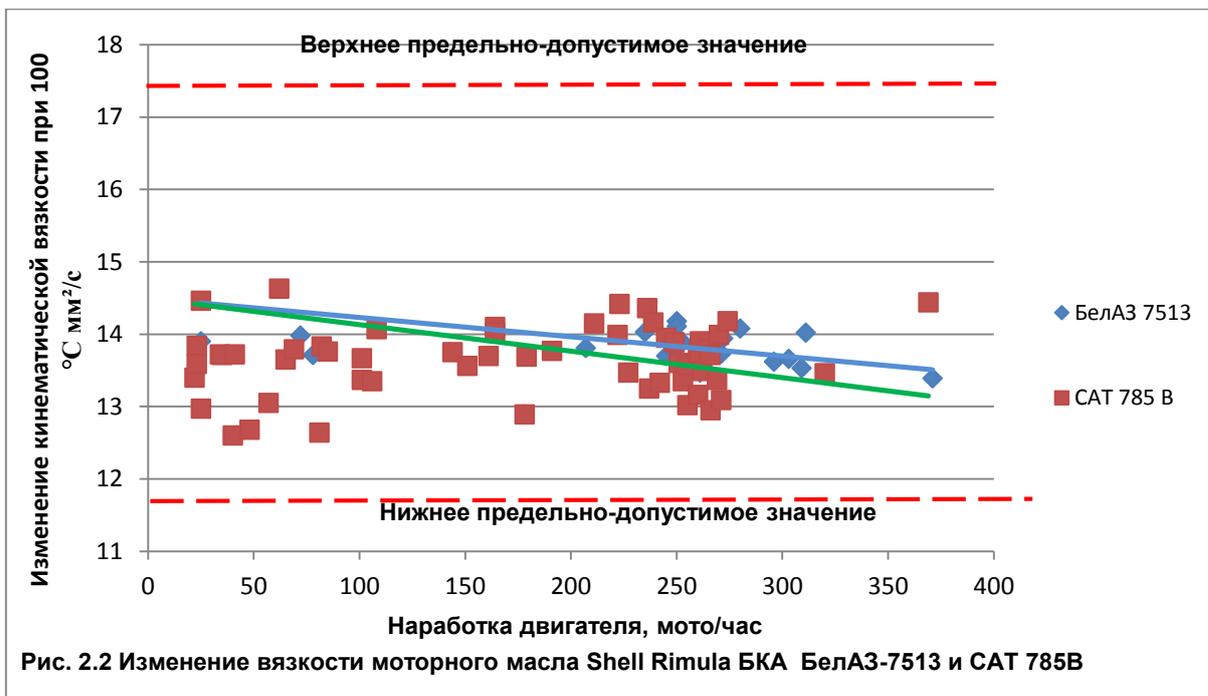
Таблица 2.3 Воздействия влияющие на срок службы масел [37].



С целью исследования изменений свойств моторных масел Shell Rimula и 76 Heavy Duty применяемых на большегрузных карьерных автосамосвалах БелАЗ 7513 и САТ 785В были проанализированы результаты важнейших физико-химических показателей.

Вязкость один из основных браковочных показателей, изменение которого более чем на 20% по сравнению с исходным значением означает переход в другую группу вязкости по SAE.

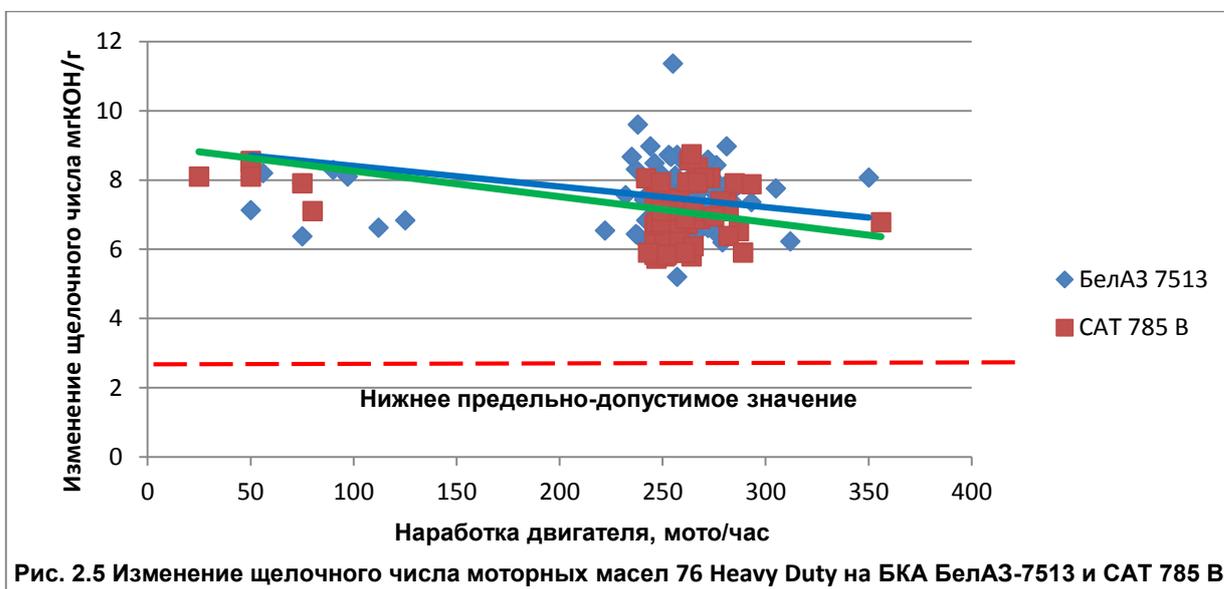
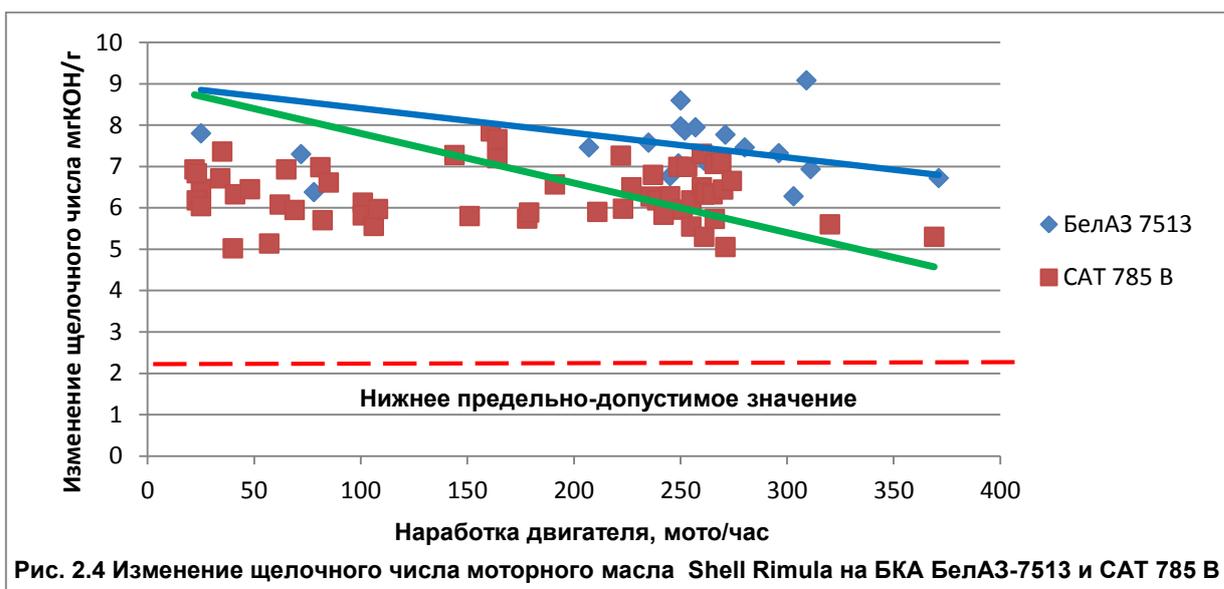
Динамика изменения кинематической вязкости масла Shell Rimula и 76Heavy Duty в зависимости от наработки самосвала показана на графиках.



В ходе проведения анализа вязкость моторного масла оставалась в пределах нормы и по своим предельным значениям имеет запас качества. При сравнении было выявлено отсутствие отличия вязкости обоих видов масел.

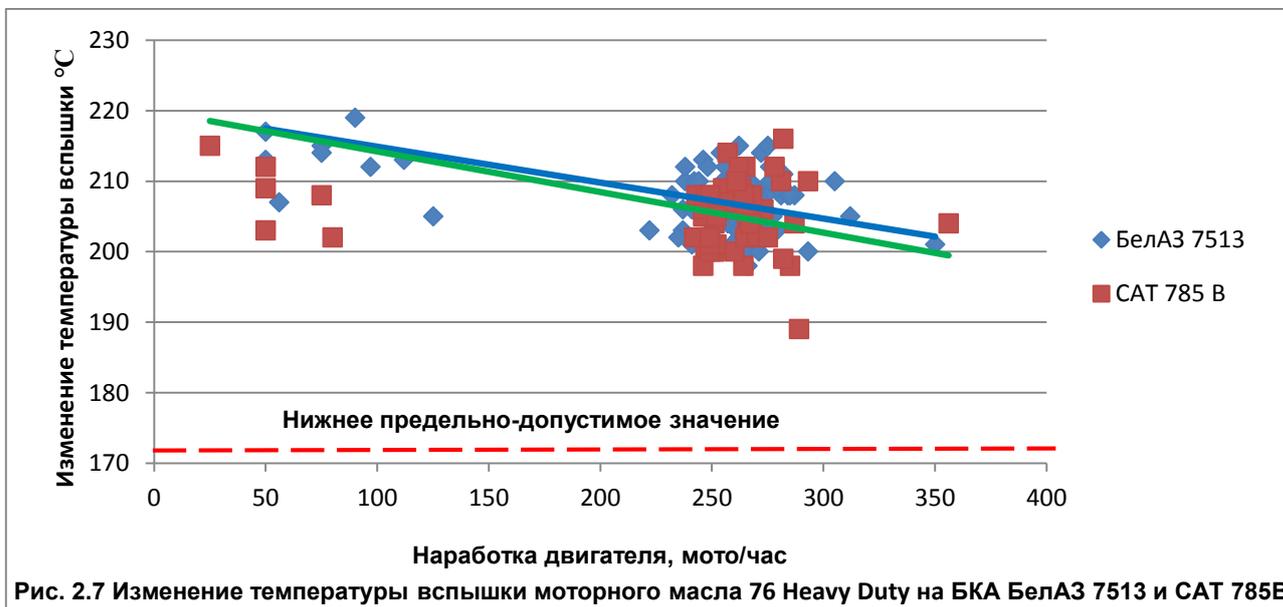
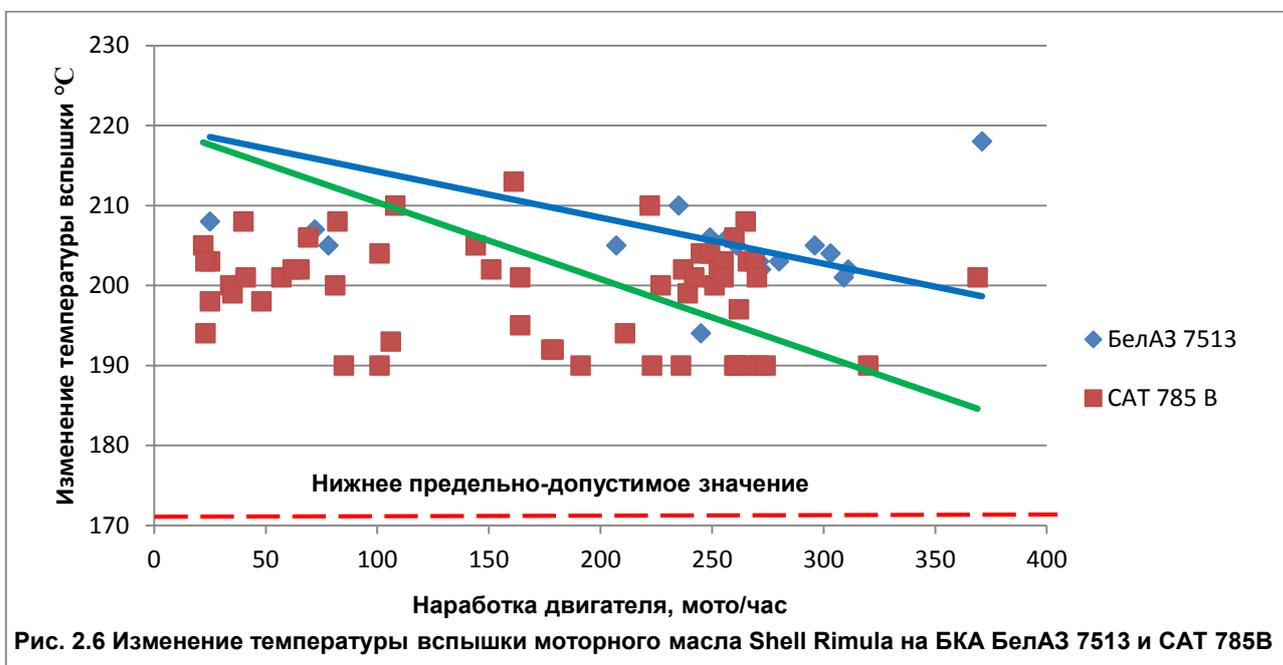
Общее щелочное число – показатель запаса нейтрализующей способности масла, а также его моющей и диспергирующей способности. Для оценки моторного масла важно знать первоначальное значение этого показателя, а также скорость потери уровня щелочности.

Динамика изменения щелочного числа масла Shell Rimula и 76Heavy Duty в зависимости от наработки самосвала показана на графиках.



Падение уровня щелочности от первоначального значения составило 25% при браковочном значении 55%. Пологий характер изменения уровня щелочности моторного масла с учетом его долива на угар в процессе эксплуатации позволяет сделать прогноз о возможности обеспечения срока его службы до 350 моточасов наработки.

Температура вспышки является показателем пожароопасности масла. При быстром испарении легких фракций происходит увеличение масла на угар вследствие уменьшения уровня масла. Но в случае разбавления масла топливом будет заметно резкое снижение температуры вспышки.



Температура вспышки при наработке 350 мч выше браковочного значения 190°C, однако, в самосвалах CAT 785В заметно падение значения до 188°C при наработке 350 мч. Продление интервала смены масла с 250мч до 350 мч возможно только после проведения анализа масла при наработке 250 мч, также рекомендуется проверка топливной аппаратуры в данных самосвалах.

Массовая доля металлов износа, накопленных в масле. Эффективность работы моторного масла подтверждается низким темпом износа двигателей, определяемого по массовой доле металлов износа, накопленных в масле.

Об интенсивности износа цилиндро-поршневой группы двигателя говорит наличие железа в моторном масле.

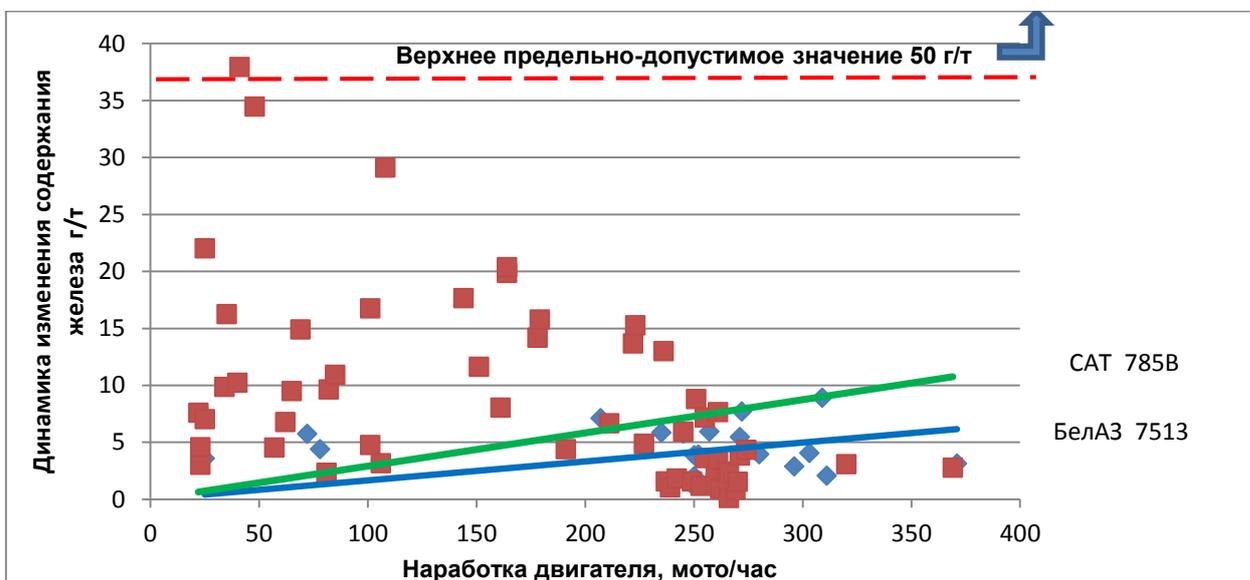


Рис.2.8 Изменение содержания железа в моторных маслах Shell Rimula на БКА БелАЗ-7513 и CAT 785B

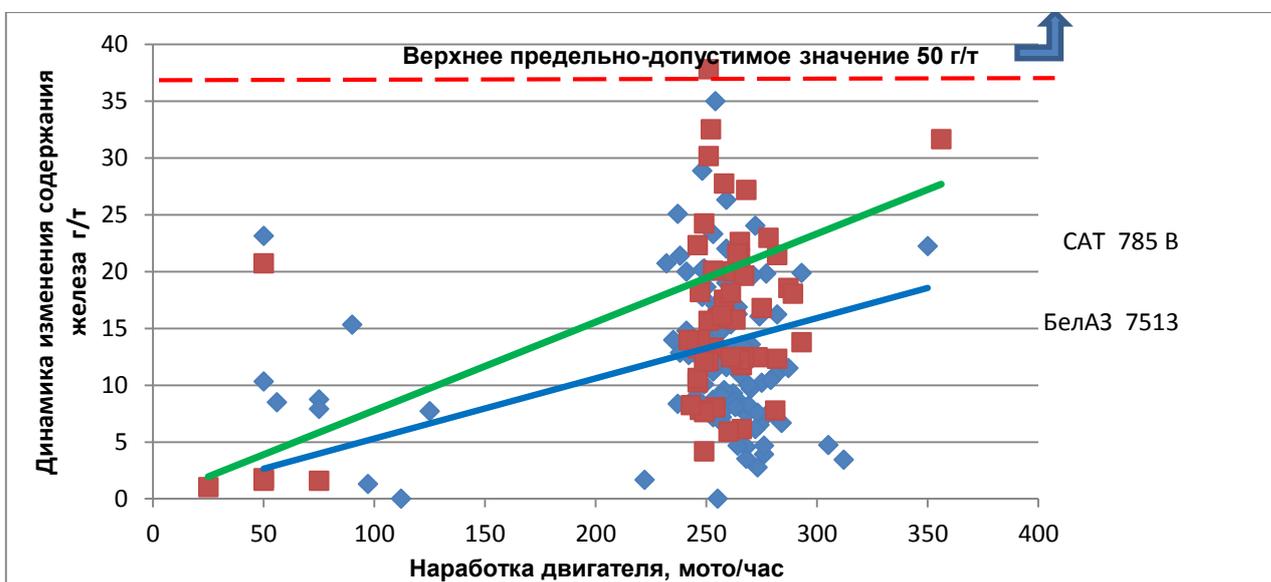
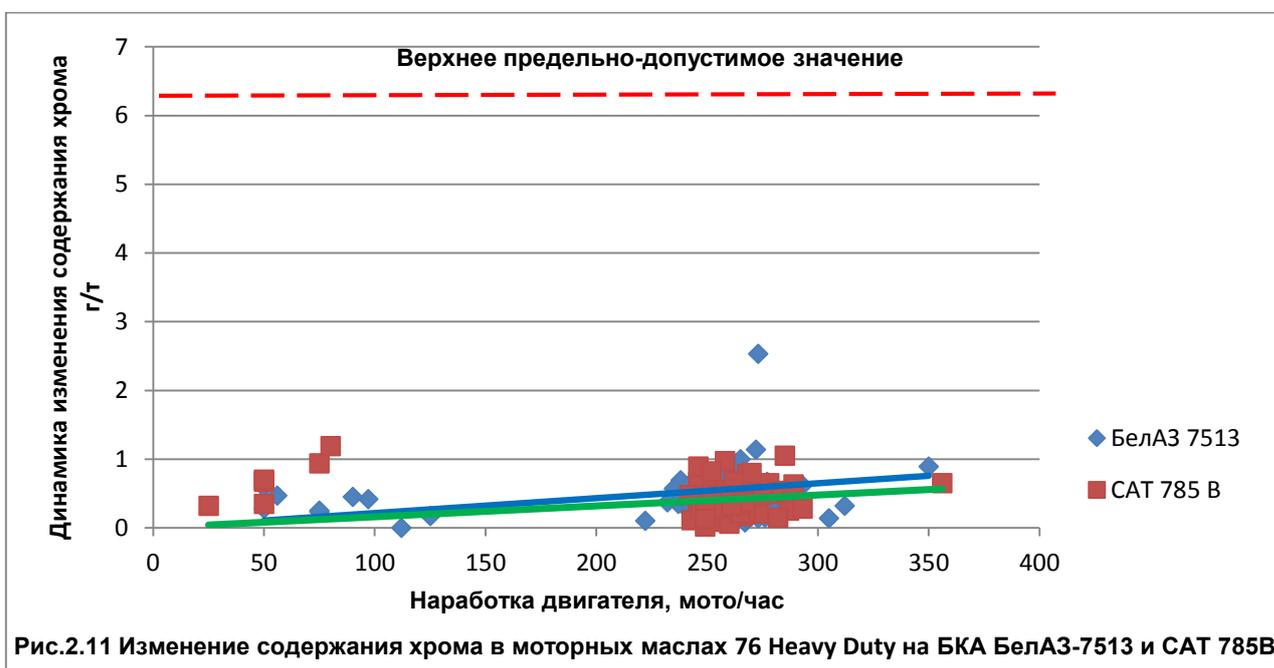
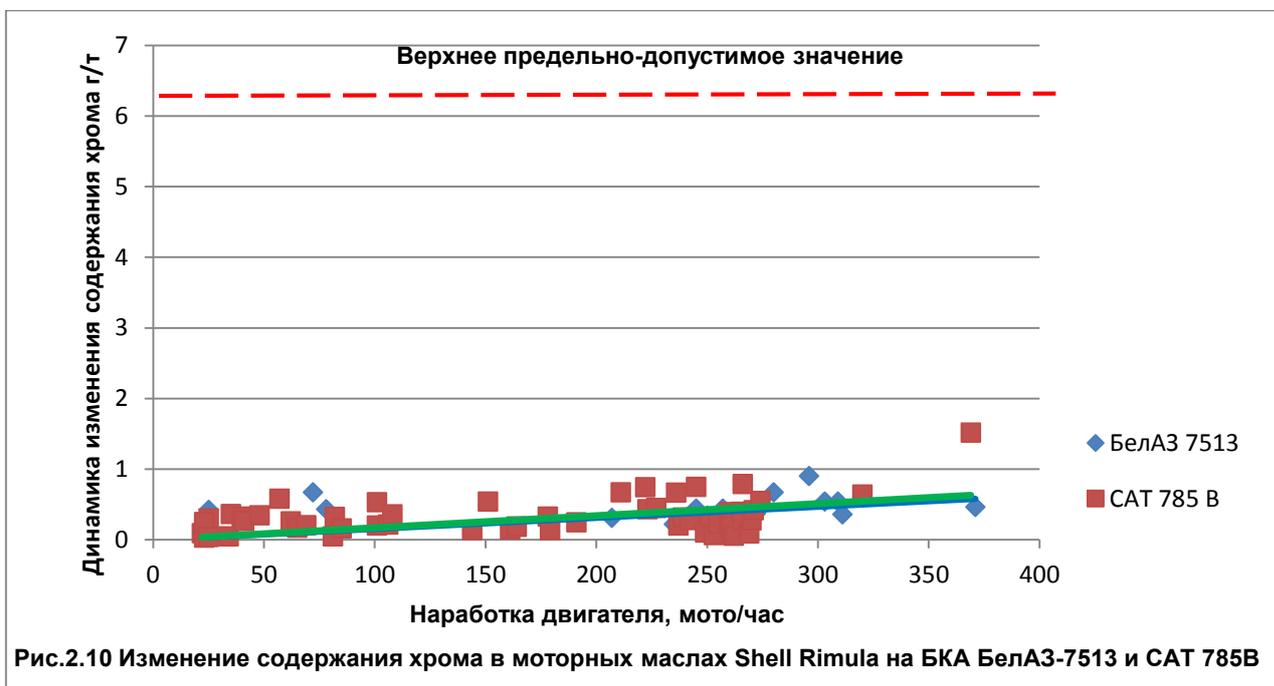


Рис. 2.9 Изменение содержания железа в моторных маслах 76 Heavy Duty на БКА БелАЗ-7513 и CAT 785B

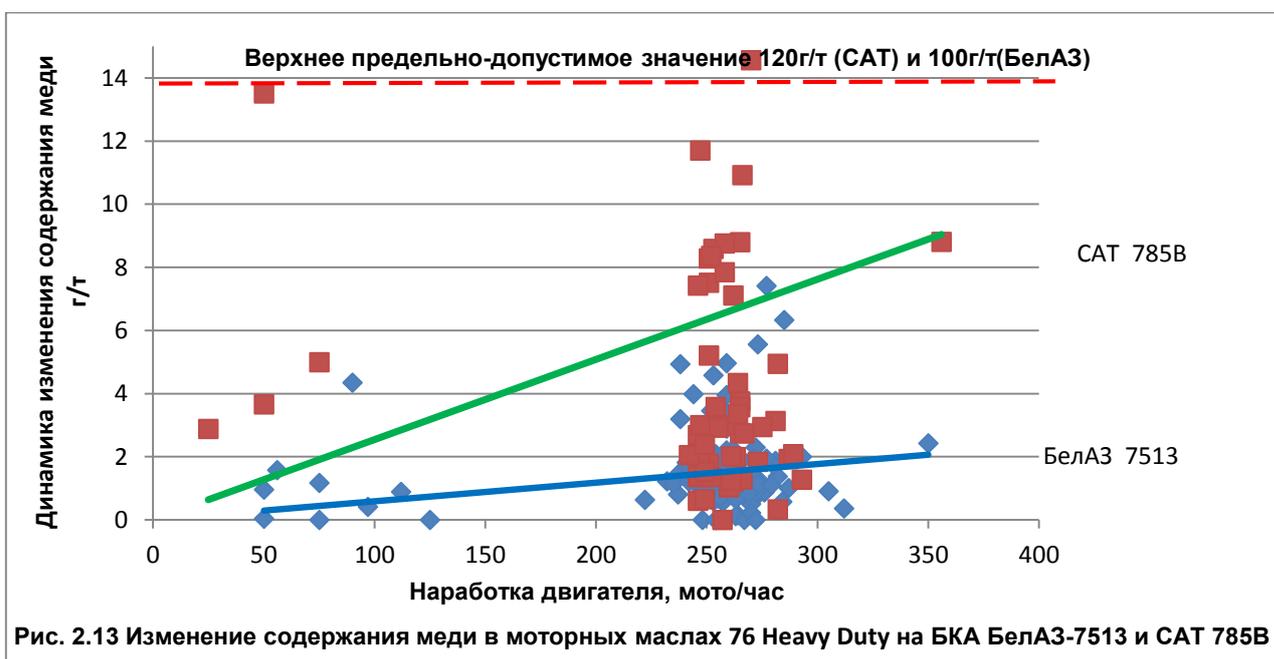
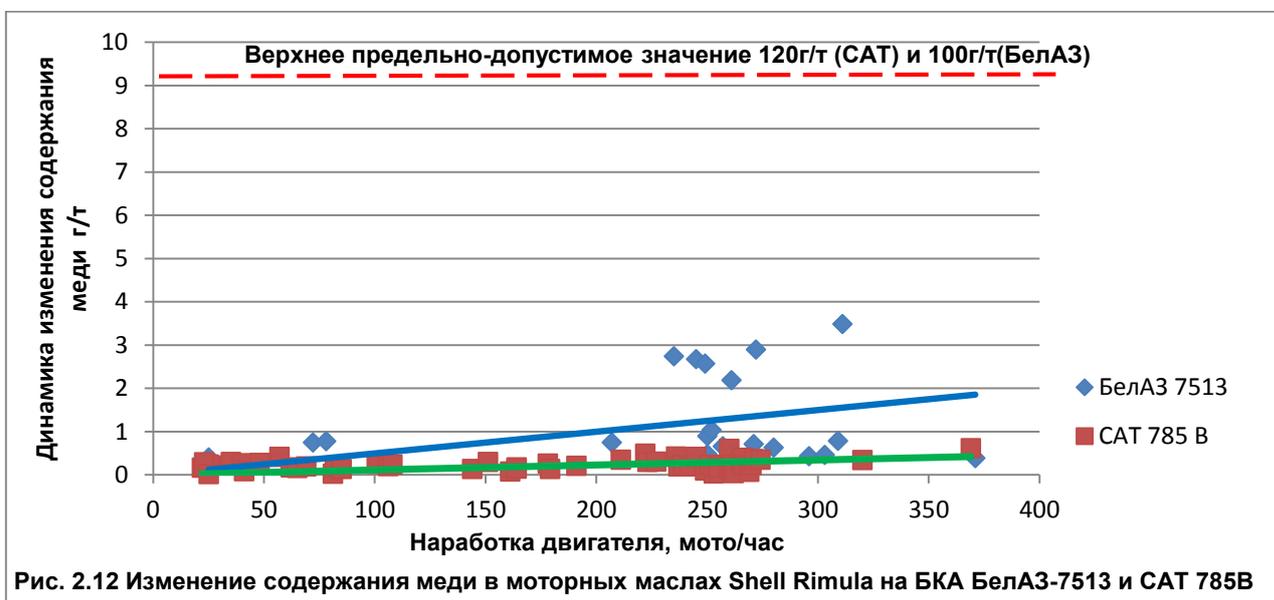
Концентрация содержания железа в масле 76Heavy Duty более высокая, чем в масле Shell Rimula. После 250мч наработки двигателя содержание железа в масле Rimula составило 4-7 PPM, в то время как в Heavy Duty –14-20 PPM (увеличение на 28-35%).

Об интенсивности износа поршневых колец, гильзы цилиндра, выпускных клапанов, покрытия вала можно судить по содержанию частиц хрома в моторном масле.



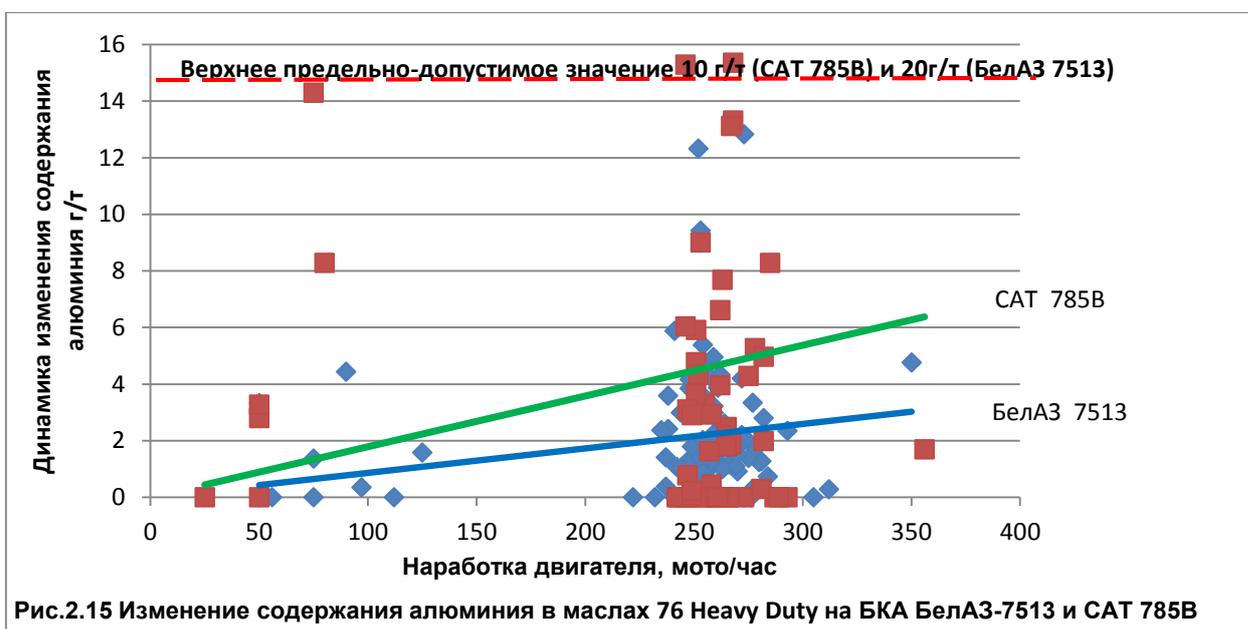
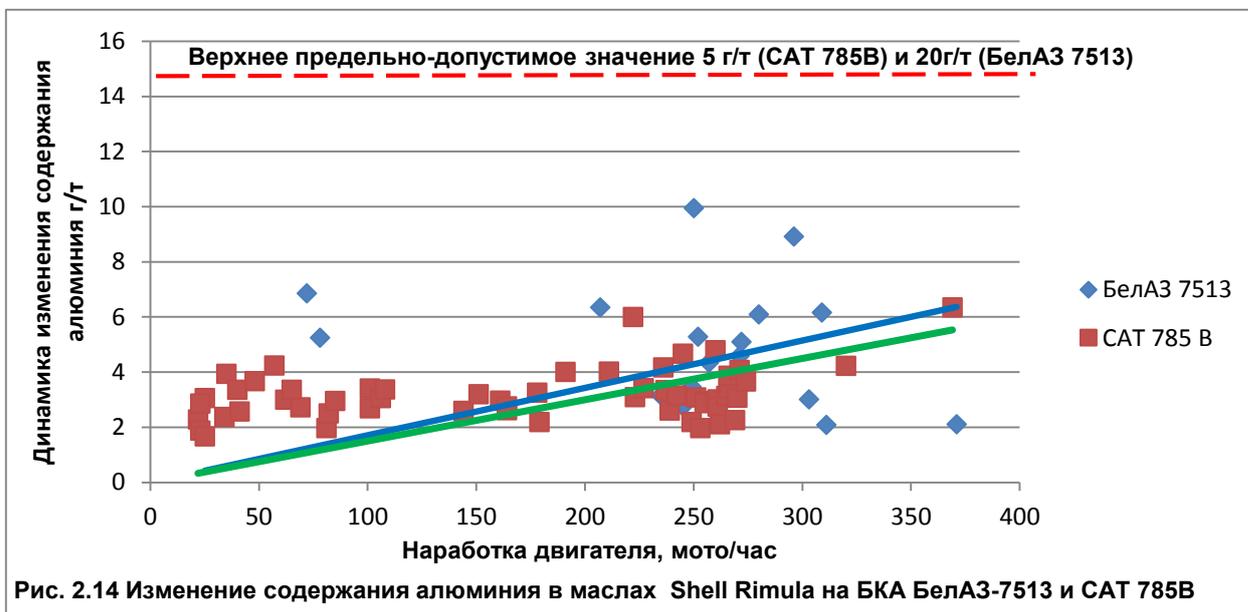
Концентрация содержания хрома находится на низком уровне и составляет 0,5-0,7 г/т при наработке двигателя 350 мч.

Об интенсивности износа шатунных подшипников и подшипников коленчатого вала, втулок из латуни и бронзы (встречается также олово и/или свинец и цинк), трубопроводе масляного радиатора можно судить по содержанию частиц меди в моторном масле.



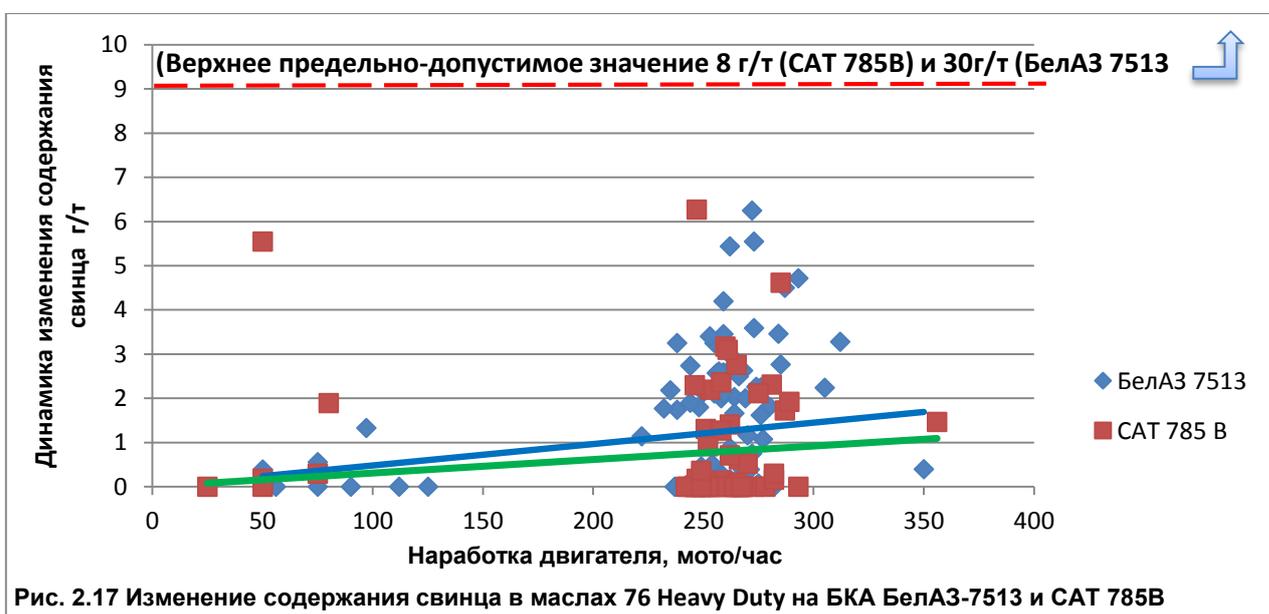
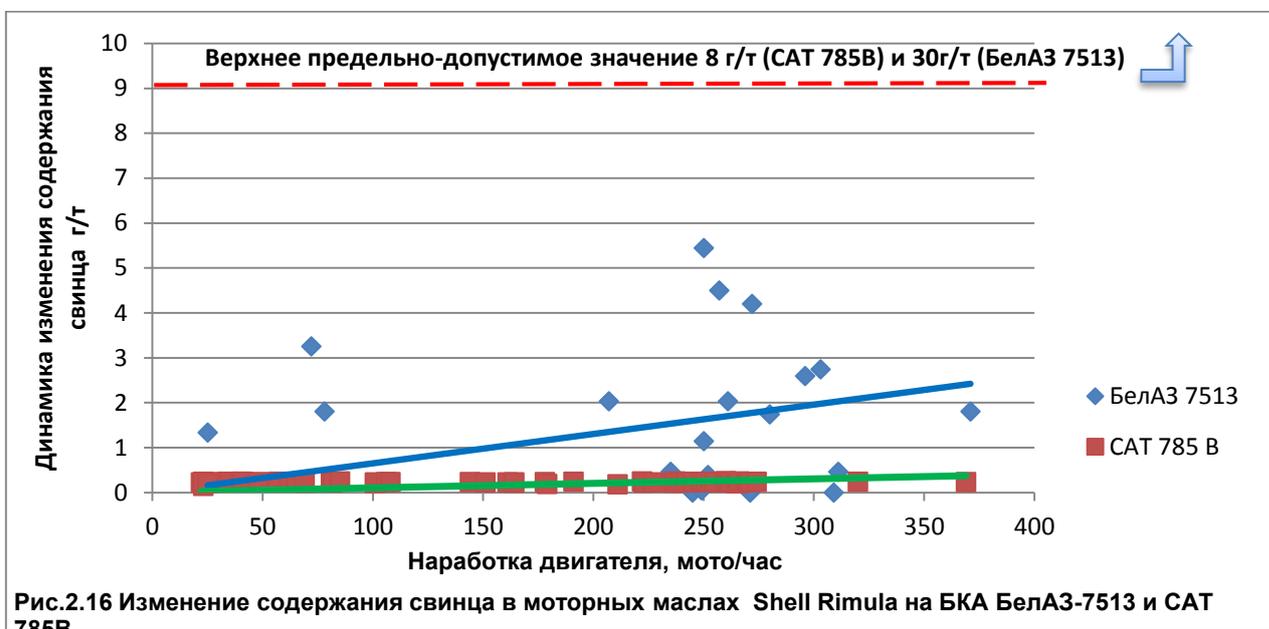
Концентрация содержания меди находится в пределах допустимого, но в моторных маслах 76 Heavy Duty наблюдается явно повышенное содержание, по сравнению с маслом Shell Rimula, что также может свидетельствовать о необходимости увеличении противоизносных свойств масла Heavy Duty для использования в двигателях CAT 3512.

Возможными источниками износа при высокой концентрации содержания **алюминия** в масле могут быть поршни, нажимные подшипники сцепления, подшипники турбин, подшипники коленчатого вала и шатунные для гусеничных двигателей.



В обеих марках масла концентрация содержания алюминия остается стабильной, и как видно из графика в двигателях автосамосвалов БелАЗ 7513 моторное масло Heavy Duty показало низкое содержание износа данного элемента.

Наличие свинца в моторном масле объясняется образованием продуктов износа данного элемента в металлических покрытиях шатунных подшипников и подшипников коленчатого вала, или при добавлении последующих присадок.



В обеих марках масла концентрация содержания свинца остается стабильной, как видно из графика в двигателях автосамосвалов БелАЗ 7513 и CAT 785В.

Выводы по главе

Показатели качества моторных масел приняты согласно ГОСТ 8581-78 “Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия” и ГОСТ 10541-78 “Масла моторные универсальные и для карбюраторных двигателей. Технические условия”. Из них для оценки изменения качества выбраны вязкость, щелочное число, температура вспышки и содержание продуктов износа. Оценку изменения качества моторного масла в процессе эксплуатации проводили путем определения изменения вязкости, щелочного числа, температуры вспышки и содержания продуктов износа в масле.

На основании проведенных исследований были определены изменения физико-химических показателей масла при их наработке до 300-350 моточас. Результаты исследований показали, что при наработке масла до 350 моточас показатели качества не превышают допустимых предельных значений. Температура вспышки только в одном случае снижается до 190°С при допустимом ее значении 170°С, во всех остальных случаях она снижается до 190 – 200°С. Щелочное число снижается до 4,5 – 5 мг КОН/г при допустимом их значении до 3 мг КОН/г. Содержание железа, хрома, меди при наработке до 350 моточас не превышает допустимые пределы.

Результаты анализа отработанного масла могут быть использованы для контроля уровней загрязнения двигателя, что позволит судить о таких недостатках или неполадках в работе системы, как некачественная фильтрация воздуха, утечки охлаждающей жидкости, разжижение топлива и износ металлических деталей, что может свидетельствовать о неисправности двигателя.

Данный метод предполагает сравнение результатов анализа отработанного масла с данными, полученными для свежего масла. Степень ухудшения показателей отработанного масла по отношению к свежему маслу служит индикатором, позволяющим контролировать состояние системы.

Глава III. Сравнительный анализ расхода моторных масел

3.1 Сбор информации по расходу моторных масел подконтрольных автосамосвалов

Для поддержания карьерного самосвала в постоянной технической готовности и предотвращения интенсивного износа деталей в процессе эксплуатации необходимо периодически в установленные сроки выполнять техническое обслуживание узлов и систем.

В процессе эксплуатации карьерных автосамосвалов происходит непрерывный расход масла на замену связанный с проведением технического обслуживания и расход масла на доливку. Существуют строго установленные нормы общего расхода моторных масел на замену и на доливку. Для проведения анализа расхода масел в процессе эксплуатации подконтрольных автосамосвалов учитывался расход масел на замену и на доливку.

Замена масла производилась в соответствии с регламентированным техническим обслуживанием через каждые 250 мото-часов наработки двигателя, а долив масла по мере уменьшения объема масла в картере двигателя [16]. В настоящее время используются марки масел фирм производителей, таких как SHELL и 76 CONOCO PHILLIPS.

В связи с потерями масла на угар и утечки через изношенные уплотнения происходит уменьшение уровня масла в двигателе, в результате чего регулярно производилась доливка масла до необходимого уровня, и велся учет объема доливаемого масла.

Достоверность индивидуальных норм расхода смазочных материалов зависит от обоснованного выбора (назначения) объектов для проведения наблюдений за расходом смазочных материалов (СМ). Наблюдениям необходимо подвергать машины с различным техническим состоянием: новые (после выпуска, ремонта), с общей наработкой, близкой к среднему значению межремонтного ресурса, и с наработкой, близкой к предельному

значению межремонтного ресурса. Образцы машин, выбираемые для наблюдения за расходом смазочных материалов, должны быть представлены не менее чем 3-5 единицами от каждой группы технического состояния.

Для более детального анализа расхода моторных масел было взято 9 подконтрольных автосамосвалов. Они были поделены на 3 группы в соответствии с наработкой двигателя с момента эксплуатации.

1 группа – с наработкой двигателя от 0 до 5000 мото-часов, так называемые “новые самосвалы”.

2 группа – с наработкой двигателя от 5000 до 15000 мото-часов.

3 группа – с наработкой двигателя от 15000 до 25000 мото-часов.

Результаты замеров расхода масел на замену и доливку были сведены в удобочитаемые формы и таблицы в соответствии с возрастной группой. В таблицах 3.1 – 3.5 приведены результаты замеров расхода масел.

Анализ результатов наблюдений за расходом машинami CM предполагает:

- составление обобщенных данных по результатам наблюдений за расходом каждого вида CM машинami (агрегатами и узлами) данного типа (марки);
- анализ возможных причин расхождений в значениях расхода CM у машин одной группы по техническому состоянию;
- разработку проекта индивидуальных норм расхода каждого вида CM для машин данного типа (марки).

Результаты экспериментов по определению норм расхода масел

Таблица 3.1

Результаты замеров расхода моторных масел на замену и на доливку карьерных самосвалов БелАЗ 7513 грузоподъемностью 130 тонн, с наработкой двигателя 0-5000 мото-часов.						
№ п/п	Тип двигателя	Дата	Наработка двигателя (мото-час)	Удельный расход топлива (л/мч)	Расход масла (л)	
					на замену	Удельный расход масла на доливку (л/мч)
1	QSK-45 C	02.06.2012	248	110	209	0,1
2	QSK-45 C	05.06.2012	256	110	209	0,15
3	QSK-45 C	08.06.2012	258	120	209	0,15
4	QSK-45 C	11.06.2012	266	120	209	0,2
5	QSK-45 C	14.06.2012	249	130	209	0,15
6	QSK-45 C	17.06.2012	268	120	209	0,15
7	QSK-45 C	20.06.2012	265	130	209	0,25
8	QSK-45 C	23.06.2012	262	130	209	0,25
9	QSK-45 C	27.06.2012	248	120	209	0,15
10	QSK-45 C	30.06.2012	264	120	209	0,2
11	QSK-45 C	03.07.2012	249	110	209	0,15
12	QSK-45 C	06.07.2012	274	120	209	0,2
13	QSK-45 C	09.07.2012	272	120	209	0,25
14	QSK-45 C	12.07.2012	238	100	209	0,1
15	QSK-45 C	15.07.2012	262	120	209	0,2
16	QSK-45 C	18.07.2012	258	120	209	0,15
17	QSK-45 C	21.07.2012	246	130	209	0,2
18	QSK-45 C	24.07.2012	262	130	209	0,2
19	QSK-45 C	28.07.2012	258	120	209	0,15
20	QSK-45 C	31.07.2012	254	120	209	0,1
21	QSK-45 C	01.08.2012	222	130	209	0,2
22	QSK-45 C	04.08.2012	259	130	209	0,25
23	QSK-45 C	07.08.2012	244	100	209	0,1
24	QSK-45 C	10.08.2012	253	120	209	0,15
25	QSK-45 C	13.08.2012	259	110	209	0,15
26	QSK-45 C	17.08.2012	270	130	209	0,2
27	QSK-45 C	20.08.2012	263	130	209	0,25
28	QSK-45 C	23.08.2012	264	130	209	0,2
29	QSK-45 C	26.08.2012	253	130	209	0,2
30	QSK-45 C	29.08.2012	255	130	209	0,2

Результаты экспериментов по определению норм расхода масел

Таблица 3.2

Результаты замеров расхода моторных масел на замену и на доливку карьерных самосвалов БелАЗ 7513 грузоподъемностью 130 тонн, с наработкой двигателя 5000-15000 мото-часов.						
№ п/п	Тип двигателя	Дата	Наработка двигателя (мото-час)	Удельный расход топлива (л/мч)	Расход масла (л)	
					на замену	Удельный расход масла на доливку (л/мч)
1	QSK-45 C	02.06.2012	254	100	209	0,2
2	QSK-45 C	05.06.2012	268	100	209	0,1
3	QSK-45 C	08.06.2012	273	110	209	0,3
4	QSK-45 C	11.06.2012	257	130	209	0,4
5	QSK-45 C	14.06.2012	257	130	209	0,4
6	QSK-45 C	17.06.2012	269	130	209	0,4
7	QSK-45 C	20.06.2012	245	130	209	0,4
8	QSK-45 C	23.06.2012	259	130	209	0,4
9	QSK-45 C	27.06.2012	255	130	209	0,4
10	QSK-45 C	30.06.2012	261	110	209	0,2
11	QSK-45 C	03.07.2012	266	120	209	0,4
12	QSK-45 C	06.07.2012	253	120	209	0,3
13	QSK-45 C	09.07.2012	275	130	209	0,4
14	QSK-45 C	12.07.2012	263	100	209	0,2
15	QSK-45 C	15.07.2012	271	100	209	0,1
16	QSK-45 C	18.07.2012	276	100	209	0,1
17	QSK-45 C	21.07.2012	264	110	209	0,2
18	QSK-45 C	24.07.2012	274	120	209	0,3
19	QSK-45 C	28.07.2012	250	120	209	0,3
20	QSK-45 C	31.07.2012	246	120	209	0,3
21	QSK-45 C	01.08.2012	255	120	209	0,3
22	QSK-45 C	04.08.2012	293	120	209	0,3
23	QSK-45 C	07.08.2012	264	100	209	0,2
24	QSK-45 C	10.08.2012	241	110	209	0,2
25	QSK-45 C	13.08.2012	237	100	209	0,1
26	QSK-45 C	17.08.2012	257	100	209	0,2
27	QSK-45 C	20.08.2012	267	100	209	0,1
28	QSK-45 C	23.08.2012	264	100	209	0,1
29	QSK-45 C	26.08.2012	268	100	209	0,1
30	QSK-45 C	29.08.2012	276	120	209	0,3
31	QSK-45 C	29.08.2012	272	120	209	0,2

Результаты экспериментов по определению норм расхода масел

Таблица 3.3

Результаты замеров расхода моторных масел на замену и на доливку карьерных самосвалов БелАЗ 7513 грузоподъемностью 130 тонн, с наработкой двигателя 15000-25000 мото-часов.						
№ п/п	Тип двигателя	Дата	Наработка двигателя (мото-час)	Удельный расход топлива (л/мч)	Расход масла (л)	
					на замену	Удельный расход масла на доливку (л/мч)
1	QSK-45 C	02.06.2012	271	110	209	0,3
2	QSK-45 C	05.06.2012	268	90	209	0,2
3	QSK-45 C	08.06.2012	265	90	209	0,1
4	QSK-45 C	11.06.2012	243	90	209	0,1
5	QSK-45 C	14.06.2012	269	100	209	0,3
6	QSK-45 C	17.06.2012	241	100	209	0,2
7	QSK-45 C	20.06.2012	253	90	209	0,2
8	QSK-45 C	23.06.2012	259	110	209	0,4
9	QSK-45 C	27.06.2012	252	90	209	0,1
10	QSK-45 C	30.06.2012	254	100	209	0,2
11	QSK-45 C	03.07.2012	248	100	209	0,2
12	QSK-45 C	06.07.2012	272	100	209	0,2
13	QSK-45 C	09.07.2012	257	90	209	0,1
14	QSK-45 C	12.07.2012	285	100	209	0,1
15	QSK-45 C	15.07.2012	273	110	209	0,2
16	QSK-45 C	18.07.2012	262	110	209	0,2
17	QSK-45 C	21.07.2012	277	100	209	0,2
18	QSK-45 C	24.07.2012	256	100	209	0,1
19	QSK-45 C	28.07.2012	287	110	209	0,2
20	QSK-45 C	31.07.2012	259	100	209	0,1
21	QSK-45 C	01.08.2012	238	90	209	0,1
22	QSK-45 C	04.08.2012	281	120	209	0,3
23	QSK-45 C	07.08.2012	282	120	209	0,4
24	QSK-45 C	10.08.2012	280	120	209	0,3
25	QSK-45 C	13.08.2012	279	120	209	0,4
26	QSK-45 C	17.08.2012	263	110	209	0,3
27	QSK-45 C	20.08.2012	242	110	209	0,3
28	QSK-45 C	23.08.2012	270	110	209	0,3
29	QSK-45 C	26.08.2012	265	100	209	0,2
30	QSK-45 C	29.08.2012				

Результаты экспериментов по определению норм расхода масел

Таблица 3.4

Результаты замеров расхода моторных масел на замену и на доливку карьерных самосвалов CAT 785 В грузоподъемностью 130 тонн, с наработкой двигателя 5000-15000 мото-часов.						
№ п/п	Тип двигателя	Дата	Наработка двигателя (мото-час)	Удельный расход топлива (л/мч)	Расход масла (л)	
					на замену	Удельный расход масла на доливку (л/мч)
1	CAT 3512	02.06.2012	251	70	159	0,05
2	CAT 3512	05.06.2012	247	60	159	0,05
3	CAT 3512	08.06.2012	253	60	159	0,025
4	CAT 3512	11.06.2012	266	70	159	0,05
5	CAT 3512	14.06.2012	254	70	159	0,05
6	CAT 3512	17.06.2012	264	70	159	0,075
7	CAT 3512	20.06.2012	246	70	159	0,05
8	CAT 3512	23.06.2012	253	70	159	0,05
9	CAT 3512	27.06.2012	285	70	159	0,05
10	CAT 3512	30.06.2012	268	90	159	0,1
11	CAT 3512	03.07.2012	252	70	159	0,05
12	CAT 3512	06.07.2012	80	80	159	0,075
13	CAT 3512	09.07.2012	265	90	159	0,1
14	CAT 3512	12.07.2012	251	60	159	0,025
15	CAT 3512	15.07.2012	266	60	159	0,025
16	CAT 3512	18.07.2012	260	60	159	0,05
17	CAT 3512	21.07.2012	246	70	159	0,05
18	CAT 3512	24.07.2012	267	70	159	0,05
19	CAT 3512	28.07.2012	247	70	159	0,05
20	CAT 3512	31.07.2012	249	70	159	0,05
21	CAT 3512	01.08.2012	258	80	159	0,05
22	CAT 3512	04.08.2012	246	80	159	0,075
23	CAT 3512	07.08.2012	282	90	159	0,1
24	CAT 3512	10.08.2012	268	80	159	0,075
25	CAT 3512	13.08.2012	259	90	159	0,1
26	CAT 3512	17.08.2012	255	60	159	0,025
27	CAT 3512	20.08.2012	262	60	159	0,025
28	CAT 3512	23.08.2012	248	70	159	0,05
29	CAT 3512	26.08.2012	251	70	159	0,05

Результаты экспериментов по определению норм расхода масел

Таблица 3.5

Результаты замеров расхода моторных масел на замену и на доливку карьерных самосвалов CAT 785 В грузоподъемностью 130 тонн, с наработкой двигателя 15000-25000 мото-часов.						
№ п/п	Тип двигателя	Дата	Наработка двигателя (мото-час)	Удельный расход топлива (л/мч)	Расход масла (л)	
					на замену	Удельный расход масла на доливку (л/мч)
1	CAT 3512	02.06.2012	262	80	140	0,12
2	CAT 3512	05.06.2012	265	60	140	0,08
3	CAT 3512	08.06.2012	260	60	140	0,04
4	CAT 3512	11.06.2012	285	80	140	0,08
5	CAT 3512	14.06.2012	274	80	140	0,12
6	CAT 3512	17.06.2012	262	70	140	0,08
7	CAT 3512	20.06.2012	259	70	140	0,08
8	CAT 3512	23.06.2012	265	70	140	0,08
9	CAT 3512	27.06.2012	261	80	140	0,12
10	CAT 3512	30.06.2012	225	90	140	0,16
11	CAT 3512	03.07.2012	259	90	140	0,16
12	CAT 3512	06.07.2012	275	90	140	0,12
13	CAT 3512	09.07.2012	271	90	140	0,16
14	CAT 3512	12.07.2012	264	80	140	0,08
15	CAT 3512	15.07.2012	263	80	140	0,12
16	CAT 3512	18.07.2012	263	80	140	0,08
17	CAT 3512	21.07.2012	259	60	140	0,04
18	CAT 3512	24.07.2012	292	70	140	0,08
19	CAT 3512	28.07.2012	239	70	140	0,12
20	CAT 3512	31.07.2012	277	70	140	0,08
21	CAT 3512	01.08.2012	236	70	140	0,12
22	CAT 3512	04.08.2012	253	70	140	0,08
23	CAT 3512	07.08.2012	267	80	140	0,12
24	CAT 3512	10.08.2012	265	80	140	0,12
25	CAT 3512	13.08.2012	244	80	140	0,12
26	CAT 3512	17.08.2012	266	70	140	0,08
27	CAT 3512	20.08.2012	254	70	140	0,08
28	CAT 3512	23.08.2012	264	70	140	0,08
29	CAT 3512	26.08.2012	251	70	140	0,08

3.2 Анализ расхода моторных масел подконтрольных большегрузных карьерных автосамосвалов

3.2.1. Общие положения

Понятие норма расхода топлива или смазочного материала применительно к автомобильному транспорту подразумевает установленное значение меры потребления данного расходного материала при работе конкретного автомобиля на определенном этапе эксплуатации. При этом различают базовое значение расхода данного материала, которое определяют для каждой модели автомобиля по стандартной методике в качестве общепринятой нормы, и расчетное нормативное значение расхода топлива, учитывающее условия эксплуатации автомобиля.

Нормы расхода топлив (смазочных материалов) на автомобильном транспорте необходимы для:

- расчетов нормируемого значения расхода топлив;
- ведения статистической и оперативной отчетности;
- определения себестоимости перевозок и других видов транспортных работ;
- планирования потребности предприятий в обеспечении нефтепродуктами;
- осуществления расчетов по налогообложению предприятий;
- обеспечения режима экономии и энергосбережения потребляемых нефтепродуктов;
- проведения расчетов с пользователями транспортными средствами, водителями и т.д.

Нормы расхода ГСМ имеют статус постоянных или временных норм.

Вновь устанавливаемые нормы действуют как временные до их введения в качестве постоянных, при этом, временные нормы действительны на срок не более 2-х лет с момента их разработки. В этот период осуществляется проверка соответствия установленного значения временной нормы среднестатистическому расходу для данной модели автомобиля и, при необходимости, проводится уточнение значения нормы [39].

Временные нормы разрабатываются на основе «методики определения базисных норм расхода ГСМ на автомобильном транспорте». Нормы расхода топлива устанавливаются для каждой модели, марки и модификации эксплуатируемых автомобилей и соответствуют определенным условиям работы автомобильных транспортных средств согласно их классификации и назначению. Нормы включают расход топлива, необходимый для осуществления транспортного процесса. Расход топлива на технические, гаражные и прочие внутренние хозяйственные нужды, не связанные непосредственно с технологическим процессом перевозок пассажиров и грузов, в состав норм не включается и устанавливается отдельно.

Базисная норма расхода топлива зависит от конструкции автомобиля и его агрегатов, категории, типа и назначения автомобильного подвижного состава (легковые, грузовые, автобусы и т.д.), от вида используемого топлива и учитывает снаряженное состояние автомобиля, типизированный маршрут и режим движения в эксплуатации.

Норма на транспортную работу включает базисную норму и зависит от грузоподъемности или от нормируемой загрузки, или от конкретной массы перевозимого груза, с учетом условий эксплуатации АТС.

Учет дорожно-транспортных, климатических и других эксплуатационных факторов производится с помощью поправочных коэффициентов, регламентированных в виде процентов повышения или снижения исходного значения нормы.

На автомобильном транспорте Узбекистана действует система нормирования эксплуатационного расхода топлива, учитывающая особенности и условия работы.

Целью нормирования расхода топлива является рациональное распределение топливных ресурсов по объектам в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Во исполнение закона Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» от 25.04.1997г. и решения Комиссии по экономии

топливно-энергетических ресурсов Кабинета Министров Республики Узбекистан от 16.10.2003г. №31 – 6 – 13, разработка научно обоснованных норм потребления энергоресурсов (в данном случае моторное масло), является одной из составляющих, проводимых организационно – технических мероприятий по рациональному использованию топливно – энергетических ресурсов.

Нормы расхода масел устанавливаются для каждой марки и моделей автомобилей в литрах на 100 л общего нормативного расхода топлива. Значения установленных норм расхода масел уменьшаются на 50% для всех автомобилей, находящихся в эксплуатации до 3-х лет, и увеличиваются до 20% для автомобилей, находящихся в эксплуатации более 8 лет [11].

Временные нормы расхода масел, л, и смазок, кг на 100 л общего расхода топлива

3.2.2 Определение расхода топлива автосамосвалами с учетом конструктивных особенностей и технических параметров

Одним из важнейших эксплуатационных показателей работы карьерных автосамосвалов является расход топлива. К примеру, потребление дизельного топлива технологическим карьерным автотранспортом в России достигает 1,2 млн. тонн в год. Затраты на топливо составляют одну из основных статей текущих эксплуатационных затрат, доля которых в общих затратах доходит до 50%. Кроме того, экологические вопросы функционирования самосвалов, в первую очередь загрязнения атмосферного воздуха, напрямую связаны с расходом топлива [25].

Повышенное внимание к расходу топлива определяется тем, что этот показатель в полной мере зависит от технических параметров и конструктивных особенностей автосамосвалов, условий внешней среды, сроков и условий эксплуатации, и поэтому по уровню расхода топлива можно оценить общее техническое состояние автосамосвала. Перечислим самые основные факторы, влияющие на расход топлива:

- состояние двигателя и трансмиссии автосамосвала, срок его эксплуатации;

- степень накачки и качество протекторов шин;
- качество дорожного покрытия, определяемое удельным сопротивлением качению;
- геометрические особенности автотранспортных коммуникаций (зависят от главных параметров карьера);
- качество призабойных и разгрузочных площадок;
- полезная масса автосамосвала;
- климатические особенности и географическое положение карьера.

Для более рациональной экономии топлива необходимы методы учета его эксплуатационного расхода, которые охватывали бы горнотехнические условия эксплуатации, режимы и параметры движения автосамосвала. Необходимо сказать, что эксплуатационный учет расхода топлива можно обеспечить при наличии на автосамосвале аппаратуры, определяющей горнотехнические условия эксплуатации, параметры автосамосвала и параметры его движения.

Расход масла на угар имеет тесную связь с расходом топлива. В соответствии с вышеизложенным за главный показатель расхода масла на угар был взят удельный расход топлива на единицу времени работы двигателя.

3.2.3 Экспериментальная часть

Объектами испытаний были выбраны карьерные самосвалы марки БелАЗ 7513 с двигателем QSK 45 C и CAT 785 C с двигателем CAT 3512.

Целью испытаний является сравнительный анализ расхода моторных масел. Для проведения эксплуатационных испытаний были выбраны образцы данных марок автосамосвалов.

Для получения данных по расходу топлива на испытуемых образцах проводились контрольные замеры расхода топлива.

Замеры расхода масла производились после каждого учетного цикла испытаний.

Замеры расхода моторного масла на угар проводились в тяжелых карьерных условиях на участках дорог карьера Мурунтау. Замеры проводились в соответствии с порядком выполнения замеров:

1. Произвести диагностические работы в системах двигателя, исключающих утечки моторного масла в соединениях и уплотнениях двигателя.
2. Выставить а/самосвал на ровную площадку.
3. Обеспечить рабочую температуру системы смазки двигателя в пределах 80-90⁰ С.
4. Произвести долив моторного масла до верхней метки щупа.
5. Зарегистрировать показание м/счетчика на момент доливки.
6. Производить контрольный долив моторного масла до верхней метки щупа в пределах 50 м/часов работы двигателя в следующей последовательности:
 - 6.1. Выставить а/самосвал на ровную площадку.
 - 6.2. Обеспечить рабочую температуру системы смазки двигателя в пределах 80-90⁰ С.
 - 6.3. Произвести долив моторного масла из специальной мерной емкости до верхней метки щупа.
 - 6.4. Зарегистрировать показание м/счетчика на момент доливки.
 - 6.5. Определить расход моторного масла на угар и фактическую наработку двигателя за период контрольной эксплуатации – 50 м/ч.
7. Произвести контрольную эксплуатацию а/самосвала с вышеуказанным порядком регистрации доливок моторного масла на угар в течении следующих 250 м/часов работы двигателя.
8. Определить среднестатистический расход моторного масла на угар для двигателя с наработкой 1500 м/часов.

3.2.4. Статистический анализ выборки значений удельного расхода масла на долив

Расчетно-статистический метод

Расчетно-статистический метод сочетает положительные стороны расчетно-аналитического и вероятностно-статистического методов. Он пригоден для различных условий производства и является весьма гибким, так как позволяет рассчитывать первичные и суммарные погрешности, оценивая их отдельные составляющие статистически или расчетным путем. При недостатке расчетных данных он может в большей мере носить вероятностно-статистический характер. В то же время, применяя детерминированный подход, можно определить поле рассеяния случайных погрешностей расчетно-аналитическим методом. Ниже приводятся анализ и расчеты погрешностей обработки на базе расчетно-статистического метода.

Расчетно-статистический метод анализа применяют, когда закон распределения погрешностей внутри поля допуска неизвестен или значительно отличается от нормального закона.

Расчетно-статистический метод определения норм основан на сочетании статистического метода с расчетным.

Расчетно-статистический метод разработки норм расхода топлива основан на анализе статистических данных о фактическом удельном расходе за ряд предшествующих лет с учетом факторов, влияющих на его изменение. Метод применяют как исключение в тех случаях, когда не представляется возможным использовать для разработки норм расчетно-аналитический и опытный методы.

Расчетно-статистическим методом нормы определяются путем анализа статистических фактических данных о расходе ТЭР и факторов, влияющих на их использование. Основным недостатком используемых экономико-статистических моделей (экстраполяция динамических рядов и модели

множественной регрессии) является невозможность в прямом виде учесть глубокие структурные изменения в перспективе.

По *расчетно-статистическому методу нормы* на предстоящий период устанавливаются на основе анализа динамики фактических удельных расходов, имевших место в прошлый период, и поправок, вносимых мастером, нормировщиком или технологом на основе своего опыта. При применении расчетно-статистического метода могут быть использованы теория вероятности и математическая статистика. Расчетно-статистический метод переносит имевшиеся ранее неоправданные потери на будущий период, не способствует полному выявлению резервов производства, недостаточно учитывает прогресс в области технологии и организации производства. Это указывает на существенные недостатки рассматриваемого метода, на необходимость отказа от его практического применения [12].

При использовании *расчетно-статистического метода нормы расхода топлива* устанавливают на основе анализа статистических данных фактических удельных расходов топлива, а также факторов, влияющих на изменение нормальных условий эксплуатации. В качестве математического аппарата используют модели множественной регрессии.

Для статистического анализа производим вычисление основных статистических характеристик выборки значений удельного расхода масла по формулам:

$$MX = \frac{\sum_{i=0}^n Xi * ni}{n}$$

Несмещенная эмпирическая дисперсия:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(Xi - \bar{X})^2}{n-1}$$

Смещенная эмпирическая дисперсия:

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{(Xi - \bar{X})^2}{n}$$

Среднеквадратическое отклонение:

$$\delta = \sqrt{S}$$

Проверка значений выборки на нормальность распределения производим посредством критерия χ^2 . По критерию χ^2 область возможных значений по данной выборке, делится на n промежутков.

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}$$

где:

n – количество элементов выборки;

m_i – число значений выборки в i -том промежутке;

p_i – теоретическая вероятность попадания точки в i -тый промежуток.

В качестве теоретической функции распределения выбирается нормальная функция распределения с параметрами X, S .

В случае, если:

$$\chi^2 \geq \chi^* \alpha^2_{n-3}$$

где: $\chi^* \alpha^2_{n-3}$ – значение χ^2 распределения с уровнем значимости α и степенью свободы $n-3$. Это, предположение на нормальность отвергается и необходимо формирование новой выборки значений фактического расхода масла.

В противном случае, выборка принимается нормальной с уровнем значимости α .

Производим проверку принадлежности элементов выборок n к одной генеральной совокупности.

В целях достижения большой достоверности искомого результата (действительного значения удельного расхода масла), очевидна необходимость в рассмотрении нескольких (m) выборок X_i , где $i=1 \dots m$.

Проверку принадлежности элементов выборки к данной из гипотез генеральной совокупности осуществляем посредством проверки гипотез.

$D(X_1) = D(X_2)$ и $M(X_1) = M(X_2)$ Критериями Фишера и Стьюдента

где: $D(X_1) = D(X_2)$ – теоретические дисперсии генеральной совокупности 1 и 2 выборок;

$M(X_1) = M(X_2)$ – теоретические математические ожидания генеральной совокупности 1 и 2 выборок.

Для критерия Фишера в качестве контрольной величины используется отношение эмпирических дисперсий

$$F = \frac{S_1}{S_2} \quad \text{при этом считается, что } S_1 > S_2$$

Критической областью является:

$$F > F_p, K_1, K_2$$

Где значения F_p, K_1, K_2 – значения распределения Фишера с уровнем значимости $p=\alpha/2, \alpha=0,05$, степенями свободы $K_1 = n_1 - 1, K_2 = n_2 - 1$.

При этом, если вычисленное по выборкам значение $F > F_p, K_1, K_2$ то гипотеза равенства дисперсий должна быть отклонена.

В случае $F < F_p, K_1, K_2$ т.е. удовлетворительного ответа переходим к проверке равенства математических ожиданий.

Проверка равенства математических ожиданий осуществляется по критерию Стьюдента, которая в качестве контрольной величины использует:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(m_1-1)S_1 + (m_2-1)S_2}} * \sqrt{\frac{m_1 * m_2 * (m_1 + m_2 - 2)}{m_1 + m_2}}$$

Далее, для уровня значимости α и степени свободы $i=m_1+m_2-2$, определяется $t_{\alpha, i}$, значение t – распределение Стьюдента.

Если вычисленная по выборке T удовлетворяет неравенству $|T| > t_{\alpha, i}$ то гипотезу $M(X_1) = M(X_2)$ отвергают. В противном случае, его принимают. И тогда на базе выборок X_1 и X_2 формируется окончательная выборка X .

В случае неудовлетворительности, этим критерием проверки, необходимо сделать отсеивание единичных резко выделенных значений выборки.

Если выборка принята нормальным с уровнем значимости α , который является неудовлетворительным (в смысле принадлежности ее элементов к

одной генеральной совокупности), то производится отсев резко выделенных элементов выборки [12].

Отсеивание единичных резко выделенных элементов выборки делается с помощью правила 3δ , т.е. X_i нормально распределяемая величина, то:

$$P(\bar{X} - 3\delta < X_i < \bar{X} + 3\delta) = 0,975$$

То значит, что вероятность не попадания X_i в отрезок $(\bar{X} - 3\delta, \bar{X} + 3\delta)$ очень мала [35].

Тем самым утверждать, что единичные резкие выделения будут за пределами этого отрезка. Поэтому, при необходимости, все точки за пределами этого отрезка можно отсеять.

После отсеивания получаем качественно новую выборку, которую необходимо проверить на нормальность, а при наличии нескольких выборок проверить также принадлежность этих элементов выборок к одной генеральной совокупности. Таким образом, в итоге будем иметь окончательную выборку для оценки математического ожидания значений.

Оценка математического ожидания значений удельного расхода топлива и определение его действительного значения.

Полученная после статистического анализа окончательная выборка значений удельного расхода масла будет обладать хорошим качеством для получения наиболее достоверных оценок математического ожидания значений удельного расхода масла.

3.2.5. Корреляционный анализ систем случайных величин

Одним из основных задач любого исследования является выяснения взаимосвязей явлений. В технических науках чаще всего приходится сталкиваться с системой случайных величин. Система случайных величин – это две или несколько случайных величин, которые в большей или меньшей мере связаны между собой. Для определения числовых количественных оценок взаимной связи между случайными величинами проводится корреляционный анализ. В математической статистике понимается как связь.

Таким образом, при проведении корреляционного анализа выясняется степень зависимости удельного расхода масла на доливку от удельного расхода топлива на 1 мч работы двигателя.

Составляется корреляционная таблица

Таблица 3.6

Удельный расход масла, y , л/мч	Удельный расход топлива, x , (л/мч)				n_y	$y_j n_y$	$y_j^2 n_y$	$x_i n_{yx}$	$y_j x_i n_{yx}$	Номера строк, k
	80	90	100	110						
0,1	5	3			8	208	5408	7,5	195,0	1
0,2		2	6	1	9	243	6561	9,8	264,6	2
0,3		1	4	5	10	280	7840	11,4	319,2	3
0,4				2	2	58	1682	2,4	69,6	4
n_x	5	6	10	8	29	789	21491		848,4	5
$x_i n_x$	4,5	6,0	11,0	9,6	31,1					6
$x_i^2 n_x$	4,1	6,0	12,1	11,5	33,67					7
$y_j n_{yx}$	130,0	160,0	274,0	225,0	789,0					8
$x_i y_j n_{yx}$	117,0	160,0	301,4	270,0	848,4					9
Номера столбцов, p	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Изначально результаты эксперимента предварительно обрабатывается, т.е. записи упорядочиваются и заносятся в таблицы. Построение графиков сопровождается обычно отбрасыванием сильно отклоняющихся значений и «сглаживанием» экспериментальных кривых. Почти в каждом эксперименте появляется одно-два значения, резко отклоняющиеся от остальных. Это может быть результат ошибки измерения, неисправность или сбой прибора. Данное измерения считается браком, если отклонение превышает величину

3δ , где δ -среднеквадратическое отклонение. Следовательно, величина a_k какого либо неоднократного измерения считается браком если

$$a_k - \bar{a} > 3\delta$$

где \bar{a} - среднее арифметическое, вычисленное по всем измерениям, за исключением сомнительного a_k .

- определяется суммарные частоты n_x и n_y соответственно по столбцам X и строкам Y , где n – частоты в каждой заполненной клетке корреляционной таблицы;

- определяется произведения x_i или y_j на соответствующие частоты n_x или n_y и заносится в клетки $x_i n_x, y_j n_y$.

- определяется произведения квадратов x_i или y_j на соответствующие частоты n_x или n_y и заносится в клетки $x_i^2 \cdot n_x, y_j^2 \cdot n_y$; - определяется произведения y_j и x_i и соответствующих частот n_{yx} каждой заполненной клетке таблицы $\sum y_j n_{yx}$

- произведения полученных значений $\sum y_j n_{yx}, \sum x_i n_{yx}$ на соответствующие значения x_i и y_j и заносится в клетку $x_i \cdot \sum y_j \cdot n_{yx}$ и $y_j \cdot \sum x_i n_{yx}$

- осуществляется проверка выполненных расчетов $x_i \cdot \sum y_j \cdot n_{yx}$ и $y_j \cdot \sum x_i n_{yx}$, т.е. значения клеток на пересечении 9 – й строки и столбца должны быть равными.

- определяется среднеарифметические значения величин x и y :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^p x_i n_x$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^k y_j \cdot n_y$$

- определяется среднеарифметические значения произведений пар $(x_i, y_j) - \bar{xy}$:

$$\overline{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{P(k)} x_i y_j n_{xy}$$

- определяется среднеквадратические отклонения σ_x и σ_y :

$$\sigma_x = \sqrt{\overline{x^2} - (\overline{x})^2} = \sqrt{\frac{\sum x_i^2}{n} - \left(\frac{\sum x_i}{n}\right)^2}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\overline{y^2} - (\overline{y})^2} = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n} - \left(\frac{\sum y_i}{n}\right)^2}$$

- определяется коэффициент корреляции $r_p = \frac{\overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$

Если полученное значение близко к единице можно утверждать о тесной связи между расходом топлива y и нагрузкой автомобиля x .

- определяется средняя ошибка выборочного коэффициента корреляции по формуле:

$$r = r_p \pm \sigma_r$$

- строится график зависимости x и y .

- определяется математическая зависимость средних значений одной величины y от средних значений другой величины x . Это сокращенно называют уравнение регрессии y по x или x по y . Если две величины, то уравнения тоже будет два [21].

Если зависимость близка к линейной, то уравнение пишется линейной зависимостью:

$$y = a + bx \quad \text{и} \quad x = c + dx,$$

где $a = (\overline{y} - \frac{\mu_{xy}}{\sigma_x^2} \overline{x});$

$$b = \mu_{xy} / \sigma_x^2;$$

$$c = (\overline{x} - \frac{\mu_{xy}}{\sigma_y^2} \overline{y});$$

$$d = \mu_{xy} / \sigma_y^2;$$

$$\mu_{xy} = \overline{xy} - \overline{x} \cdot \overline{y}$$

Полученные эмпирические коэффициенты вставляются в уравнение

Данные и результаты обработки замеров расхода масла на долив в зависимости от удельного расхода топлива

Таблица 3.7

Расход масла двигателя QSK45C установленного на БКА БелАЗ 7513 с интервалом наработки 0-5000 мч						
№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч		№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч
1	81	0,025		31	111	0,139
2	82	0,028		32	112	0,143
3	83	0,032		33	113	0,147
4	84	0,036		34	114	0,151
5	85	0,04		35	115	0,155
6	86	0,044		36	116	0,158
7	87	0,048		37	117	0,162
8	88	0,051		38	118	0,166
9	89	0,055		39	119	0,17
10	90	0,059		40	120	0,174
11	91	0,063		41	121	0,177
12	92	0,067		42	122	0,181
13	93	0,07		43	123	0,185
14	94	0,074		44	124	0,189
15	95	0,078		45	125	0,193
16	96	0,082		46	126	0,197
17	97	0,086		47	127	0,2
18	98	0,09		48	128	0,204
19	99	0,093		49	129	0,208
20	100	0,097		50	130	0,212
21	101	0,101		51	131	0,216
22	102	0,105		52	132	0,219
23	103	0,109		53	133	0,223
24	104	0,112		54	134	0,227
25	105	0,116		55	135	0,231
26	106	0,12		56	136	0,235
27	107	0,124		57	137	0,239
28	108	0,128		58	138	0,242
29	109	0,132		59	139	0,246
30	110	0,135		60	140	0,25

Данные и результаты обработки замеров расхода масла на долив в
зависимости от удельного расхода топлива

Таблица 3.8

Расход масла двигателя QSK45C установленного на БКА БелАЗ 7513 с интервалом наработки 5000-15000 мч						
№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч		№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч
1	91	0,057		31	121	0,322
2	92	0,066		32	122	0,331
3	93	0,075		33	123	0,339
4	94	0,084		34	124	0,348
5	95	0,093		35	125	0,357
6	96	0,101		36	126	0,366
7	97	0,11		37	127	0,375
8	98	0,119		38	128	0,383
9	99	0,128		39	129	0,392
10	100	0,137		40	130	0,401
11	101	0,146		41	131	0,41
12	102	0,154		42	132	0,419
13	103	0,163		43	133	0,427
14	104	0,172		44	134	0,436
15	105	0,181		45	135	0,445
16	106	0,19		46	136	0,454
17	107	0,198		47	137	0,463
18	108	0,207		48	138	0,471
19	109	0,216		49	139	0,48
20	110	0,225		50	140	0,489
21	111	0,234		51	141	0,498
22	112	0,242		52	142	0,507
23	113	0,251		53	143	0,515
24	114	0,26		54	144	0,524
25	115	0,269		55	145	0,533
26	116	0,278		56	146	0,542
27	117	0,286		57	147	0,551
28	118	0,295		58	148	0,56
29	119	0,304		59	149	0,568
30	120	0,313		60	150	0,577

Данные и результаты обработки замеров расхода масла на долив в зависимости от удельного расхода топлива

Таблица 3.9

Расход масла двигателя QSK45C установленного на БКА БелАЗ 7513 с интервалом наработки 15000-25000 мч						
№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч		№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч
1	81	0,049		31	111	0,277
2	82	0,057		32	112	0,285
3	83	0,064		33	113	0,292
4	84	0,072		34	114	0,3
5	85	0,08		35	115	0,308
6	86	0,087		36	116	0,315
7	87	0,095		37	117	0,323
8	88	0,102		38	118	0,331
9	89	0,11		39	119	0,338
10	90	0,118		40	120	0,346
11	91	0,125		41	121	0,353
12	92	0,133		42	122	0,361
13	93	0,14		43	123	0,369
14	94	0,148		44	124	0,376
15	95	0,156		45	125	0,384
16	96	0,163		46	126	0,391
17	97	0,171		47	127	0,399
18	98	0,178		48	128	0,407
19	99	0,186		49	129	0,414
20	100	0,194		50	130	0,422
21	101	0,201		51	131	0,429
22	102	0,209		52	132	0,437
23	103	0,216		53	133	0,445
24	104	0,224		54	134	0,452
25	105	0,232		55	135	0,46
26	106	0,239		56	136	0,467
27	107	0,247		57	137	0,475
28	108	0,254		58	138	0,483
29	109	0,262		59	139	0,49
30	110	0,27		60	140	0,498

Данные и результаты обработки замеров расхода масла на долив в зависимости от удельного расхода топлива

Таблица 3.10

Расход масла двигателя CAT 3512 установленного на БКА CAT 785В с интервалом наработки 5000-15000 мч						
№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч		№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч
1	61	0,033		21	81	0,076
2	62	0,035		22	82	0,078
3	63	0,037		23	83	0,081
4	64	0,039		24	84	0,083
5	65	0,041		25	85	0,085
6	66	0,044		26	86	0,087
7	67	0,046		27	87	0,089
8	68	0,048		28	88	0,092
9	69	0,05		29	89	0,094
10	70	0,052		30	90	0,096
11	71	0,054		31	91	0,098
12	72	0,057		32	92	0,1
13	73	0,059		33	93	0,102
14	74	0,061		34	94	0,105
15	75	0,063		35	95	0,107
16	76	0,065		36	96	0,109
17	77	0,068		37	97	0,111
18	78	0,07		38	98	0,113
19	79	0,072		39	99	0,115
20	80	0,074		40	100	0,118

Данные и результаты обработки замеров расхода масла на долив в
зависимости от удельного расхода топлива

Таблица 3.11

Расход масла двигателя CAT 3512 установленного на БКА CAT 785B с интервалом наработки 15000-25000 мч						
№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч		№ п/п	Удельный расход топлива, л/мч	Удельный расход масла, л/мч
1	61	0,057		21	81	0,117
2	62	0,06		22	82	0,12
3	63	0,063		23	83	0,123
4	64	0,066		24	84	0,126
5	65	0,069		25	85	0,128
6	66	0,072		26	86	0,131
7	67	0,075		27	87	0,134
8	68	0,078		28	88	0,137
9	69	0,081		29	89	0,14
10	70	0,084		30	90	0,143
11	71	0,087		31	91	0,146
12	72	0,09		32	92	0,149
13	73	0,093		33	93	0,152
14	74	0,096		34	94	0,155
15	75	0,099		35	95	0,158
16	76	0,102		36	96	0,161
17	77	0,105		37	97	0,164
18	78	0,108		38	98	0,167
19	79	0,111		39	99	0,17
20	80	0,114		40	100	0,173

Рис. 3.1 Расход масла двигателя QSK45C с интервалом наработки 0-5000 мч

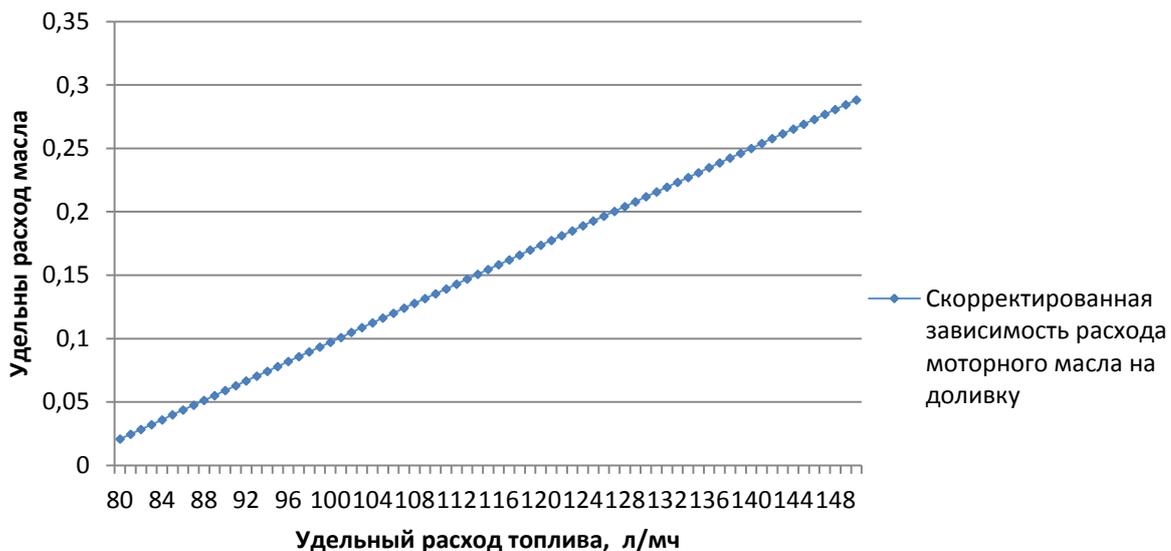


Рис. 3.2 Расход масла двигателя QSK45C с интервалом наработки 5000-15000 мч

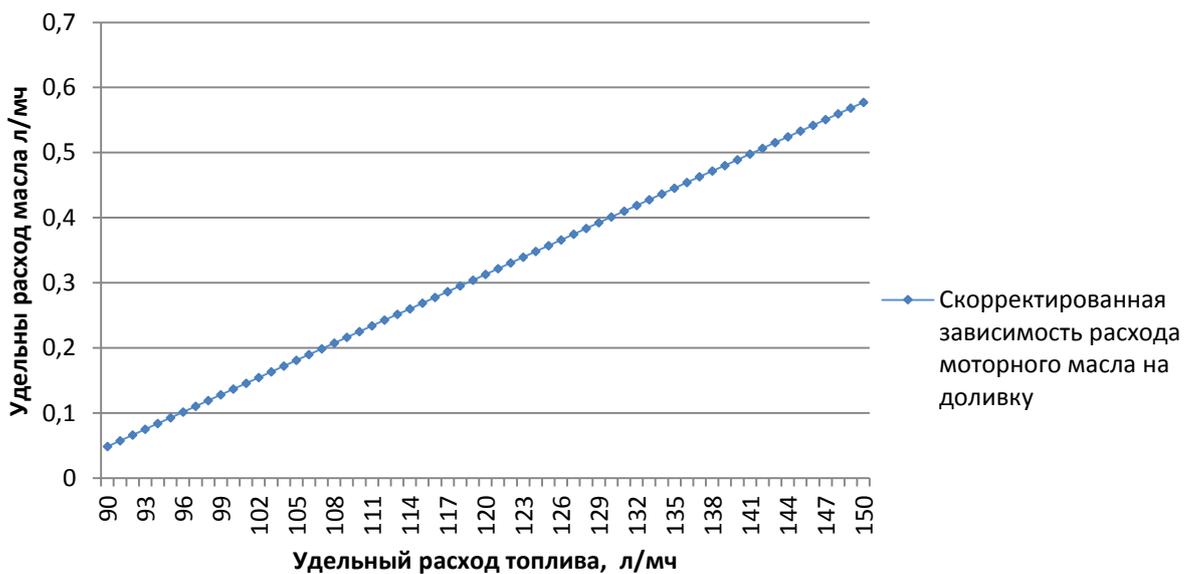


Рис. 3.3 Расход масла двигателя QSK45C с интервалом наработки 15000-25000 мч

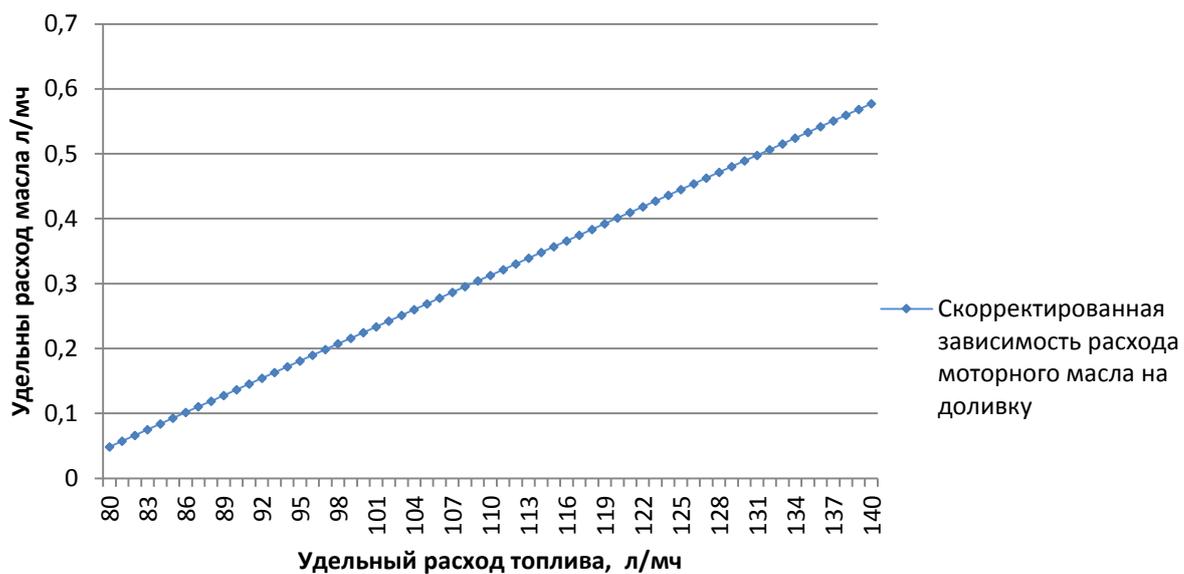
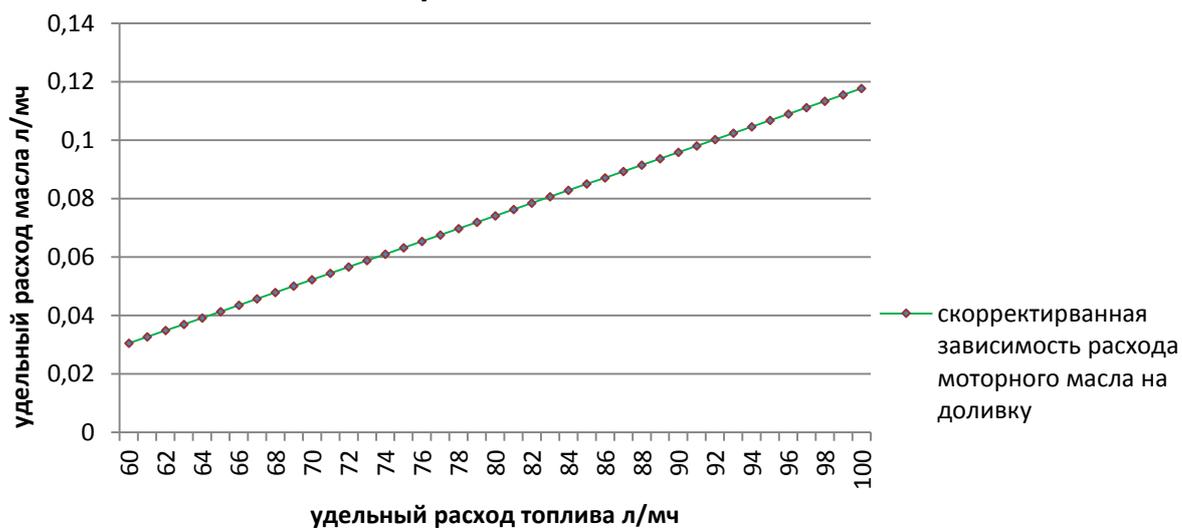
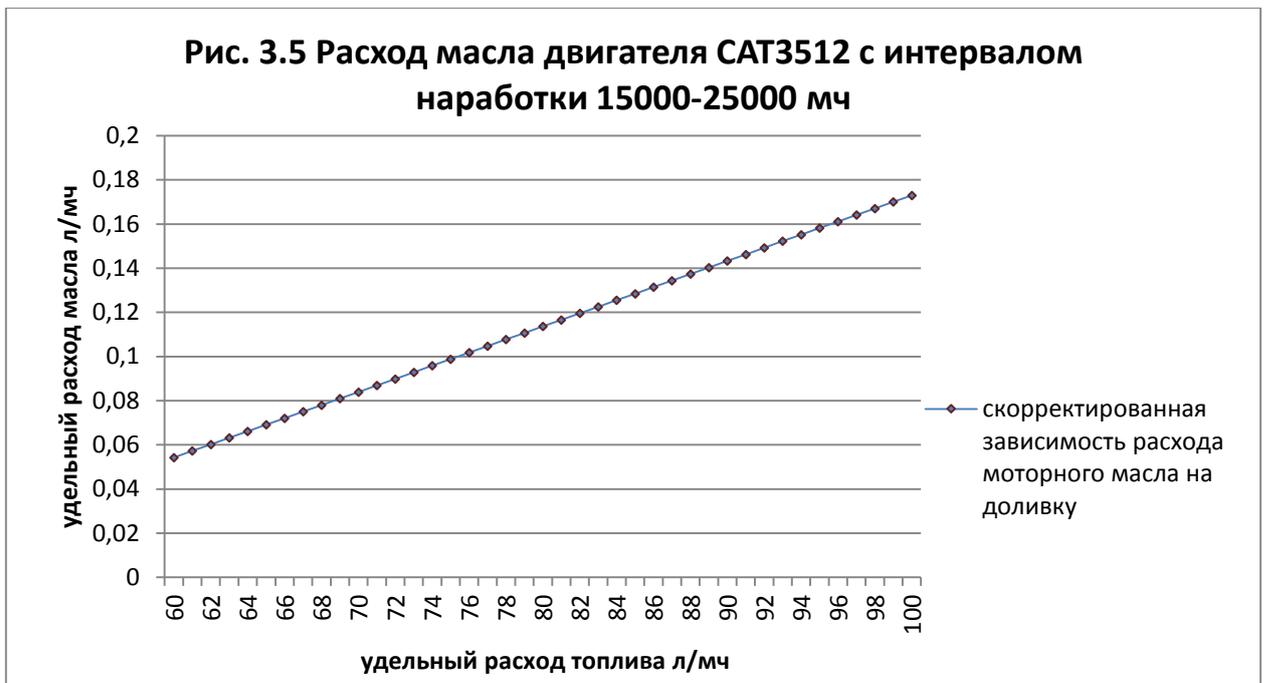


Рис. 3.4 Расход масла двигателя CAT3512 с интервалом наработки 5000-15000 мч





Как видно из приведенных данных рис. 3.1 – 3.5, таблиц 3.7 – 3.11 расход масла на долив изменяется прямо пропорционально удельному расходу топлива. Причем удельный расход топлива увеличивается в зависимости от условий эксплуатации, глубины подъема, коэффициента использования грузоподъемности, технического состояния двигателя, т.е. наработки двигателя с начала эксплуатации. Результаты определения удельного расхода топлива и расхода масла на долив показали, что в условиях повышенной тепло-напряженности работы двигателя их расход заметно увеличивается, причем расход масла также интенсивно растет. Как видно из приведенных графиков каждому удельному расходу топлива соответствует определенный расход масла на долив. Исходя из этого, можно в зависимости от удельного расхода топлива можно рассчитать необходимый объем моторного масла для конкретных условий работы карьерного транспорта. На основании полученных данных с учетом условий эксплуатации, технического состояния двигателя можно прогнозировать необходимый объем масла на долив для различных транспортных машин.

Выводы по главе

Для рациональной экономии топлива необходимы методы учета его эксплуатационного расхода, которые охватывали бы горнотехнические условия эксплуатации, режимы и параметры движения автосамосвала. Необходимо сказать, что эксплуатационный учет расхода топлива можно обеспечить при наличии на автосамосвале аппаратуры, определяющей горнотехнические условия эксплуатации, параметры автосамосвала и параметры его движения.

Расход масла на угар имеет тесную связь с расходом топлива. В соответствии с выше изложенным за главный показатель расхода масла на угар был взят удельный расход топлива на единицу времени работы двигателя.

В результате проведенных исследований была разработана методика определения норм расхода масла на угар для большегрузных карьерных автосамосвалов, которая позволяет наиболее точно отобразить картину фактического расхода масла.

Результаты исследований могут быть использованы для установления норм расхода масла на доливку для карьерных автосамосвалов, работающих в различных условиях, а также в учебном процессе как методический материал при выполнении выпускных квалификационных работ, а также как справочный материал для разработки других методик для определения норм расхода масла.

Общие выводы

В настоящее время в горных карьерах Республики Узбекистан для транспортировки горной массы используются импортные карьерные автосамосвалы, потребляющие значительную часть горюче-смазочных материалов (ГСМ). Поэтому экономное расходование ГСМ является одной из важных задач предприятий автомобильного транспорта.

В связи с этим очевидна актуальность исследования комплексного влияния горнотехнических условий, как на работу самого самосвала, так и на потребление ГСМ, в том числе и на расход моторных масел. С целью решения данной проблемы проведена работа по анализу расхода моторных масел различных автосамосвалов, в ходе которой подробно исследовано и изучено влияние основных факторов влияющих на расход моторных масел.

1. Изучены и подробно описаны необходимые эксплуатационные показатели качества моторных масел применительно к высоконагруженным дизельным двигателям, применяемым в карьерной технике,
2. Приведены методы проведения испытаний масел для определения технического состояния двигателя, и определения выработки и остаточного ресурса моторных масел.
3. Проведен анализ современного ассортимента моторных масел и описаны методы подбора моторных масел.
4. Разработана методика определения норм расхода масла в зависимости от удельного расхода топлива для большегрузных карьерных автосамосвалов.
5. Осуществлен анализ и сопоставление полученных значений норм расхода масла автосамосвалов БелАЗ 7513 и САТ 785В в зависимости от наработки двигателя с начала эксплуатации.
6. Проведен сравнительный анализ расхода масла на доливку вследствие потерь и угара, а также в зависимости от технического состояния двигателя.
7. Одним из важных результатов исследования является установление математической зависимости между удельным расходом топлива на 1 моточас работы двигателя и соответственно ей нормой расхода масла на доливку, с учетом возраста машины.

Список использованной литературы:

1. И.А.Каримов “Наша высшая цель – независимость и процветание Родины, свободы и благополучие народа”, Ташкент, “Узбекистан” 2000г.
2. И.А.Каримов “Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана” Ташкент, “Узбекистан” 2009г.
3. Закон Республики Узбекистан “Об автомобильном транспорте” от 29.08.1998г. М74-І
4. П.А. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н.Егоров, В.И. Моисеенко, А.А.Зотов “Карьерные самосвалы особо большой грузоподъемности. Проектирование, технологии, маркетинг”. Минск, “Интегралполиграф”, 2008г.
5. П.А. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н.Егоров, И.В.Зырянов “Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке” Санкт-Петербург, “Наука” 2006г.
6. Международный каталог “Зарубежные масла, смазки, присадки, технические жидкости”, Москва, “Техинформ”, 2005г.
7. О.И. Манусаджянц, Ф.В.Смаль “Автомобильные эксплуатационные материалы” Москва, “Транспорт” 1989г.
8. В.Б.Джерихов “Автомобильные эксплуатационные материалы” Часть V Экономия топливно-энергетических ресурсов Санкт-Петербург 2010г.
9. Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис “Моторные масла. Производство, свойства, классификация, применение” Москва, Санкт-Петербург, “Альфа-Лаб”, 2000г.
10. Polaris Labs Russia – Краткое описание методов исследования свойств смазочных материалов
11. Кузнецов Е.С. “Техническая эксплуатация автомобилей”, Москва, “Наука”, 2001г.

12. Я.Х.Зякин, Н.Р.Рашидов “Основы научного исследования”, Ташкент, “Укитувчи”, 1981г.
13. О.В. Мантуров “Курс высшей математики” Москва, “Высшая школа”, 1991г.
14. Е.Н.Спирин “Повышение эксплуатационной надежности строительных и дорожных машин путем модифицирования смазочных материалов” Томск, 2006г.
- 15.Справочно нормативный документ “Нормы расхода смазочных материалов автомобильным подвижным составом и строительно-дорожными машинами”, Ташкент, “Маънавият”, 2003г.
- 16.Справочник эксплуатационных характеристик БелАЗ 7513
- 17.Организация сотрудничества железных дорог “Рекомендации по внедрению диагностической системы управления состоянием дизелей тепловозов и дизель-поездов по результатам анализа масла” Р 647/1.
- 18.Рекомендации фирмы Cummins по применению и анализу моторных масел 12.11.2010г.
- 19.Журнал Автомобильных инженеров Стандартизация и сертификация “Комплекс методов лабораторной оценки моторных масел — как оперативный способ определения качества” № 5(76) 2012г.
- 20.Научно-Технический журнал “Горная промышленность” №1 2005г.
21. Кадиршаев Т. Методические указания по выполнению практических работ дисциплины “обработка результатов эксперимента и их формирования”, Ташкент, 2013г.
22. Горный Вестник Узбекистана №49 Июнь 2012г.
23. И.В.Зырянов “Повышение эффективности систем карьерного автотранспорта в экстремальных условиях эксплуатации” – диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, Санкт-Петербург, 2006г.
24. И.В. Соколова “Влияние режимов долива моторного масла в систему смазки на эффективность эксплуатации судовых дизелей” диссертации

- на соискание ученой степени кандидата технических наук.
Владивосток 2009г.
25. Ю.В.Стенин “Оптимизация производительности технологического автомобильного транспорта железнорудных карьеров” – диссертация на соискание ученой степени кандидата наук, Свердловск, 1983г.
 26. Проблемы карьерного транспорта. Материалы VIII Международной конференции. Екатеринбург, 2005г.
 27. Студенческая научно-практическая конференция «Промышленные инновации и нанотехнологии в автомобильной промышленности» г.Вязьма, 2012г.
 28. Сборник научных трудов ООО “Высокотехнологичные материалы” Технология снижения износа ДВС тепловозов в эксплуатации за счет модификации трения и контроля старения масла.
 29. <http://www.rheinol.md>
 30. <http://www.tezcar.ru/> - Автомобильные моторные масла
 31. <http://www.oil18.ru>
 32. <http://www.mirsmazok.ru>
 33. http://www.fastroil.kz/ru/about/about_oil/
 34. <http://www.tosko.ru>
 35. <http://www.autonote.h15.ru/moil1.htm>
 36. <http://www.polarislabs.ru>
 37. <http://www.vtk34.narod.ru>
 38. http://www.nntu.ru/RUS/fakyl/VECH/metod/posobie/s6_42.htm
 39. <http://www.fooder.ru>
 40. <http://www.mining-media.ru>
 41. <http://www.chemport.ru>
 42. http://ru.wikipedia.org/wiki/моторные_масла
 43. WWW.ABS.MSK.RU