



**МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

РЕДАКЦИОННЫЙ

СОВЕТ

Председатель

Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя

Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета

И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

В.В. КУРЕХИН

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОНИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

**ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**ректор МГГУ,
чл.-корр. РАН**

**директор
Издательства МГГУ**

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик РАН

профессор

академик РАН

академик РАН



**В.С. Квагинидзе
В.Ф. Петров
В.Б. Корецкий**

ГОРНЫЕ НАУКИ

**РЕМОНТНАЯ
ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ
БОЛЬШЕГРУЗНЫХ
КАРЬЕРНЫХ
АВТОСАМОСВАЛОВ
НА УГОЛЬНЫХ
РАЗРЕЗАХ СЕВЕРА**



МОСКВА

**ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

2 0 0 3

УДК 622.242:621.879:622.684

ББК 33.16

К 32

Квагинидзе В.С., Петров В.Ф., Корецкий В.Б.

К 32 Ремонтная технологичность большегрузных карьерных автосамосвалов на угольных разрезах Севера. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2003. — 289 с.: ил.

ISBN 5-7418-0250-8 (в пер.)

Описаны проведенные исследования показателей использования большегрузных карьерных автосамосвалов, дан анализ условий их эксплуатации на Севере. Обоснована необходимость научного подхода к решению проблемы повышения надежности и ремонтной технологичности большегрузных автосамосвалов. Изложены методики оценки ремонтной технологичности карьерных автосамосвалов и определения наиболее значимых показателей, влияющих на ремонтную технологичность. Приведены рекомендации по организации ремонта большегрузных автосамосвалов и по совершенствованию технологии ремонта металлоконструкций оборудования в условиях низких температур.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, созданием и эксплуатацией большегрузных карьерных автосамосвалов в условиях Севера.

УДК 622.242:621.879:622.684

ББК 33.16

ISBN 5-7418-0250-8 © В.С. Квагинидзе, В.Ф. Петров, В.Б. Корецкий, 2003

© Издательство МГГУ, 2003

© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2003

Развитие топливно-энергетических комплексов в восточных и северных районах страны с суровыми природно-климатическими условиями требует решения проблемы повышения эффективности эксплуатации техники. Существенное значение это имеет для горно-транспортного обслуживания, используемого при разработке полезных ископаемых открытым способом, которое подвержено постоянному воздействию неблагоприятных климатических факторов (низкие температуры, атмосферные осадки, дополнительные ветровые нагрузки и т. п.), что сказывается на их эксплуатационной производительности.

Жесткие климатические условия Южно-Якутского угольного бассейна характеризуются в зимний период времени понижением температуры до -55°C , что вызывает увеличение в 3—6 раз потока отказов горно-транспортного обслуживания. Наиболее частой причиной внезапных отказов в этих условиях является хрупкое разрушение металлоконструкций большегрузных карьерных автосамосвалов вследствие потери металлом запаса хладнотойкости. В зимний период внеплановые простои парка горно-транспортных машин достигают 40 % календарного фонда времени, тогда как плановые обычно не превышают 30 %.

В настоящее время проблема климатической надежности наиболее часто решается за счет применения хладнотойких материалов, увеличивающих долговечность деталей и узлов, и приспособления конструкции машин к техническому обслуживанию и ремонту, а также совершенствования собственно системы технического обслуживания и ремонта. При этом особое значение приобретает задача повышения ремонтной технологичности горно-транспортных машин, решение которой позволит оптимизировать за-

траты времени, труда и средств на их обслуживание и ремонт при заданных показателях качества, объема и условий выполнения работ. Эта задача не может быть решена без знания существующего фактического уровня ремонтной технологичности парка горно-транспортных машин.

Однако научные исследования по установлению фактического уровня ремонтной технологичности большегрузных карьерных автосамосвалов (грузоподъемностью 110 — 250 т), эксплуатируемых в суровых климатических условиях, до настоящего времени не проводились, а существующие методы сбора и обработки статистической информации, характеризующей ремонтную технологичность горно-транспортной техники, несовершенны. Поэтому исследования, направленные на решение задачи повышения ремонтной технологичности большегрузных карьерных автосамосвалов на угольных разрезах Севера, являются актуальными, а их результаты должны обеспечить высокое качество эксплуатации горно-транспортного оборудования в жестких климатических условиях.

Наблюдения за работой большегрузных карьерных автосамосвалов, эксплуатируемых в условиях Севера, показывают, что до 50 % календарного времени они простаивают, а расходы на техническое обслуживание и ремонты в несколько раз превышают аналогичные расходы в средней полосе страны. Для повышения долговечности и надежности карьерных автосамосвалов необходимо выполнить исследования их ремонтной технологичности и разработать рекомендации по совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта горно-транспортных машин, эксплуатируемых в жестких климатических условиях Южно-Якутского угольного бассейна.

**АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ
БОЛЬШЕГРУЗНЫХ
КАРЬЕРНЫХ
АВТОСАМОСВАЛОВ
В ЖЕСТКИХ
КЛИМАТИЧЕСКИХ
УСЛОВИЯХ ЮЖНО-
ЯКУТСКОГО УГОЛЬНОГО
БАССЕЙНА**

УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Нерюнгринское каменноугольное месторождение расположено в центральной части Южно-Якутского каменноугольного бассейна и представляет собой мульду длиной 6 км, шириной 3,9 км. Углы падения крыльев мульды изменяются от 20 до 25° по периферии до горизонтального залегания в замке. Вынимаемый открытым способом верхний пласт «Мощный» в северной части месторождения сравнительно выдержан по мощности, которая в среднем составляет 20—25 м.

Вскрышные породы представлены в основном разнородными песчаниками и алевролитами значительной крепости, с преобладанием песчаников (до 80 %). Мощность вскрышных пород в центре мульды достигает 315 м. Отвалы расположены в непосредственной близости от западной и северо-восточной границ карьера. Производственная мощность определена с учетом потребности в концентрате углей марки 9д. Общая производственная мощность карьера принята равной 13 млн т угля в год. Среднегеологический коэффициент вскрыши превышает 6 м³/т.

Физико-механические свойства угля и вскрышных пород приведены в табл. 1.1 и 1.2.

В настоящее время работы сосредоточены в западной части месторождения. Средняя длина фронта работ на вскрышном уступе составляет 3,5—4,0 км.

Интенсивная отработка горизонтов обусловила высокую концентрацию горных работ и, как следствие, большое количество оборудования в рабочей зоне. Для обеспечения высокой производительности на ГУП «Якутуголь» используется отечественное и импортное оборудование большой

Таблица 1.1

Основные физико-механические свойства угля

Показатель	Значение
Угол падения пласта, градус	2—20
Мощность пласта, м:	
общая	1,5—66,2
вынимаемая	24,2—25,0
Объемная масса, т/м ³ :	
засоренного угля	1,32
угольных пачек	1,31
Породные прослойки:	Углистые аргиллиты,
преобладающий состав	алевролиты, песчаники
мощность, м	0,05—0,5
коэффициент крепости	4—6
Расстояние по вертикали до нижележащего слоя, м	100—200

Таблица 1.2

Основные физико-механические свойства вскрышных пород

Показатель	Гравелит	Песчаник крупнозернистый		Песчаник среднезернистый	Песчаник мелкозернистый	Алевролит
		на карбонатном цементе	на гидрослюдном цементе			
Плотность, 10 ³ кг/м ³	2,6	2,6—2,7	2,4—2,6	2,5—2,7	2,6	2,6—2,7
Влажность, %	0,2—0,4	0,2—0,6	0,2—0,8	0,5—1,2	0,5—0,6	0,8—0,9
Пористость, %	1,9—2,2	4,2—6,4	4,7—6,1	3,3—5,0	3,1—4,6	2,0—3,0
Прочность на сжатие, МПа	35—120	90—150	50—80	104—130	100—110	60—80
Коэффициент размягчения	0,6—0,7	0,7—1,0	0,6—0,8	0,8—1,0	0,8—1,0	0,6—0,9
Модуль упругости, кгс/см ³	—	2,9—5,2	2,9—3,0	2,6—2,9	2,8—2,9	4,0—4,5
Коэффициент сцепления, Н/м	—	19—21	12—14	21—24	16	12—13
Коэффициент крепости	6,3—6,7	6,7—6,9	—	6,5—6,7	6,6—6,9	6,9—7,1

Показатель	Гравелит	Песчаник крупно-зернистый		Песчаник среднезернистый	Песчаник мелкозернистый	Алевролит
		на карбонатном цементе	на гидрослюдном цементе			
Абразивность, класс	IV	V	—	—	IV	II
Марка по морозостойкости	50, 300	50, 200, 300	25, 50	100, 300	300	15, 25

единичной мощности. Выемка и погрузка угля производится экскаваторами с ковшами вместимостью 4,6—20,0 м³. Парк экскаваторов составляет более 40 единиц. Транспортирование горной массы осуществляется автосамосвалами грузоподъемностью 110—250 т. Для бурения скважин применяются станки СБШ-250МН, СБШ-320 и др. На отвальных работах используются мощные бульдозеры Д-335 и Д-455.

На ГУП «Якутуголь» на конец 1999 г. в эксплуатации находилось 97 большегрузных карьерных автосамосвалов отечественного и зарубежного производства грузоподъемностью до 250 т (табл. 1.3, рис. 1.1).

Таблица 1.3

Парк автосамосвалов АТА ГУП «Якутуголь»

Год	БелАЗ-75214	БелАЗ-75129	БелАЗ-7515	БелАЗ-7530	БелАЗ-75501	HD-1200	Дрес-сер-830
1997	49	27	10	3	1	30	15
1998	40	11	10	3	1	28	15
1999	36	7	10	3	1	25	15

Существенное влияние на показатели работы автосамосвалов оказывают погодные климатические условия, которые характерны для резко континентального климата. По данным метеостанций п. Чульман и г. Нерюнгри абсолютная максимальная температура воздуха +32 °С, минимальная –55 °С, среднегодовая температура –9,5 °С. Относительная влажность колеблется в пределах от 78 % зимой

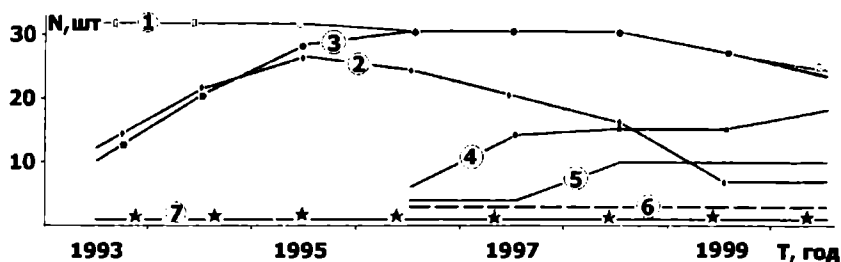


Рис. 1.1. Парк автосамосвалов АТА ГУП «Якутуголь»:

1 — HD-1200; 2 — БелАЗ-75129; 3 — БелАЗ-75214; 4 — Холпак840; 5 — БелАЗ-7515; 6 — БелАЗ-7530; 7 — БелАЗ-75501

до 64 % летом. Преобладающие направления ветров — северное и северо-западное, средняя скорость ветра составляет около 1,6 м/с — зимой и 3,2 м/с — весной. В холодное время года во впадинах при температуре ниже -40°C , как правило, образуются ледяные туманы, что затрудняет работу и оказывает неблагоприятное воздействие на работоспособность техники. Сезонное промерзание верхнего слоя вскрышных пород начинается во второй половине октября и достигает 1,5 м. Оттаивание промерзших пород начинается в мае и заканчивается к началу июля.

В летние месяцы преобладает сухая погода. Небольшое количество осадков выпадает в августе. Весенние месяцы характеризуются значительным количеством осадков в виде мокрого снега и дождя, а также большими перепадами температур, что вызывает переувлажнение пород и, как следствие, увеличение количества отказов горно-транспортных машин.

Низкие температуры приводят к изменению свойств конструкционных и эксплуатационных материалов, а также физико-механических свойств грунтов, что отрицательно сказывается на работоспособности и надежности машин: возрастает число отказов гидро- и пневмосистем, электрооборудования и металлоконструкций, что приводит к увеличению простоев машин.

1.2. ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Разработка Нерюнгринского месторождения характеризуется высокой концентрацией производства и сосредоточением в рабочей зоне значительного количества оборудования. Показатели работы парка автосамосвалов, выполняющих весь объем перевозок горной массы, приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Характеристики использования парка
автосамосвалов АТА ГУП «Якутуголь» (по годам)

Показатели	1997	1998	1999
Дрессер-830Е			
Количество автосамосвалов	15	15	15
Коэффициент использования парка	0,489	0,498	0,0578
Коэффициент технической готовности	0,855	0,565	0,656
Объем грузоперевозок, тыс. т	23 737	26 313	32 304
Грузооборот, тыс. т·км	87 194	100 651	117 600
Машиночасы в ремонте	19 056	57 104	46 743
Машиночасы в хозяйстве	130 104	131 400	135 792
HD-1200			
Количество автосамосвалов	30	28	25
Коэффициент использования парка	0,383	0,461	0,492
Коэффициент технической готовности	0,838	0,568	0,547
Объем грузоперевозок, тыс. т	22 137	27 681	27 692
Грузооборот, тыс. т·км	71 340	83 847	81 514
Машиночасы в ремонте	42 456	106 872	99 233
Машиночасы в хозяйстве	262 800	247 392	21 880
БелАЗ-75501			
Количество автосамосвалов	1	1	1
Коэффициент использования парка	0,162	0,187	0,152
Коэффициент технической готовности	0,27	0,221	0,175
Объем грузоперевозок, тыс. т	88,6	581,9	525,1
Грузооборот, тыс. т·км	313,1	1983,7	1987,9
Машиночасы в ремонте	4320	6821	7230
Машиночасы в хозяйстве	8760	8760	8760

Показатели	1997	1998	1999
БелАЗ-75214			
Количество автосамосвалов	49	40	36
Коэффициент использования парка	0,323	0,437	0,477
Коэффициент технической готовности	0,591	0,489	0,536
Объем грузоперевозок, тыс. т	38 685	50 510	49 481
Грузооборот, тыс. т·км	124 400	142 320	147 830
Машиночасы в ремонте	175 608	173 261	146 849
Машиночасы в хозяйстве	429 792	345 168	316 320
БелАЗ-7530			
Количество автосамосвалов	3	3	3
Коэффициент использования парка	0,339	0,360	0,353
Коэффициент технической готовности	0,55	0,56	0,59
Объем грузоперевозок, тыс. т	54	196	454
Грузооборот, тыс. т·км	206	688	1541
Машиночасы в ремонте	11 832	23 766	24 733
Машиночасы в хозяйстве	26 280	26 280	26 280
БелАЗ- 75129			
Количество автосамосвалов	27	10	7
Коэффициент использования парка	0,275	0,261	0,399
Коэффициент технической готовности	0,551	0,317	0,444
Объем грузоперевозок, тыс. т	98 421	2760	2761
Грузооборот, тыс. т·км	80 465	20254	21 140
Машиночасы в ремонте	106 464	63 163	34 069
Машиночасы в хозяйстве	237 336	92 496	61320
БелАЗ-7515			
Количество автосамосвалов	—	10	10
Коэффициент использования парка	—	0,589	0,595
Коэффициент технической готовности	—	0,666	0,665
Объем грузоперевозок, тыс. т	—	5666	5738
Грузооборот, тыс. т·км	—	45 524	47 163
Машиночасы в ремонте	—	29 226	29 380
Машиночасы в хозяйстве	—	87 600	87 600

Анализ работы парка большегрузных карьерных автосамосвалов, выполненный автором совместно со службой эксплуатации АТА ГУП «Якутуголь» за период с 1990 по 1999 гг. показал, что карьерные автосамосвалы много простаивают. Коэффициент их использования изменяется от 0,162 до 0,595. Основная часть нерабочего времени приходилась на плановые ремонты и техническое обслуживание (45,4—49,0 %). Наименьшей надежностью обладают механическая и электрическая системы большегрузных карьерных автосамосвалов. При этом наибольшее число отказов приходилось на электрооборудование, механическое оборудование, пневмо- и гидросистемы. Наибольший число отказов приходится на двигатель и гидромеханическую коробку передач. Имеются случаи внезапного разрушения рам. Большое количество отказов приходится на обод, редуктор и кожух мотор-колеса, ступицы колес, шины, коробку отбора мощности, тяговый электродвигатель, тормозные резисторы, переднюю балку, поперечины рам, радиатор и сварные швы. Обобщенные результаты анализа причин аварийных отказов и продолжительности простоев горно-транспортных машин приведены на рис. 1.2.

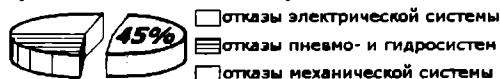
Анализ надежности элементов механической системы автосамосвалов показал, что наряду с постепенными (износowymi) отказами наименее надежных элементов, значительная часть отказов связана с усталостным и хрупким разрушением элементов несущих конструкций. Подобные внезапные отказы, тре-

бующие значительно-

Фонд рабочего времени



Причины внеплановых простоев



Отказы механической системы

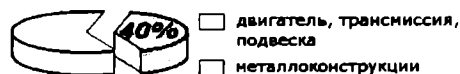


Рис. 1.2. Аварийные простои и отказы большегрузных карьерных автосамосвалов

го времени восстановления работоспособности машин, снижают коэффициент готовности автосамосвала, особенно зимой, за счет увеличения в 3—4 раза количества аварийных ремонтов. Как правило, с увеличением срока эксплуатации карьерных автосамосвалов продолжительность ремонтов ежегодно увеличивалась на 10—12 %. Длительные простои машин в ремонтах объясняются несовершенством системы технических обслуживаний и ремонтов, слабой ремонтной базой, нестабильностью материально-технического снабжения, недостаточной эксплуатационной и ремонтной технологичностью. На длительность простоев карьерных автосамосвалов в ремонте влияют как несоблюдение графика ППР, так и низкая квалификация водителей и ремонтников.

В настоящее время при ремонте используют «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [69], выпущенное в 1988 г. и временное «Положение о техническом обслуживании и ремонте автомобилей БелАЗ грузоподъемностью 75 т и более» [68], выпущенное в 1985 г. В первом приведены нормативы периодичности техобслуживания и ремонта подвижного состава автотранспорта общего назначения, во втором — подвижного состава технологического автотранспорта (большегрузных карьерных автосамосвалов), из которого следует, что наработка до первого капитального ремонта карьерных автосамосвалов различной грузоподъемности составляет 160—240 тыс. км или 16—24 тыс. моточас.

Ремонт карьерных автосамосвалов в условиях Севера, особенно при низких отрицательных температурах, имеет свою специфику, которую необходимо учитывать при организации ремонтных работ.

Во-первых, текущие и аварийные ремонты нельзя планировать заранее, они выполняются по потребности.

Во-вторых, низкие отрицательные температуры влияют на качество и продолжительность ремонтных (особенно сварочных) работ при производстве их на открытом

воздухе. При большом перепаде температур в металле сварного шва и зоны термического влияния возникают большие термические напряжения и выпадают карбиды легирующих элементов, что приводит к увеличению хрупкости конструкционных материалов и снижению эксплуатационной надежности отремонтированных деталей.

Кроме того, современные карьерные автосамосвалы имеют большие габариты и массу, что при возникновении вторичных отказов требует выполнения больших объемов дополнительных сборочно-разборочных и восстановительных работ и, как следствие, значительных затрат времени и средств на их проведение. Опыт показывает, что при продолжительности ремонтов свыше 100 ч целесообразно проводить длительные плановые ремонты перед или во время зимнего периода эксплуатации [105, 97].

Все причины снижения эффективности использования карьерных автосамосвалов в АТА ГУП «Якутуголь» по климатическим условиям можно разделить на три группы:

1. Погодного характера, вызывающие непосредственные простои (активированные остановки машин) в период воздействия критических отрицательных температур.

2. Технического характера, связанные с простоями в аварийных ремонтах, вызванных недостаточным уровнем хладностойкости сталей, а также повышенными нагрузками в узлах, вызываемыми смерзаемостью грунта.

3. Организационного характера, проявляющиеся в нарушении ритмичности работы под влиянием неблагоприятного воздействия климатических факторов на обслуживающий персонал.

Причины погодного характера вызывают простои карьерных автосамосвалов в периоды низких отрицательных температур, оговариваемых инструкциями заводов-изготовителей, разработанными применительно к конкретным условиям и активирующим вынужденные простои оборудования. Предельные значения отрицательных температур по инструкциям заводов-изготовителей составляют для авто-

самосвалов от -20 до -40 °С. Эти ограничения связаны с низким уровнем хладостойкости сталей и недостаточной надежностью оборудования. Гарантированный запас работоспособности обеспечивается для узлов электрооборудования при уровне отрицательных температур не ниже $-(35-40)$ °С, для резинотехнических изделий — -35 °С.

При работе карьерных автосамосвалов в условиях Севера ощутимые потери времени происходят вследствие аварийных отказов, вызванных хрупким разрушением узлов металлоконструкций, устранение которых требует значительных трудовых, материальных и финансовых затрат. Поэтому в ряде случаев выгоднее планировать простой машин в периоды воздействия низких отрицательных температур.

Однако на большинстве горных предприятий активированные простой машин по причине критических отрицательных температур не всегда выдерживаются, а на ряде предприятий вовсе отсутствуют какие-либо ограничения режима эксплуатации горнотранспортных машин по уровню отрицательных температур. Таким образом, требования, закладываемые в ограничения по активированному простоям автосамосвалов, часто не выполняются по субъективным причинам и связано это в первую очередь с непосредственными потребностями производства, обусловленными своевременным выполнением плановых заданий.

1.3. РЕМОНТНАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ГОРНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Совершенствование выпускаемого горно-транспортного оборудования усложнило его техническое обслуживание и ремонты, при этом увеличилась трудоемкость и материальные затраты на их проведение. Это, в свою очередь, потребовало совершенствования системы технического обслуживания и ремонтов, обеспечивающей требуемые показатели надежности и долговечности горно-транспортной

техники. В настоящее время решение задачи совершенствования системы технического обслуживания и ремонтов идет в нескольких направлениях, одним из которых является исследование и повышение ремонтной технологичности оборудования [12, 85].

ГОСТ 14.205—83 дает следующее определение технологичности: «Технологичность конструкции изделия — совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Ремонтная технологичность — технологичность конструкции изделия при всех видах ремонтов, кроме, текущего» [26].

Ремонтная технологичность зависит от целого ряда факторов, определяющих условия эксплуатации карьерных автосамосвалов, которые необходимо учитывать при их создании. В общем случае на уровень ремонтной технологичности карьерных автосамосвалов оказывают влияние две группы взаимосвязанных факторов: конструктивно-технологические и эксплуатационные. К первой группе факторов относятся доступность, контролепригодность, легкосъемность, взаимозаменяемость, регулируемость. Во вторую группу факторов входят: организация выполнения ремонта, квалификация и численность обслуживающего и ремонтного персонала, система обеспечения запасными частями и материалами, горно-геологические и погодноклиматические условия эксплуатации, полнота и качество эксплуатационно-ремонтной документации, техническое оснащение работ, осуществляемых при техническом обслуживании и ремонте, соблюдение правил эксплуатации и режимов использования машин, содержание системы технического обслуживания и ремонта [51].

С ростом сложности горно-транспортного оборудования возрастают объемы работ по ремонту; усложняется

процесс обнаружения и устранения отказов; затрудняется контроль из-за многообразия дефектов; увеличивается вероятность появления отказов в связи с проведением ремонтов; требуется обслуживающий персонал более высокой квалификации; требуется большое количество типов приспособлений и инструмента, большие объемы запасных частей.

Опыт отечественных предприятий и зарубежных фирм свидетельствует о том, что только совместная проработка задач безотказности, ремонтпригодности и ремонтной технологичности при создании машин может обеспечить их успешную эксплуатацию [81].

Для выполнения исследований ремонтной технологичности карьерных автосамосвалов и разработки рекомендаций по ее повышению необходим анализ работ, выполненных в этом направлении.

П. Н. Волковым и Г. А. Кучеровым в работе [11] рассматриваются вопросы ремонтной технологичности карьерных экскаваторов. Авторы считают, что на основе систематических материалов, полученных при исследовании экскаваторов, можно решить задачи обеспечения требуемого уровня ремонтной технологичности при проектировании и прогнозировании значений основных показателей ремонтпригодности. При ремонте авторы рекомендуют отождествлять ремонтную технологичность с ремонтпригодностью и учитывать при их оценке конструктивные, организационные и эксплуатационные факторы.

В результате проведенных исследований Г. А. Кучеровым [49] разработаны и получены многофакторные модели для трудоемкости (Т), себестоимости (С) и продолжительности капитальных ремонтов (t) одноковшовых строительных экскаваторов:

$$T = 3908 + 1176\Theta - 38,1K_{np} + 228\Phi - 510K_j;$$

$$C = 2841 + 152P - 5365K_j + 459\Phi - 459Y;$$

$$t = 25,2 - 16,2Y + 8,4\Phi - 25,3K_j - 10,2,$$

где P — масса экскаватора, т; Θ — вместимость ковша, м³; Φ — фондоемкость ремонтного производства; Y — уровень специализации производства; K , — коэффициент использования запасных частей; $K_{\text{пр}}$ — коэффициент применяемости стандартизированных деталей и узлов.

В. А. Семенов [84] рассматривает два пути повышения технологичности машин: при проектировании (путем совершенствования конструкции) и при эксплуатации (путем совершенствования систем технического обслуживания и ремонта). Для оценки технологичности машин он рекомендует пользоваться коэффициентом удельной трудоемкости технического обслуживания и ремонта, определяемым отношением трудозатрат на техническое обслуживание и текущий ремонт (чел·ч) к расчетному периоду (маш·ч) работы машин. Предлагается также ввести коэффициент ремонтной технологичности ($K_{\text{рт}}$), определяемый из соотношения трудозатрат на выполнение основных и вспомогательных операций.

В. М. Шатуновским [103] рассмотрены общие и производственно-технические требования, предъявляемые к технологичности конструкции элементов сельскохозяйственных машин, исследовано влияние технологичности конструкции на эффективность эксплуатации машин, изложены методы определения трудоемкости и себестоимости машин в процессе проектирования и изготовления.

М. А. Халфин в своей работе [99] рекомендует использовать в качестве основных количественных показателей ремонтной технологичности машин средние значения удельной трудоемкости и стоимости технического обслуживания и ремонта, определяемые отношением соответствующих абсолютных показателей к суммарной наработке изделия за цикл эксплуатации.

Выполненный им анализ показал что, с увеличением возраста машин резко возрастают затраты на техническое обслуживание и ремонт. Причем, если выработка машин за весь срок службы снижается на 40—50 %, то расход на техническое обслуживание и ремонт возрастает в 4—5 раз.

Особого внимания заслуживают работы Н. Н. Смирнова [88, 89], в которых освещаются вопросы эксплуатационной технологичности и надежности самолетов и предложены пути их решения. В работах приводятся коэффициенты доступности, легкосъемности, взаимозаменяемости и другие показатели технологичности и выражения для их оценки.

Коэффициент доступности (K_d) при техническом обслуживании и ремонте предлагается определять по формуле:

$$K_d = 1 - S_{\text{доп}} (S_{\text{доп}} - S_{\text{осн}})^{-1},$$

где $S_{\text{доп}}$ — трудоемкость дополнительных работ, чел·ч; $S_{\text{осн}}$ — основная трудоемкость выполнения целевой работы при техническом обслуживании и ремонте, чел·ч.

Коэффициент легкосъемности предлагается определять по формуле

$$K_l = 1 - \Delta S S_{\text{дм}}^{-1},$$

где $S_{\text{дм}}$ — трудоемкость демонтажно-монтажных работ по сборочной единице (машине), чел·час; ΔS — превышение трудоемкости демонтажно-монтажных работ по сборочной единице (машине) в сравнении с эталонным значением.

Коэффициент взаимозаменяемости предлагается определять по формуле

$$K_z = 1 - S_{\text{подг}} (S_{\text{подг}} + S_{\text{дм}})^{-1},$$

где $S_{\text{подг}}$ — трудоемкость подгоночных работ, чел·ч; $S_{\text{дм}}$ — трудоемкость основных работ по замене сборочной единицы агрегата, чел·ч.

Коэффициент контролепригодности предлагается определять по формуле

$$K_k = \sum_{j=1}^m \left[\sum_{i=1}^n S_i K_i + \sum_{j=1}^m S_j K_j \right]^{-1},$$

где m — количество элементов, требующих снятия с машины для контроля параметров; p — количество элементов, контролируемых без снятия с машины; S_i, S_j — трудоемкость разового контроля технического состояния комплекта, не требующего и требующего демонтажа, чел·ч; K_i, K_j — частота контроля компонентов в течении ремонтного ресурса машины.

Коэффициент контролепригодности может быть определен и по упрощенной формуле

$$K_k = 1 - m(m + p)^{-1}.$$

П. Н. Волковым [13] рассмотрены показатели ремонтпригодности машин и методы их статистической оценки, а также факторы, влияющие на ремонтпригодность, методы обеспечения ремонтпригодности и некоторые вопросы прогнозирования ремонтпригодности.

Вопросу эксплуатационной и ремонтной технологичности горно-транспортного оборудования посвящена работа Г. С. Рахутина и В. Ш. Френкеля [73], в которой утверждается, что одним из путей улучшения эксплуатационной и ремонтной технологичности является использование трудовых приемов при обслуживании и ремонте, а так же применение систем микроэлементных нормативов трудовых операций при ремонте и техническом обслуживании.

Б. В. Воронин [14] исследовал скребковые конвейеры и дал оценку их производственной и эксплуатационной технологичности. Им разработаны рекомендации для определения трудоемкости при производстве и изготовлении скребковых конвейеров в зависимости от функционального критерия. Приведен анализ технологичности забойных скребковых конвейеров.

В области исследования технологичности горного оборудования на карьерах можно отметить работы Волкова П. Н., Воронова Ю. Е., Гетопанова В. Н., Голубева В. А., Горбунова И. В., Ефимова В. Н., Квагинидзе В. С.,

Коха П. И., Махно Д. Е., Морозова В. И., Попандопуло К. В., Рахутина Г. С., Русихина В. И., Самарина А. М., Солода В. И., Солода Г. И., Тира Н. Д., Тропа А. Е., Федярина Е. М., Шадрина А. И, и др.

В работах В. И. Русихина [76—78] рассмотрен вопрос об установлении связи между основными техническими характеристиками машин роторных комплексов и трудоемкостью их технического обслуживания и ремонта. Основными критериями технологичности для машин комплекса являются трудовые затраты и их стоимость за год. Рекомендуются использовать удельные величины трудовых затрат на техническое обслуживание и текущие ремонты, отнесенные на 1 м³ (или 1 т) экскавируемой горной массы.

В. С. Квагинидзе в работе [38] был проведен анализ работы карьерного оборудования на угольных разрезах Севера и разработан комплекс мероприятий и рекомендаций по повышению надежности и ремонтной технологичности карьерных экскаваторов, улучшению их приспособленности к техническому обслуживанию и ремонту, а также совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта карьерного оборудования, эксплуатирующегося при низких отрицательных температурах.

В работе А. М. Самарина [82] исследована технологичность роторных комплексов, разработан метод, позволяющий производить оценку комплексного показателя эксплуатационной технологичности машин, работающих в различных горнотехнических условиях. Предложены ремонтные нормативы, определены оптимальное время нахождения машин в ремонте, номенклатура выполняемых работ, трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов машин роторного комплекса.

Работа В. Н. Ефимова [32] посвящена исследованию ремонтпригодности шагающих экскаваторов. Автором предлагается поэтапная система ремонта, предусматривающая поэтапную замену отдельных элементов в течение установленного ремонтного цикла, по мере отработки ими

ресурса. Автор пришел к выводу, что показатели ремонтпригодности горных машин должны учитывать их конструктивно-технологические особенности и условия эксплуатации.

Н. В. Горбуновым в работе [22] проведен анализ работы карьерных механических лопат на предприятиях министерства черной металлургии, определен уровень их эксплуатационных показателей, разработана методика оценки уровня эксплуатационной технологичности парка экскаваторов. Автором получены математические зависимости, позволяющие определять изменение комплексного показателя технологичности в зависимости от частных показателей. Разработана методика и составлена номограмма планирования трудоемкости технического обслуживания и ремонта парка экскаваторов с учетом условий эксплуатации и объема выполненной работы.

Б. С. Клейнер и В. В. Тарасов в работе [42] рассматривали вопросы совершенствования сезонной эксплуатации и сезонного обслуживания автомобилей, эксплуатации в период обкатки, нормирования расхода и способы экономии эксплуатационных материалов.

В работе [52] П. М. Лещевым, В. Н. Хартановичем и В. П. Полосковым рассматривались вопросы назначения и общего устройства автомобиля, а также эксплуатации и организации технического обслуживания автомобилей, устройства парков и техника безопасности на автомобильном транспорте, особенности организации и управления внутрипроизводственными процессами на автомобильном транспорте. В работе обобщены результаты исследований и внедрения рекомендаций по созданию и развитию системы централизованного управления производством технического обслуживания и ремонта подвижного состава автотранспортных предприятий и объединений. Рассмотрены основные принципы и методы формирования производственной и организационной структур технической службы, а также особенности функционирования элементов системы ЦУП.

В работе [7] Ю. И. Боровских, Ю. В. Буравлева, К. А. Морозова и В. М. Никифорова приведены сведения об организации технического обслуживания и ремонта широко распространенных марок отечественных автомобилей; проанализированы основные неисправности агрегатов и механизмов, методы и способы их устранения; освещены вопросы технологии ремонта, сборки и испытаний автомобилей и двигателей после ремонта.

В. Ф. Замышляев, В. И. Русихин, Е. Е. Шешко в работе [33] рассмотрели современную структуру карьерного автохозяйства, условия эксплуатации автотранспорта в карьерах, надежность автосамосвалов и срок их службы, современные методы организации технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов, меры безопасности при техническом обслуживании и ремонте.

М. С. Высоцким и А. И. Гришкевичем в работе [15] рассмотрены вопросы проектирования, выбора конструктивных схем и компоновки автомобилей большой единичной мощности. Приведены конструкции узлов этих автомобилей и особенности их расчета. Даны рекомендации по выбору параметров основных узлов.

И. М. Циперфиным и В. Д. Штейном в работе [100] приведены сведения об устройстве и эксплуатации большегрузных автосамосвалов на карьерах горнодобывающей промышленности. Даны рекомендации по вождению автосамосвалов в сложных условиях, проанализированы пути повышения производительности карьерного автотранспорта и организации труда водителей. Рассмотрены вопросы эксплуатации автосамосвалов в условиях Севера и глубоких нагорных карьеров.

А. Н. Казарезом и А. А. Кулешовым [34] обобщен опыт эксплуатации большегрузных карьерных автосамосвалов с дизель-электрическим приводом как отечественного, так и зарубежного производства. Сформулированы конструктивно-технологические требования к ним и даны рекомендации по повышению их эксплуатационной надежности, техническому обслуживанию и ремонту, а так же нормирова-

нию расхода топлива при различных условиях эксплуатации. Рассмотрены вопросы экономической эксплуатации автосамосвалов, применения современных технических средств учета и контроля работы автосамосвалов.

Л. Г. Резник, Г. М. Ромалис и С. Т. Чарков в работе [74] рассматривали вопрос эффективности использования автомобилей в различных условиях эксплуатации и показали влияние переменного характера условий эксплуатации автомобилей на эффективность транспортного процесса. В работе освещены общие принципы формирования эффективности автомобилей в процессе их использования с учетом длительности и условий эксплуатации. Раскрыты сущность и роль приспособленности (адаптивности) автомобиля к переменным условиям эксплуатации. Описаны механизмы и закономерности формирования элементов эффективности автомобилей на примере их топливной экономичности, долговечности основных агрегатов, механизмов и узлов автомобилей в зимний период. Изложены рекомендации по повышению эффективности работы автомобилей в переменных условиях эксплуатации.

П. С. Вовша, Е. С. Левитин, С. А. Панов [10] рассмотрели проблему определения рационального уровня концентрации автотранспортного производства. В работе исследованы тенденции и закономерности процесса концентрации грузового автотранспорта, вопросы оценки народнохозяйственной эффективности различных форм концентрации, методы отыскания оптимальных размеров автотранспортных предприятий, принципы разделения сфер деятельности автотранспорта общего пользования и ведомственного.

М. Д. Новопашин и В. Р. Кузьмин в работе [67] исследовали работу большегрузных карьерных автосамосвалов отечественного и зарубежного производства в зоне холодного климата. На основе анализа статистической информации были выявлены основные виды отказов, их тяжесть, причины и связь с температурой воздуха, а также разработан ряд мероприятий по уменьшению влияния природно-

климатических факторов на работоспособность систем и агрегатов автосамосвалов.

В работе [8] М. В. Васильева, З. Л. Сироткина и В. П. Смирнова рассмотрены проблемы современного карьерного автомобильного транспорта, изложены опыт и условия применения различных видов подвижного состава автотранспорта на открытых горных работах. В ней освещены основные положения, определяющие выбор типа автомобиля для эксплуатации в конкретных условиях карьеров, приведены технологические особенности, режимы работы и технико-экономические показатели карьерного транспорта, обоснованы основные направления совершенствования и развития автомобильного транспорта на открытых горных работах.

И. М. Циперфин и А. Н. Казарез [100] описали основные работы, выполняемые при техническом обслуживании и ремонте узлов и агрегатов автомобилей БелАЗ-540А и БелАЗ-548А, технологию разборки, сборки и испытания агрегатов автомобилей. В работе приведены сведения о системе и методах организации технического обслуживания и ремонта, передовом опыте в этой области, специализированном оборудовании и средствах механизации тяжелых и трудоемких работ.

Из анализа рассмотренных работ нетрудно видеть, что эксплуатационная и ремонтная технологичность карьерных автосамосвалов, в отличие от автомобилей общего назначения, исследована недостаточно, но в них изложены общие подходы к оценке качества и технологичности конструкций машин, апробированные на карьерных экскаваторах, буровых станках и автотранспорте общего назначения.

С. И. Гонкин и Г. А. Яновский [21] считают, что для определения комплексных показателей технологичности конструкций могут быть применены различные методы.

В разработанных институтом ВНИИС совместно с Гипроуглемашем методических указаниях [59—62] рекомендуются следующие показатели: коэффициент сборности и блочности изделия, коэффициент использования рацио-

нальных материалов, а также показатели трудоемкости производства и материалоемкости конструкции. В качестве обобщенных предлагается использовать показатели типа индексов: средневзвешенные арифметические показатели (взвешенные арифметические индексы качества, индексы дефективности), средневзвешенные геометрические показатели (взвешенные геометрические индексы качества), коэффициенты равномерности, средневзвешенные гармонические показатели для определения сроков службы изделий. Особенностью данной методики является возможность построения с помощью стандартных правил системы обобщенных показателей.

Проведенный анализ показывает, что для оценки ремонтной технологичности целесообразно использовать, наряду с основными, и целый ряд дополнительных показателей, конкретизирующих условия эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов.

Частные показатели могут использоваться для оценки эксплуатационной технологичности отдельных узлов и агрегатов. Для оценки ремонтной технологичности машин в целом целесообразно использовать комплексные показатели, обобщающие частные, что значительно упрощает процедуру оценивания [27, 103].

На практике используется несколько методов определения комплексных показателей ремонтной технологичности:

1. Метод среднегеометрического взвешивания частных показателей. Применяется, когда число частных показателей не превышает двух-трех.

2. Метод среднеарифметического взвешивания частных показателей с учетом их экономической эквивалентности. Этот метод, несмотря на то, что он нашел широкое применение в промышленности, недостаточно точно и полно характеризует технологичность машин.

3. Метод корреляционного анализа статистических данных. Применяется для однотипных деталей. Комплексный показатель (трудоемкость, стоимость техобслуживания или ремонта, время нахождения в ремонте) определяется