

*Природа
покоряется лишь тому,
кто сам
подчиняется ей.*
Ф.Бэкон



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.А. ПУЧКОВ

Зам. председателя

Л.Х. ГИТИС

Члены редсовета

И.В. ДЕМЕНТЬЕВ

А.П. ДМИТРИЕВ

Б.А. КАРТОЗИЯ

М.В. КУРЛЕНЯ

В.И. ОСИПОВ

Э.М. СОКОЛОВ

К.Н. ТРУБЕЦКОЙ

В.В. ХРОНИН

В.А. ЧАНТУРИЯ

Е.И. ШЕМЯКИН

*президент МГГУ,
чл.-корр. РАН*

*директор
Издательства МГГУ.*

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАЕН

академик РАН

академик РАН

академик МАН ВШ

академик РАН

профессор

академик РАН

академик РАН

В.С. КВАГИНИДЗЕ

**РЕМОНТНАЯ
ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ
МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ
КАРЬЕРНЫХ
МЕХАНИЧЕСКИХ ЛОПАТ
НА УГОЛЬНЫХ
РАЗРЕЗАХ СЕВЕРА**

*Издание 2-е,
стереотипное*

МОСКВА
«МИР ГОРНОЙ КНИГИ» ◆
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ◆
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»
2007

ОСВОЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ



УДК 621.879.34
ББК 30.83
К 32

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253-03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Квагинидзе В.С.

К 32 Ремонтная технологичность металлоконструкций карьерных механических лопат на угольных разрезах Севера. — 2-е изд., стер. — М.: «Мир горной книги», Издательство Московского государственного горного университета, издательство «Горная книга», 2007. — 224 с. (ОСВОЕНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ)

ISBN 978-5-91003-020-5 (в пер.)

ISBN 978-5-7418-0475-9

ISBN 978-5-98672-068-5

Развитие разработки полезных ископаемых в районах Сибири и Крайнего Севера ставит задачи дальнейшего повышения надежности и ремонтной технологичности карьерного оборудования. При наличии таких сложных условий эксплуатации предъявляются особые требования к конструкции машин. Тяжелые условия работы приводят к снижению производительности экскаваторов и повышению трудоемкости по их техническому обслуживанию и ремонту. Обоснована необходимость научного подхода к решению этих проблем.

Для научных и инженерно-технических работников, занимающихся проектированием, созданием и эксплуатацией карьерных механических лопат.

УДК 621.879.34
ББК 30.83

ISBN 978-5-91003-020-5

ISBN 978-5-7418-0475-9

ISBN 978-5-98672-068-5

© В.С. Квагинидзе, 1997, 2007

© «Мир горной книги», Издательство МГТУ, издательство «Горная книга», 2007

© Дизайн книги. Издательство МГТУ, 2007

ВВЕДЕНИЕ

Развитие открытого способа добычи полезных ископаемых в настоящее время идет по пути роста производственной мощности предприятия, увеличения коэффициента вскрыши, объемов работ по экскавации, продвижения открытых разработок в отдаленные районы с суровым климатом. Удельный вес добычи угля открытым способом в стране сейчас составляет около 42 % и в дальнейшем должен расти. Все это создает благоприятные условия для использования выемочного высокопроизводительного оборудования.

Развитие разработки полезных ископаемых в районах Сибири и Крайнего Севера ПО "Якутуголь", "Якуталмаз" и др. ставит задачу дальнейшего повышения надежности и ремонтной технологичности карьерного оборудования. Это диктуется постоянным ростом его мощности, усложнением конструкции машин и эксплуатации в суровых условиях при длительном воздействии низких отрицательных температур. При этом условия эксплуатации предъявляют особые требования к конструкции машин, которые должны изготавливаться и эксплуатироваться с учетом дополнительных нагрузок, возникших в результате смерзаемости грунта и значительного снижения свойств стали под влиянием низких отрицательных температур.

Тяжелые условия работы карьерных механических лопат, связанные с нестабильностью горнотехнических условий, знакопеременными и ударными нагрузками, наличием

вибраций, повышенной влажностью воздуха, резкими колебаниями температуры приводят к снижению производительности и повышению трудоемкости работ по техническому обслуживанию и ремонту экскаваторов.

На горных предприятиях Севера широко используются карьерные экскаваторы с ковшом вместимостью от 4,6 до 20 м³. Наряду с серийными экскаваторами ЭКГ-8И, ЭКГ-12,5 находят применение экскаваторы типа ЭКГ-5А, ЭУГ-6,3 УС, ЭКГ-8ИХЛ. На разрезе "Нерюнгринский" применяются почти все типы карьерных механических лопат, большой объем горных работ выполняют экскаваторы ЭКГ-20.

Вместе с тем поддержание высоких темпов развития открытых горных работ на угольных разрезах сдерживаются низкой эффективностью использования карьерных экскаваторов, которые под влиянием многочисленных факторов простаивают от 40 до 50 % календарного времени, в том числе по техническим причинам 14—27 %. Фактические простои в ремонте более чем в 3 раза превышают нормативные, что объясняется недостаточной надежностью и низкой эффективностью системы обслуживания и ремонта машин. Снижение уровня надежности приводит к сокращению ремонтного цикла и удорожанию ремонтов. Так, расходы на содержание и ремонт оборудования в северных районах в 2—6 раз превышают аналогичные расходы в средней полосе страны.

На ремонт оборудования, являющегося самым трудоемким вспомогательным процессом на открытых разработках, расходуется до трети всех затрат на добычу полезного ископаемого. Ремонт занят 18—30 % списочного состава рабочих. Уровень механизации ремонтных работ очень низок, до 76 % затрат

труда приходится на операции, выполняемые вручную.

Многолетний опыт эксплуатации экскаваторов в суровых климатических условиях показывает, что в зимние месяцы резко повышается количество отказов вследствие разрушения металлоконструкций.

Острота проблемы повышения надежности и ремонтной технологичности карьерных механических лопат обуславливается также: поточным характером производства, где однокорпусные экскаваторы в большинстве случаев являются ведущими машинами всего технологического комплекса; опережающим усложнением конструкций экскаваторов (механических, электрических, гидравлических систем) по сравнению с внедрением современных методов повышения надежности сложных систем управления в практику экскаваторостроения; увеличением числа экскаваторов, работающих в районах с низкими температурами (районы Заполярья, Якутии, Сибири, Дальнего Востока); низкой надежностью и малыми сроками службы деталей и узлов значительной части экскаваторов, что вызывает неоправданно большие трудовые и материальные затраты на ремонты.

Одним из направлений решения этой проблемы является повышение надежности и ремонтной технологичности экскаваторов, улучшение их приспособленности к техническому обслуживанию и ремонту, а также совершенствование системы технического обслуживания и ремонта. Исключительно важное значение в современных условиях приобретают последние из указанных путей. Причем в качестве главной следует назвать

проблему обеспечения высокой технологичности карьерных механических лопат при ремонтах, т.е. совокупности свойств, позволяющих добиться оптимальных затрат времени, труда и объема выпуска и условий выполняемых работ. Необходимость научного подхода к решению данной задачи вызвана еще тем, что на “Нерюнгрииском” угольном месторождении в ремонтной службе ощущается недостаток поставки заводами-изготовителями ремонтной документации и запчастей.

**ОСОБЕННОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ
КАРЬЕРНЫХ
МЕХАНИЧЕСКИХ
ЛОПАТ**

**1.1. Условия эксплуатации
карьерных механических лопат
на угольных разрезах
Якутского каменноугольного
бассейна**

**1.2. Показатели использования
карьерных механических лопат**

**1.3. Анализ работ
по ремонтной технологичности
машин**

1

1.1. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАРЬЕРНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЛОПАТ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ ЯКУТСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

На разрезе “Нерюнгринкий” разрабатывается месторождение, расположенное в центральной части Южно-Якутского каменноугольного бассейна и представляющие собой мульду длиной 6 км, шириной 3,9 км. Углы падения крыльев мульды изменяются от 20 до 25 °С по периферии до горизонтального залегания в замке. Вынимаемый открытым способом верхний пласт “Мощный” в северной части месторождения выдержан по мощности, которая в среднем составляет 20—25 м.

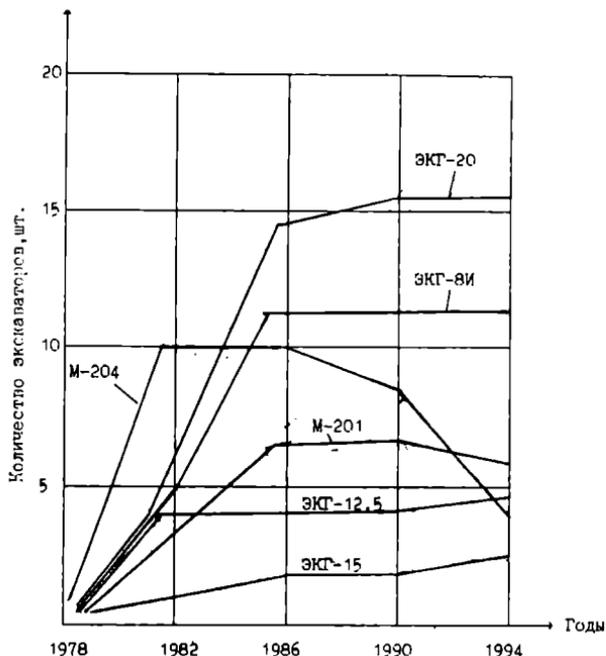
Вскрышные породы представлены песчаниками и алевролитами значительной крепости. Мощность вскрытых пород в центре мульды достигает 315 м. Отвалы расположены в непосредственной близости от западной и северо-восточной границ карьера (табл. 1.1). Производственная мощность карьера определена с учетом потребности в концентрате углей марки 9д (табл. 1.2). Общая производственная мощность карьера принята равной 13 млн. т углей в год. Среднегеологический коэффициент вскрыши превышает 6 м³/т.

В настоящее время горные 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 разрезе “Нерюнгринский” используется отечественной и импортное оборудование большой единичной мощности.

Рис. 1.1.
Состав парка экскаваторов на разрезе “Нерюнгринский”

Выемка и погрузка угля производятся экскаваторами с ковшами вместимостью 4,6—20,0 м³. Парк экскаваторов составляет более 40 единиц (рис.1.1.). Транс-



портирование осуществляется автосамосвалами грузоподъемностью 120—180 т. В эксплуатации находится свыше 100 автосамосвалов. Для бурения скважин применяются станки СБШ-250МН, СБШ-320 и др. На отвальных работах используются мощные бульдозеры Д-355 и Д-455.

Существенное влияние на показатели работы мехлопат оказывают погодноклиматические условия, которые характерны для резко континентального климата. Минимальная температура воздуха на месторождении колеблется около 55 °С. Амплитуда изменения температуры воздуха достигает по данным метеостанции п. Чульман и г. Нерюнгри от -53 до +30 °С. Менее значительно меняется в течении года относительная влажность воздуха от 78 % зимой до 64 % летом, скорость ветра составляет около 1,6 м/с весной. В холодное время года во впадинах при температуре -40 °С и ниже, как

правило, образуются ледяные туманы, что затрудняет работу и оказывает неблагоприятное воздействие на работоспособность техники. Промерзание верхнего слоя вскрышных пород начинается во второй половине октября и достигает до 1,5 м. Оттаивание почвы происходит в начале мая.

В летние месяцы преобладает сухая погода. Небольшое количество осадков выпадает в августе. Весенние месяцы характеризуются также значительным количеством осадков в виде дождя и мокрого снега, которые переувлажняют породы и становятся причиной неустойчивой работы карьерных механических лопат.

Низкие температуры влияют на изменение свойств конструкционных и эксплуатационных материалов, грунтов, ухудшающих работоспособность и надежность машин. В этих условиях увеличивается износ зубьев

Таблица 1.1
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД

Наименование пород	Объемный вес, г/см ³	Влажность естественная, %	Прочность на сжатие, кг/см ²	Модуль упругости, кгс/см ²	Кoeffициент крепости по шкале М.М. Протодьяконова
Гравелит	2,62	0,2—0,4	350—1200	—	6,3—6,7
Песчаник крупнозернистый	2,59—2,65	0,2—0,6	900—1500	2,94—5,16	6,7—6,9
Песчаник крупнозернистый с гидрослюдным цементом	2,54—2,62	0,6—0,8	500—800	2,9—3,2	—
Песчаник среднезернистый	2,52—2,66	0,5—1,2	1040—1300	2,55—2,92	6,47—6,7
Песчаник мелкозернистый	2,60—2,62	0,5—0,6	1000—1100	2,8—2,9	6,6—6,9
Алевролит	2,60—2,65	0,8—0,9	600—800	4,0—4,5	6,9—7,1

Таблица 1.2
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЯ

Мощность пласта о т- до средн яя , м		Объемная масса, т/м ³		Породные прослойки			Расстоя- ние по вертика- ли до нижеле- жащего слоя, м	Угол пада- ния плас- та, град
общая (с прос- лойка- ми)	полезная	упль- ных па- чек	засо- рен- ного угля	преоб- лада- ющий состав	мощ- ность, м	ко- эф. кре- пос- ти		
1,5—66,2 26,5	24,2—25	1,31	1,32	угли- стые арги- ллиты, але- роди- ты, песча- ники	0,05—0,5	4—6	100—200	2—20

ковшей и уменьшается их емкость из-за намерзания породы. Крупные глыбы, образовавшиеся при экскавации мерзлых пород, а также их намерзание на узлы и механизмы вызывают большие динамические нагрузки, приводящие к авариям. При этом резко возрастает число отказов узлов металлоконструкций, что приводит к увеличению простоев машин.

1.2. ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ЛОПАТ

Разработка “Нерюнгринского” месторождения характеризуется сосредоточением в рабочей зоне значительного количества оборудования. Показатели работы парка экскаваторов, выполняющих основной объем горных работ, приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3
ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПАРКА ЭКСКАВАТОРОВ
ЗА ПЕРИОД 1984—95 ГГ.

Наименование показателей	1984			1995		
	М-201	М-204	ЭКГ-20	М-201	М-204	ЭКГ-20
Выполненный объем	12417	21468	23410	20408	21760	42386
Коэффициент технического использования	0,50	0,38	0,44	0,51	0,48	0,46
Календарный фонд времени, ч	35976	87840	82008	52704	70272	131760
Чистое время работы, ч	21541	33768	36223	32205	33657	60905
Плановые простои, ч						
всего	5983	32773	24283	13435	27604	55363
в том числе:						
ППР	3032	26135	18343	10320	23225	47641
технологические	2951	6638	5940	3115	4355	7194
Неплановые простои, ч						
всего	8452	21300	21472	7064	9011	15492
в том числе:						
общетехнические	476	1089	1390	724	679	1693
организационные	3158	5596	6803	3805	4371	5423
отсутствие автотранспорта	1286	1710	2301	3321	3711	4664
Аварийные ремонты, ч						
всего	4478	14495	13167	2482	3927	8304
в том числе:						
механической части	3863	12985	9448	1994	2706	6754
электрической части	615	1510	3613	455	561	1239
Количество экскаваторов, шт.	4	10	9	6	8	15
Часовая производительность, м³/ч	576	635	646	634	647	695,9

Наименование показателей	1984			1995		
	М-201	М-204	ЭКГ-20	М-201	М-204	ЭКГ-20
Выполненный объем, м ³	14982	15508	32150	10544	2389	23276
Коэффициент технического использования	0,45	0,37	0,38	0,37	0,15	0,35
Календарный фонд времени, ч	52560	70080	134328	52560	26280	113880
Чистое время работы, ч	26506	26058	51358	19900	4044	39838
Плановые простои, ч						
всего	17922	34703	55933	18762	17686	59082
в том числе:						
ППР	13830	20739	45916	15807	2650	30332
технологические	3827	6345	8560	3564	943	9607
Неплановые простои, ч						
всего	8131	9319	2707	10334	3607	25355
в том числе:						
общетехнические	974	1113	2591	1167	308	3709
организационные	4190	5291	16878	4806	2185	12666
отсутствие автотранспорта	3590	3307	15217	1674	345	3989
Аварийные ремонты, ч						
всего	2955	2901	7554	4361	1114	8963
в том числе:						
механической части	1523	1890	3429	2546	428	5177
электрической части	1357	323	3933	1685	425	3462
Количество экскаваторов, шт.	6	8	15	6	3	13

Наименование показателей	1984			1995		
	М-201	М-204	ЭКГ-20	М-201	М-204	ЭКГ-20
Часовая производительность, м ³ /ч	565	592	626	631	598	691

Анализ, выполненный энерго-механической службой разреза и опорным пунктом УЗТМ за период с 1984 по 1995 гг. показал, что карьерные механические лопаты много простаивают. Коэффициент их использования не превышал 0,35—0,51. В 1995 г. основная часть нерабочего времени (до 54 %) приходилась на плановые ремонты и техобслуживание. Наименее надежными системами карьерных механических лопат являлись механическая и электрическая системы. При этом 35 % отказов приходилось на металлоконструкции. В табл. 1.4 дан анализ простоев экскаваторов ЭКГ-20.

Таблица 1.4
АНАЛИЗ ПРОСТОЕВ ЭКСКАВАТОРОВ ЭКГ-20
НА РАЗРЕЗЕ "НЕРЮНГРИНСКИЙ"

Год	Простои экскаваторов, ч										
	всего	механическая часть					металлоконструкции				
		всего	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	всего	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
1990	70486	9695	4544	1335	1216	2600	22769	1571	273	109	317
1991	70855	5010	1297	743	1314	1656	1931	354	132	134	1311
1992	71966	3588	1551	578	406	1053	1417	517	289	243	368
1993	82970	3375	812	641	715	1207	828	202	114	198	314
1994	84437	3499	1981	469	332	717	1955	1103	104	220	528
Среднее за 5 лет	76143	5033	2037	754	797	1447	1680	749	182	181	567
В процентах		6,5	40	15	16	29	33	45	11	11	34

Анализ надежности элементов механической системы экскаваторов ЭКГ-20 показал, что наряду с отказами наименее надежных “быстроизнашивающихся” элементов, таких как подъемные канаты и элементы тормоза механизма подъема, значительная часть отказов (около 30 %) связана с усталостным и хрупким разрушением элементов несущих конструкций, выходных валов зубчатых колес механизмов привода. Подобные отказы, требующие значительного времени восстановления работоспособности машин (в среднем более 24 часов), снижают коэффициент готовности экскаватора, особенно зимой за счет увеличения в 3—4 раза количества аварийных ремонтов. Как правило, с увеличением срока эксплуатации карьерных экскаваторов продолжительность ремонтов ежегодно увеличивалась на 10—12 %. Большие простои машин в ремонтах объясняются несовершенством системы ППР, слабой ремонтной базой, нестабильностью материально-технического снабжения, недостаточной эксплуатационной и ремонтной технологичность. На длительность простоев карьерных экскаваторов в ремонте влияют также несоблюдение сроков останковки машин на ремонт, нарушение режима смазки, несвоевременность наладки параметров электрических цепей, низкая квалификация машинистов и ремонтников.

В настоящее время при ремонте используют “Положение о планово-предупредительном ремонте оборудования открытых горных работ на предприятиях угольной промышленности СССР”, выпущенное в 1990г. В нем приводятся нормативы периодичности техобслуживания и ремонта карьерного оборудования. Так, для карьерных механических лопат ЭКГ-20 наработка на ремонт (для пород III категории) составляет, млн. м³: К = 28,8; С = 14,4; Т = 4,8.

Ремонт карьерных механических лопат в условиях Севера, особенно при низких температурах, имеет свою

специфику, которую необходимо учитывать при организации ремонтных работ. Во-первых, ремонт карьерных механических лопат производится в разрезе на уступе, вблизи забоя, в котором работают машины, что обусловлено трудностями перегона тяжелых машин и значительным износом ходового оборудования при перегоне на большие расстояния. Поэтому при ремонте в полевых условиях создают передвижные отапливаемые помещения с необходимым оборудованием и инструментами, во-вторых, низкие температуры влияют на качество и продолжительность ремонтных работ, производимых на открытом воздухе и особенно сварочных. При большом перепаде температур в металле возникают большие термические напряжения, усиливается его хрупкость, что не обеспечивает надежной работы отремонтированных деталей. Кроме того, современные карьерные механические лопаты имеют большие габариты и массу, что при некачественном выполнении ремонтных работ и преждевременном выходе из строя сопровождается большим объемом дополнительных сборочно-разборочных и восстановительных работ и, как следствие, — значительными затратами времени и средств на их выполнение. Опыт показывает, что с увеличением продолжительности ремонтов более 100 ч, целесообразно проведение длительных плановых ремонтов перед или во время зимнего периода эксплуатации.

Все причины снижения эффективности использования карьерных механических лопат на разрезе “Нерюнгринский” по климатическим условиям можно разделить на три группы:

1. Климатического 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 хладостойкости сталей, а также повышенными нагрузками в узлах в результате смерзаемости грунта;

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

Причины климатического характера вызывают простои карьерных механических лопат в периоды низких отрицательных температур, оговариваемых инструкциями заводов-изготовителей, разработанными применительно к конкретным условиям и активирующими вынужденные простои оборудования. Предельные значения отрицательных температур по инструкциям заводов-изготовителей составляют для экскаваторов ЭКГ-4У, ЭКГ-4,6 $-30 + -35$ °С; ЭКГ-8И, ЭКГ-20 $-20 + -40$ °С. Эти ограничения связаны с низким уровнем хладостойкости сталей и недостаточной надежностью оборудования. Гарантированный запас по уровню предельных значений отрицательных температур для узлов электрооборудования составляет $-35 + -40$ °С, резинотехнических изделий -35 °С, канатов -15 °С.

Активированные простои машин по причине критических отрицательных температур не всегда выдерживаются на большинстве горных предприятий. Вместе с тем на ряде предприятий вовсе отсутствуют какие-либо ограничения режима работы машин по уровню отрицательных температур. Таким образом, критерии,кладываемые в ограничения по активированным простоям экскаваторов, часто носят субъективный характер и увязываются, в первую очередь, с непосредственными потребностями производства, своевременным выполнением плановых заданий.

При работе карьерных технических лопат в условиях Севера ощутимые простои машин составляют отказы и хрупкие разрушения узлов металлоконструкций, которые связаны с большой трудоемкостью ремонтно-восстановительных работ. Поэтому в ряде случаев выгоднее планировать простои машин в периоды воздействия отрицательных температур, опасных для основных узлов металлоконструкций экскаваторов, что уменьшает вероятность хрупких разрушений и последующих больших ремонтно-восстановительных работ.

1.3. АНАЛИЗ РАБОТ ПО РЕМОНТНОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ МАШИН

Совершенствование выпускаемого горного оборудования и насыщение его сложными элементами усложнили техобслуживание и ремонты, при этом увеличились трудоемкость и материальные затраты на их проведение и стоимость. В настоящее время решение этой проблемы идет в нескольких направлениях. Одним из них является исследование и повышение ремонтной технологичности горных машин. Вопросы технологичности освещены в довольно большом количестве работ, на основе которых создана теоретическая и методологическая основа для оценки и разработан ряд государственных и отраслевых стандартов.

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.

Производственная технологичность — технологичность конструкции изделия при технологической подго-

товке производства, изготовлении, а также монтаже предприятия-изготовителя.

Эксплуатационная технологичность — технологичность конструкции изделия при подготовке его к использованию по назначению, техническом обслуживании, текущем ремонте и утилизации.

Ремонтная технологичность — технологичность конструкции изделия при всех видах ремонтов, кроме текущего.

Ремонтная технологичность зависит от целого ряда факторов, которые необходимо учитывать при создании карьерных механических лопат с учетом условий их эксплуатации. В общем случае на уровень ремонтной технологичности карьерных механических лопат оказывают влияние две группы взаимосвязанных факторов: конструкционно-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 техобслуживании и ремонте, соблюдение правил эксплуатации и режимов использования машин, содержание системы ППР.

Все сложные машины на современном этапе нуждаются в ремонте, а их отдельные детали и узлы в процессе работы выходят внезапно из строя. Следовательно, проблема обеспечения высокого уровня ремонтной технологичности конструкции карьерных механических лопат имеет важное значение и она возрастает в связи с усложнением их конструкции. С ростом их сложности возрастают объемы работ по ремонту, усложняется про-

цесс обнаружения и устранения отказов; затрудняется контроль из-за их многообразия; увеличивается вероятность появления отказов в связи с проведением ремонтов; требуется обслуживающий персонал более высокой квалификации; большое количество типов приспособлений, 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.

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

П.Н. Волковым и Г.А. Кучеровым в работах рассматриваются вопросы технологичности строительных экскаваторов. Они 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.

Кучеровым Г.А. разработаны и получены многофакторные модели для трудоемкости (Т), себестоимости (С, и продолжительности капитальных ремонтов (t) однокорпусовых строительных экскаваторов.

$$T = 3908 + 1176 \Theta - 38,1 K_{\text{гп}} + 228 \Phi - 510 K_3;$$

$$C = 2841 + 152 P - 5365 K_3 + 459 \Phi - 459 Y;$$

$$t = 25,5 - 16,2 \Phi + 8,4 \Phi - 25,3 K_3 - 10,2 Y,$$