

УДК 658.011.56

**В.А. Матюшин**, исп. директор, ООО "НПП "СпецТек", **А.Н. Рыжков**, главный горняк по открытым работам, ОАО "Апатит", **А.Н. Тропин**, нач. автотранспортного отдела, ОАО "Апатит", **В.Г. Голованов**, нач. управления техн. развития горно-обогатительного комплекса, канд. техн. наук, **Д.Е. Козлов**, ст. специалист отдела технического развития горно-обогатительных производств, канд. техн. наук, ОАО "НИУИФ"

### Автоматизация управления техобслуживанием и ремонтом технологического транспорта

---

*Описан проект внедрения автоматизированной системы управления техобслуживанием и ремонтом автосамосвалов и горной техники на Восточном руднике ОАО "Апатит". Дана краткая характеристика конфигурации системы, а также ее возможностей, реализованных средствами программного комплекса TRIM — отечественной разработки в области информационных систем управления. Приводятся примеры использования системы для решения задач эксплуатации карьерных автосамосвалов.*

Одной из важнейших задач горно-добывающего предприятия является поддержание производственных фондов (оборудования) в эксплуатационном состоянии. Эта деятельность, как правило, осуществляется в рамках жестких требований: с одной стороны - к срокам, своевременности и качеству технического обслуживания и ремонта (ТОиР), с другой стороны - к объему используемых материальных, финансовых и кадровых ресурсов.

Важнейший элемент производственных фондов такого предприятия — карьерные автосамосвалы БелАЗ. Ежегодно предприятие затрачивает огромные средства на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт десятков БелАЗов. Причем существенно не только абсолютное значение и структура этих затрат, но и соотношение их с производительностью. Естественно, что на определенном этапе перед предприятием возникает цель: сократить парк автосамосвалов с одновременным повышением коэффициента использования оставшегося парка, обеспечить обоснованное списание и замену отработавших БелАЗов на новые. Для достижения этой цели требуется решить задачу информационного обеспечения руководства, которому необходимо иметь полную и объективную информацию об эксплуатации, а также ТОиР автосамосвалов.

Площадкой для отработки вариантов решения данной задачи стал автопарк Восточного рудника ОАО "Апатит". Для оценки работы автосамосвалов

были выбраны показатели эффективности, которые, собственно, и должны были дать информационную основу. В числе этих показателей:

- вес горной массы, перевезенной за один рейс — в тоннах;
- время в наряде (на линии) - в часах;
- количество рейсов за один час в наряде;
- время простоев в ремонте — в часах;
- простой, не связанный с ремонтом — в часах;
- затраты на ремонт — в рублях;
- затраты на эксплуатацию — руб./т-км).

Однако возникли значительные проблемы в сборе данных и объективном измерении показателей. С достаточной точностью определяется только количество горной массы, перевезенное за отчетный период (месяц, квартал, год). На определение количества рейсов, времени в наряде и времени в ремонте оказывает существенное влияние человеческий фактор. Большинство показателей могут содержать значительные отклонения от истинных значений из-за недостаточной точности исходных данных.

Причиной неопределенности в результатах анализа стало, прежде всего, отсутствие адекватного инструмента его выполнения, которым может быть только соответствующая автоматизированная система для сбора, хранения, анализа и представления информации. Разрозненность и необозримость данных о ТОиР в условиях значительного количества эксплуатируемых машин, отличающихся маркой машины и комплектующими, территориальной распределенности участков их эксплуатации — это факторы, которые обусловили потребность в автоматизированной системе управления (АСУ) ТОиР.

В этой связи в сентябре 2003 г. в ОАО "Апатит" начались работы по внедрению АСУ ТОиР Восточного рудника. За основу создаваемой системы был принят программный комплекс TRIM ([www.trim.ru](http://www.trim.ru)) разработки НПП "СпецТек" (С.-Петербург), который с точки зрения функциональности, опыта внедрения и стоимости оказался наиболее приемлемым продуктом. По

своему назначению TRIM ориентирован именно на создание АСУ ТООиР и относится к классу программных систем ЕАМ (Enterprise Asset Management, управление основными фондами предприятия).

Приоритет при создании АСУ ТООиР получила автотранспортная составляющая Восточного рудника, хотя в целом охват системы гораздо шире — это и экскаваторы, и буровые станки, и насосы водоотлива.

Работы по проекту внедрения АСУ ТООиР выполнялись силами НПП "СпецТек" при непосредственном участии специалистов ОАО "Апатит" и Управления технического развития ОАО "НИУИФ". По итогам обследования была определена следующая информационная взаимосвязь подразделений управления и рудника:

*транспортное управление* — получает с участка ремонта технологического транспорта (УРТТ), а также с участков внутрикарьерного транспорта (УВКТ) и автотранспортного цеха (АТЦ) данные об имеющемся автотранспорте, его техническом состоянии, плановых и выполненных ремонтах, заявки на запчасти; передает в УРТТ, УВКТ и АТЦ нормативы на ремонт, лимиты расхода запчастей и материалов;

*служба главного механика* — получает с участка ремонта горного оборудования и водоотлива (УРГОиВ) данные об имеющемся механическом оборудовании (экскаваторы, буровые станки, насосы водоотлива), его техническом состоянии, плановых и выполненных ремонтах, заявки на запчасти; передает в УРГОиВ нормативы на ремонт, лимиты расхода запчастей и материалов;

*энергоуправление* — получает с участка по ремонту горного электрооборудования карьеров (УРГЭОК) и электроремонтного цеха (ЭРЦ) данные об имеющемся энергетическом оборудовании (электрические машины БелАЗов, экскаваторов, насосов водоотлива), его техническом состоянии, плановых и выполненных ремонтах, заявки на запчасти;

*экскаваторный участок Коаивинского карьера (ЭУКК), буровой участок Коаивинского карьера (БУКК), Ньорпахкский горный участок (НГУ)* — получают от службы главного механика графики ремонтов, готовят дефектные ведомости под ремонты для УРГОиВ и УРГЭОК, в случае производственной необходимости переноса ремонтов составляют акты переноса работ;

*электроремонтный цех* — получает с УРГЭОК заявки на ремонт электрических машин; передает на УРГЭОК сведения о выполненных капитальных ремонтах электрических машин и их стоимости;

*автотранспортный цех* — получает от УРТТ заявки на ремонт двигателей автосамосвалов БелАЗ; передает в УРТТ сведения о выполненных ремонтах, стоимости ремонта.

На рис. 1, 2 и 3 (см. стр. I вкладки) представлены информационные потоки и взаимодействие подразделений, реализованные в итоге в АСУ ТООиР по трем направлениям деятельности: эксплуатация автотранспорта, ремонт автосамосвалов, ремонт горной техники.

Основные процессы предприятия, которые подверглись автоматизации — паспортизация и ведение базы данных по оборудованию, планирование ТООиР, обеспечение ТООиР всеми видами ресурсов, организация, учет и анализ работ по ТООиР, управление снабжением и распределенным складом.

Результаты проекта внедрения АСУ ТООиР можно рассмотреть с нескольких точек зрения или уровней, а именно:

- информатизация процессов в подразделениях и управлении — как базовый уровень;
- повседневная эксплуатация и ТООиР — как обеспечивающий уровень;
- обработка информации и принятие решений в масштабе предприятия — как аналитический уровень.

На базовом уровне создано единое информационное пространство для всех пользователей АСУ ТООиР. С позиции аппаратного обеспечения этому способствовало совершенствование сетевой инфраструктуры предприятия, с программной — возможности для работы в многопользовательской сети, заложенные в TRIM. Единство информационного пространства означает, что, во-первых, пользователи получают доступ к необходимой информации непосредственно со своего рабочего места - тем самым реализуется территориально-распределенная структура управления ТООиР, во-вторых, информация вводится однократно и сразу становится доступной всем пользователям в соответствии с правами доступа — тем самым обеспечиваются непротиворечивость, оперативность данных и реальная информационная поддержка.

Что касается НПП "СпецТек", то для компании-разработчика весьма важным стал факт практической отработки типового решения, предназначенного для автоматизации ТООиР технологического транспорта и горного оборудования.

В сфере повседневной эксплуатации автосамосвалов и горного оборудования внедрение АСУ ТООиР обеспечило автоматизацию многих важных функций персонала. Специалистам разных уровней был предоставлен тот самый инструмент для сбора (ввода), хранения и обработки информации, о недостатке которого говорилось выше. В числе автоматизированных функций:

- ведение нормативно-справочной информации по ТООиР оборудования;
- ведение архива электронных документов;
- ведение электронных каталогов оборудования;
- ведение иерархической структуры технологических мест установки оборудования;
- ведение реестра основного и вспомогательного оборудования, паспортизация оборудования;
- ведение регламентов работ;
- ведение нормативов для регламентных работ;
- учет местонахождения оборудования на месте установки, регистрация монтажа и демонтажа оборудования с технологического места, ведение истории перемещения оборудования;
- регистрация эксплуатационного состояния технологического места установки оборудования (работа, ремонт, отказ и т.д.);

- ведение журнала времени наработки;
- ведение журнала параметров (эксплуатационных и технического состояния);
- формирование и представление формуляра оборудования с отображением проведенных ремонтов, их стоимости, истории изменения контролируемых параметров, наработки, установленных запасных частей и израсходованных на ремонт материалов;
- планирование работ по ТОиР с учетом наработки, нормативов календарной периодичности проведения работ, обеспечение планирования на заданный период (год, квартал, месяц);
- формирование план-графика и ведение журналов плановых работ;
- определение потребности в товарно-материальных ценностях (ТМЦ) для выполнения планово-предупредительных ремонтов (ППР);
- регистрация и ведение аварийных и внеплановых работ;
- ввод отчетов о выполненной работе с учетом трудоемкости, стоимости работ, использованных материалов и запасных частей, формирование и ведение журнала выполненных работ;
- учет затрат на единицу оборудования;
- оперативный складской учет уровня цеха;
- оперативный складской учет уровня участка;
- формирование выходных отчетных (аналитических) форм;
- интеграция с другими автоматизированными системами в части общих справочников и их обновления.

Интеграция АСУ ТОиР с существующей на предприятии информационной системой бухгалтерского учета позволяет централизованно использовать данные в обеих системах. При этом персоналу нет необходимости повторно вводить эти данные, если они уже введены в одной из систем — информация автоматически конвертируется посредством имеющихся средств TRIM. В части общих справочников из бухгалтерской системы в АСУ ТОиР поступают номенклатурные номера, учетные цены, единицы измерений, остатки складов, приходные и расходные документы (складские). Кроме того, в АСУ ТОиР передается и используется следующая бухгалтерская информация: код амортизационных отчислений, норма износа, балансовая стоимость, остаточная стоимость, инвентарный номер, подразделение, дата постановки на баланс, счет учета, счет отчислений износа, коэффициент к норме износа, износ с начала эксплуатации.

Наконец, каковы же результаты внедрения АСУ ТОиР на уровне принятия решений в масштабе предприятия? Результатами здесь можно считать либо сами решения, принятые с использованием АСУ ТОиР, либо агрегированную информацию, подготовленную для принятия по ней решения.

Прежде всего необходимо отметить, что автоматизация перечисленных выше функций лишь обеспечивает и создает необходимую информационную основу. Действительно, в результате накопления данных появляется возможность сравнивать затраты на ремонт оборудования по типам и по году выпуска тех-

ники, принимать обоснованное решение на списание. В целом вводимые в АСУ ТОиР данные позволяют оценивать результативность процессов, фиксировать несоответствия, разрабатывать корректирующие действия и осознанно влиять на такие показатели, как коэффициент использования, межремонтный период, аварийные простои, затраты на закупку запчастей. К примеру, на основе данных по отчетам о выполненных ремонтных работах (фактические затраты) на предприятии начат пересмотр нормативов расхода запчастей на плановые работы в целях сокращения простоев из-за их отсутствия и в целях снижения складских остатков (основные цели внедрения системы).

Для принятия решений руководству необходима не только достоверная и полная информация, но и удобный инструмент ее обработки и представления. Весьма удобными инструментами оперативного анализа являются программные средства OLAP (On-Line Analytical Processing, технология многомерного анализа данных). Именно встроенные средства OLAP, имеющиеся в TRIM, легли в основу аналитических возможностей АСУ ТОиР.

В ходе внедрения системы были разработаны требования к подготовке аналитических отчетов. Далее были созданы так называемые OLAP-кубы - запросы к базе данных, извлекающие из нее значения заданного параметра в пространстве определенного количества измерений (координатных осей). В простейшем случае трех измерений результаты такого запроса могут быть представлены в виде куба, ребрами которого служат эти измерения, а внутри располагаются извлеченные значения. Поэтому и применено название — OLAP-куб, хотя на практике координатных осей бывает не три, а больше. "Разрезая" полученный многомерный "куб" в нужном сечении, можно получить двумерный отчет в виде привычной таблицы или графический отчет — в виде гистограммы или графика.

В качестве созданных OLAP-кубов можно привести следующие примеры. Куб "*Запчасти-Ремонт*" содержит информацию об использованных запчастях и материалах по выполненным работам и позволяет форматировать, группировать данные многомерного аналитического отчета по семи измерениям:

- 1) дата (год, квартал, месяц);
- 2) возраст (год);
- 3) оборудование (тип, номер);
- 4) работа (вид, класс, работа);
- 5) исполнитель (название);
- 6) заведение (участок);
- 7) запчасти (группы ТМЦ, название, каталожный номер, номенклатурный номер).

При этом значениями служат "Номенклатура", "Количество", "Стоимость", "Продолжительность". Для анализа технико-эксплуатационных показателей подготовлен OLAP-куб "*Эксплуатационные параметры*" с четырьмя измерениями:

- 1) начало эксплуатации (год, месяц);
- 2) дата (год, квартал, месяц, день);
- 3) параметры (наименование, единица измерения);

Характеристика эксплуатации автосамосвалов в 2005 г. по данным АСУ ТООиР "TRIM"

Группа	Грузооборот, тыс. т-км		Средний возраст, лет	Средний грузооборот		Средний объем перевозки		Плечо, км	Затраты, тыс. руб. на 1 т-км
	менее	более		тыс. т-км	% по группе	тыс. т	% по группе		
1		3500	3,8	4130	63	1014	61	4,07	0,18
2	3500	2750	6,7	3220	24	860	27	3,75	0,27
3	2750	2000	6,8	2520	7	630	7	4,00	0,42
4	2000		8,0	1200	4	370	5	3,27	0,77

4) автосамосвал (тип, номер), и восемь значениями — "Приведенное расстояние от экскаватора", "Пробег с грузом", "Объем перевозок в смену", "Табельный номер водителя", "Количество рейсов", "Объем перевезенной горной массы", "Производительность", "Время в ППР, ремонте, простое, работы в карьере, на поврежденке".

В табл. 1 приведен пример двумерного отчета— сравнительный анализ информации по перевозке горной массы и затрат на эксплуатацию (ремонты) автосамосвалов БелАЗ по группам за 2005 г. по данным АСУ ТООиР "TRIM". При этом здесь и далее на рис. 4-7 (см. стр. II вкладки) фигурируют группы — все автосамосвалы предприятия сгруппированы по грузообороту, при этом прослеживается четкая зависимость по возрасту.

На рис. 4-6 представлены примеры графических отчетов, полученных из АСУ ТООиР путем "разрезания" OLAP-кубов в заданном сечении.

Итоги внедрения и использования АСУ ТООиР за период ее эксплуатации дают основания говорить как о нерешенных проблемах, так и о достижении существенных результатов. В качестве примера приведем данные анализа эффективности автопарка, принятого управлением технического развития ОАО "НИУИФ" по данным за 2004—2005 гг., в том числе с использованием информации из АСУ ТООиР.

#### Влияние типа автосамосвала на показатели работы

Существует зависимость между грузоподъемностью автосамосвала и фактическим весом горной массы, перевезенной за рейс. В течение 2004 г. самосвалы Восточного рудника грузоподъемностью 110 т в среднем за рейс перевозили 80...85 т, грузоподъемностью 120 т - 95...100 т, грузоподъемностью 130 т - около 105 т. Однако оценить достоверность этих значений не представляется возможным, т.к. перевезенная за рейс горная масса не взвешивается, а определяется путем деления общего количества перевезенной горной массы за установленный период времени (по данным маркшейдерского замера) на число рейсов, выполненных всеми самосвалами с учетом грузоподъемности

#### Время в наряде

Из анализа видно, что на время в наряде влияют:

- ввод в эксплуатацию и вывод из эксплуатации автосамосвалов в рассматриваемый год;
- марка автосамосвала и тип двигателя (низкая величина времени в наряде характерна для автосамосвалов БелАЗ-75121-20 с двигателем 8РА-185, БелАЗ-7512, БелАЗ-7519).

Время в наряде является одним из основных показателей, определяющих объем перевозки горной массы автосамосвалом. Определена его статистическая зависимость от времени в наряде для автосамосвалов трех грузоподъемностей. При достаточно высокой надежности перевозка горной массы в час машины в наряде составляет:

- БелАЗ-75131 (грузоподъемность 130 т) - 148 т в час в наряде;
- БелАЗ-75145 (грузоподъемность 120 т) — 139 т в час в наряде;
- прочие БелАЗы (грузоподъемность 100 т) — 129 т в час в наряде.

Следует отметить, что для всех типов автосамосвалов характерен широкий интервал колебаний времени в наряде (от 1000 до 7700 ч).

#### Простой автосамосвалов

В данном случае время простоев определяется как календарное время за вычетом времени в наряде. Очевидно, что для повышения эффективности использования автосамосвала за счет увеличения времени в наряде необходимо изучить причины простоев.

Характерной особенностью является то, что колебания времени ремонтов заметно ниже (300...1800 ч), чем прочие простои (400...8500 ч). Таким образом, на время в наряде в основном негативно влияют простои, не связанные с плановыми ремонтами.

Одним из важных факторов, вызывающих повышенный простой, является срок эксплуатации автосамосвалов. Из рис. 5 видно, что наблюдается рост простоев с увеличением срока эксплуатации автосамосвалов. Если анализировать 4-ю группу со средним возрастом 8 лет, то оказывается, что при сроке эксплуатации более 12 лет время в наряде не превышает 25 % от календарного времени, остальное время

автосамосвал находится в простое, ремонте, ППР или на поверенке.

### Эффективность использования времени в наряде

Оценка эффективности использования времени в наряде при существующем информационном обеспечении весьма проблематична. Это объясняется тем, что:

- не определяется вес горной массы, перевезенной за рейс;
- количество рейсов за смену фиксируется со слов водителя или машиниста экскаватора;
- плечо перевозки инструментально не определяется.

В этой связи существующая методика анализа использования времени в наряде сводится в конечном

наряде в рамках АСУ ТОиР "TRIM" не может быть решена без получения объективных данных о работе в карьере.

На руднике проводится регистрация показателей использования календарного времени автосамосвалов как эксплуатационным персоналом (водители, сменные рапорта), так и ремонтным (участок ремонта технологического транспорта).

В табл. 2 и 3 приводится сравнительный анализ данных использования календарного времени в I полугодии 2005 г. по автосамосвалам БЕЛАЗ, где ОВ - отсутствие водителя, хоз/р - использование автосамосвалов для хозяйственных нужд. Для расчета принималось суммарное календарное время всех самосвалов за I полугодие 2005 г. -  $4344 \times 58 = 251952$  ч. В табл. 2, 3 в графе 1 указано учетное время за полу-

Таблица 2

Использование календарного времени по данным АСУП( эксплуатационный персонал)

№ графы	Работа в наряде		Простой			Всего
	Линия	Хоз/р	ППР	Ремонт	Простой( не ремонтный)	
1	148 899	3953	24799	18241	4963	200 855
2	74,1	2,0	12,3	9,1	2,5	100,0
3	59,1	1,6	9,8	7,2	2,0	79,7

Примечание: данные по ТО входят в сумму простоев в колонке " ППР", простои по причине " Сборка" не учитываются в системе АСУП.

Таблица 3

Использование календарного времени по данным ремонтного персонала( АСУ ТОиР "TRIM")

№ графы	Работа в наряде	Простой						Всего
		Линия	ТО	ППР	Ремонт	Сборка	ОВ	
1	181 350	6120	15 188	28 552	1127	2918	15 359	250 614
2	72,4	2,4	6,1	11,4	0,5	1,2	6,1	100,0
3	72,0	2,4	6,0	11,3	0,5	1,2	6,0	99,4

итоге к распределению перевезенной горной массы между автосамосвалами на основании неточных показателей, и проверить ее пока не представляется возможным.

Было выполнено два варианта расчета использования времени в наряде - по количеству рейсов и по грузоподъемности. Полученные данные дают основания предположить, что эффективность использования времени в наряде составляет порядка 67...77% и имеются заметные резервы.

### Анализ информации, полученной от АСУ ТОиР "TRIM"

Одной из задач использования АСУ ТОиР является снижение простоев автосамосвалов и, следовательно, увеличение времени в наряде. Задача же повышения эффективности использования времени в

годии по всем автосамосвалам в часах, в графе 2 - доля времени по отдельным составляющим в процентах от общего учетного времени по данным АСУП или АСУ ТОиР "TRIM", в графе 3 - доля времени в процентах от общего календарного времени.

Приведенными данными выявлено следующее:

- имеется значительное расхождение в методах регистрации данных эксплуатационным персоналом и ремонтным;
- погрешность учета данных в АСУ ТОиР "TRIM" по отношению к общему календарному времени составляет менее 1 %, в то время как при учете эксплуатационным персоналом она превышает 20 %;
- по данным эксплуатационного персонала можно оценить неучтенные простои - разница между календарным временем и статьями его использования

(в наряде, в плановом ремонте, в аварийном ремонте, в прочих простоях, в поврежденке);

- неучтенные простои составили 20,3 % от календарного времени;

- по данным ремонтного участка объем внеплановых работ (ремонт — 11,3 %) превысил объем регламентных плановых работ (ТО+ППР — 8,4 %), а доля простоев без указания причины составляет 6,0 %;

- исключение простоев, не связанных с плановыми работами (ТО и ППР), и уменьшение доли внеплановых (аварийных) ремонтов существенно повысит эффективность использования автосамосвалов.

Специалистами ОАО "НИУИФ" был проведен расчет полных затрат на перевозку горной массы автосамосвалами Восточного рудника на основании данных АСУ ТОиР "TRIM". Результат расчета приведен на рис. 7, где условно-постоянные затраты — ГСМ и шины, условно-переменные затраты — зарплата с отчислениями, запчасти, ремонт с подрядчиками. Показана также составляющая затрат "Амортизация+ лизинг", которая закономерно уменьшается по мере "старения" самосвалов (уменьшается база амортизационных отчислений — остаточная

стоимость самосвалов, исчерпываются обязательства по лизинговым платежам).

Полученный результат позволяет сделать обоснованный вывод: использование автосамосвалов со сроком эксплуатации более 8 лет нецелесообразно, так как годовой объем перевозки таким автосамосвалом составляет порядка 30 % от среднего автосамосвала, а себестоимость перевозки в 2 раза выше.

Анализ данных о работе парка автосамосвалов, существенно дополненных АСУ ТОиР "TRIM", дал возможность определить проблемные места эксплуатации самосвалов, связанные как с возрастом, так и со структурой парка, организацией работ в карьере, что привело к решению о необходимости внедрения системы диспетчеризации, работающей в полном контакте с системой АСУ ТОиР. Предварительная работа по выбору и обоснованию необходимости внедрения системы диспетчеризации на открытых работах ОАО "Апатит" проведена, и в ближайшее время будет начато ее внедрение на Восточном руднике.

К статье В.А. Матюшина, А.Н. Рыжкова, А.Н. Тропина, В.Г. Голованова, Д.Е. Козлова **"Автоматизация управления техобслуживанием и ремонтом технологического транспорта"**

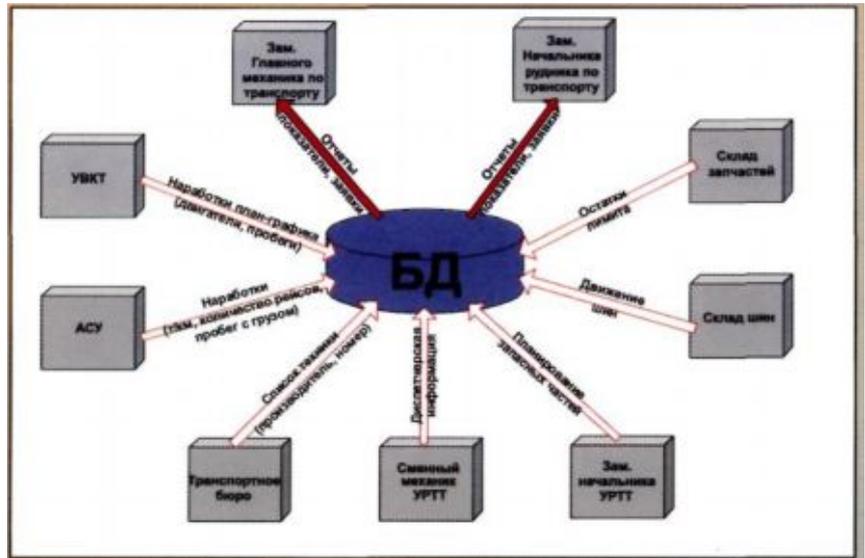


Рис. 1. Взаимодействие в АСУ ТОиР "TRIM": эксплуатация автосамосвалов

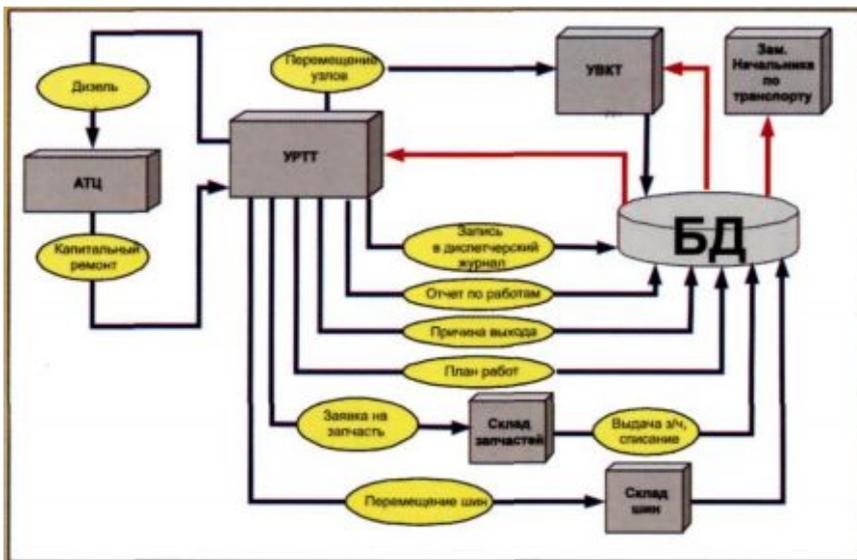


Рис. 2. Взаимодействие в АСУ ТОиР "TRIM": ремонт автосамосвалов

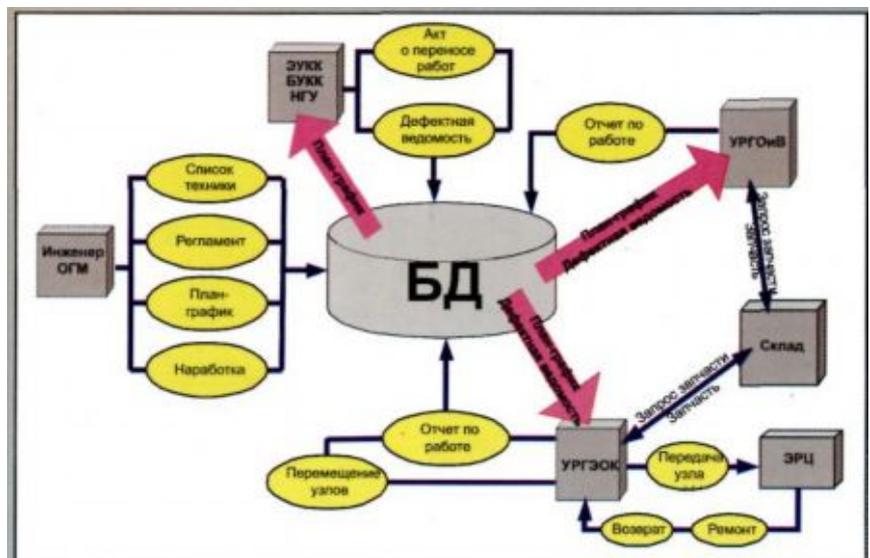


Рис. 3. Взаимодействие в АСУ ТОиР "TRIM": ремонт горной техники

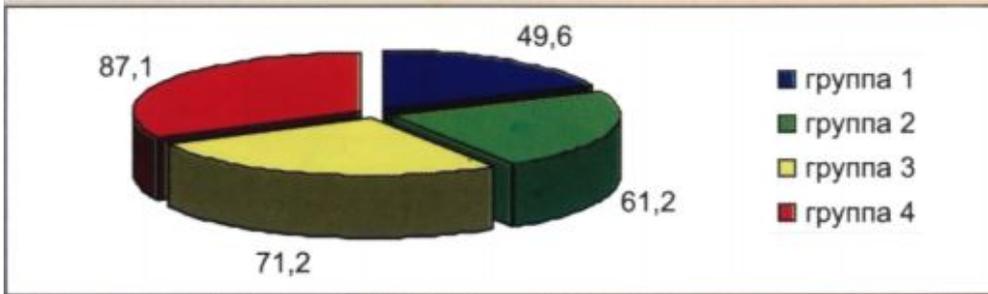


Рис. 4. Распределение времени простоя одного автосамосвала по группам в 2005 г., дней

Рис. 5. Использование календарного времени автосамосвалов по группам в 2005 г.

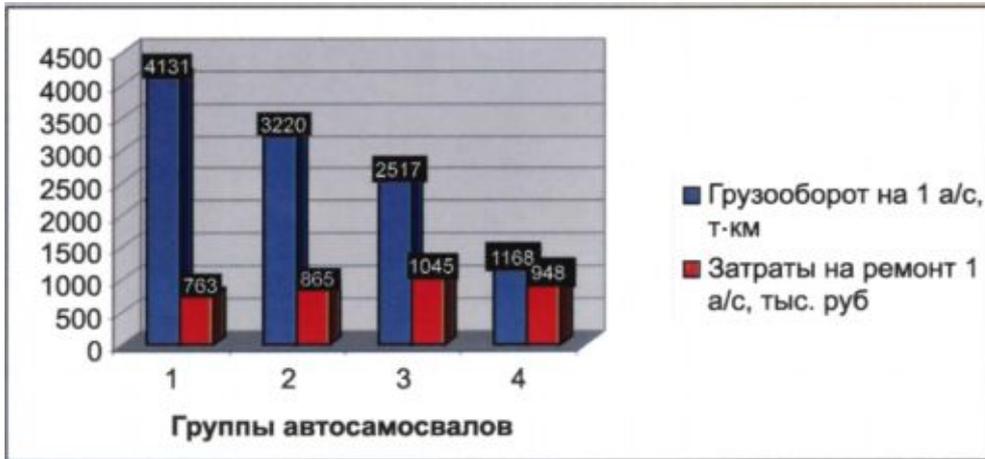
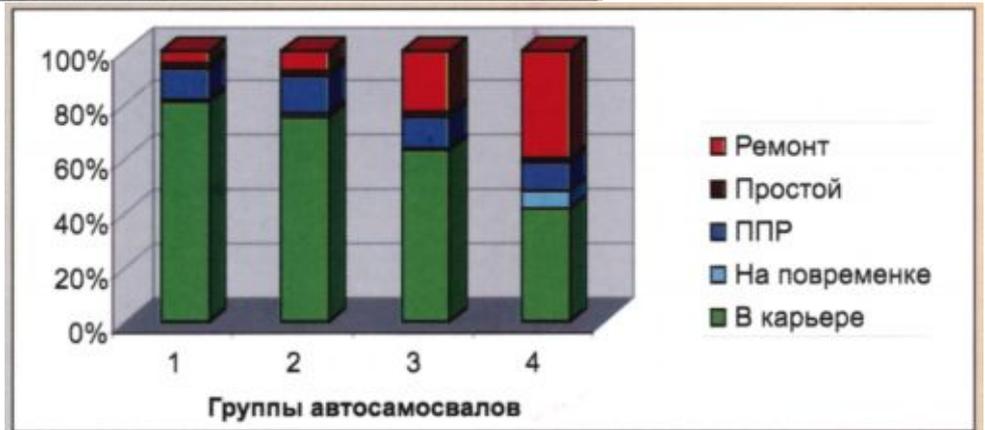


Рис. 6. Сравнительный анализ эффективности использования карьерных автосамосвалов БелАЗ в 2005 г. на основании данных АСУ ТОиР "TRIM"

Рис. 7. Расчет затрат на перевозку горной массы автосамосвалами Восточного рудника на основании данных Управления технического развития ОАО "НИУИФ"

