Горная
книга

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ
ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»

Председатель *Л.А. ПУЧКОВ*	*чл.-корр. РАН*
Зам. председателя *Л.Х. ГИТИС*	*директор Издательства «Горная книга»*
Члены редсовета *А.А. БАРЯХ*	*директор ГИ УрО РАН*
А.П. ДМИТРИЕВ	*академик РАЕН*
В.Н. ЗАХАРОВ	*директор ИПКОН РАН*
Д.Р. КАПЛУНОВ	*чл.-корр. РАН*
Б.А. КАРТОЗИЯ	*академик РАЕН*
А.В. КОРЧАК	*академик МАН ВШ*
М.В. КУРЛЕНЯ	*академик РАН*
В.Н. ОПАРИН	*чл.-корр. РАН*
В.Л. ПЕТРОВ	*академик МАН ВШ*
И.Ю. РАССКАЗОВ	*директор ИГД ДВО РАН*
К.Н. ТРУБЕЦКОЙ	*академик РАН*
В.А. ЧАНТУРИЯ	*академик РАН*
В.Л. ШКУРАТНИК	*зав. кафедрой МГГУ*

ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Н.Я. РЕПИН
Л.Н. РЕПИН

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ И СКЛАДИРОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело»

МОСКВА
♦
ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»
♦
2013

УДК 622.221
ББК 33.22
Р41

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253–03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (*ОСТ 29.124–94*). *Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.12*

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением высших учебных заведений Российской Федерации по образованию в области горного дела (*письмо № 51-16/247 от 18.09.2012 г.*)

Рецензенты:

- кафедра «Открытые горные работы» Кузбасского государственного технического университета (зав. кафедрой канд. техн. наук, доц. *С.И. Протасов*);
- д-р техн. наук, проф. *И.Г. Ищук* (ННЦ ГП — ИГД им. А.А. Скочинского)

Репин Н.Я., Репин Л.Н.

Р41 Процессы открытых горных работ. Часть 3. Перемещение и складирование горных пород: Учеб. пособие. — М.: Издательство «Горная книга», 2013. — 221 с.: ил. (ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ)

ISBN 978-5-98672-349-5

Изложены сведения об особенностях карьерного транспорта, его современном состоянии и тенденциях развития. Дана технологическая характеристика основных видов транспорта и условий их применения. Приведены данные о важнейших технологических параметрах подвижного состава, параметрах, устройстве и схемах развития транспортных коммуникаций в карьерах и на рабочих уступах. Дано описание схем и организации транспортного обслуживания выемочно-погрузочных и отвальных машин. Приведена методика расчета производительности транспортного оборудования и потребности в подвижном составе. Описаны способы отвалообразования, приведены данные о параметрах отвалов и методах их расчета.

Н.Я. Репин — д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология, механизация и организация открытых горных работ» МГГУ; *Л.Н. Репин* — д-р экон. наук, руководитель Департамента топливообеспечения ОАО «Энергетические системы Востока», и.о. проф. кафедры «Технология, механизация и организация открытых горных работ» МГГУ.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Открытые горные работы» направления подготовки «Горное дело».

ISBN 978-5-98672-349-5

УДК 622.221
ББК 33.22

© Н.Я. Репин, Л.Н. Репин, 2013
© Издательство «Горная книга», 2013
© Дизайн книги.
Издательство «Горная книга», 2013

Введение

Процессы перемещения и складирования горных пород являются завершающим этапом их разработки на карьерах. В условиях, когда глубина карьеров неуклонно увеличивается, проблема перемещения горных пород приобретает доминирующее значение среди технологических факторов, определяющих эффективность открытого способа добычи полезных ископаемых. Затраты на транспорт составляют до 45–50% общих затрат на разработку единицы горной массы. В определенных условиях их удельный вес достигает 60–70%, а показатели работы выемочно-погрузочного, отвального и другого оборудования напрямую зависят от организации их транспортного обслуживания.

Для перемещения горных пород на карьерах используются практически все известные виды транспорта — автомобильный, железнодорожный, конвейерный, гидравлический, гравитационный и др. как в самостоятельном применении, так и в комбинированном виде, когда единый грузопоток обслуживается двумя или более видами транспорта. В отличие от транспорта общего пользования карьерный транспорт работает в несоизмеримо более тяжелых условиях. Суть их состоит, во-первых, в том, что грузооборот каждого карьера по горной массе составляет многие десятки и сотни миллионов тонн в год и может быть обеспечен при исключительно высокой интенсивности движения.

Во-вторых, при односторонней направленности грузопотоков (из карьера до места разгрузки на поверхности) перемещение пород происходит при крутых подъемах транспортных коммуникаций. При этом значительная часть коммуникаций имеет временный характер, сооружается по облегченным требованиям, что резко ограничивает скорость движения транспорта. В-третьих, перемещаемые породы, как правило, характеризуются крупной кусковатостью, высокой плотностью и абразивностью, в связи с чем транспортные средства (вагоны, автосамосвалы) в процессе их загрузки подвергаются высоким ударным нагрузкам. Чтобы

выдерживать эти нагрузки, они должны иметь высокую механическую прочность. Наконец, серьезные осложнения в работу карьерного транспорта вносит периодическое переустройство временных транспортных коммуникаций на рабочих уступах и на отвалах, которые необходимо каждый раз переносить на новое место по мере перемещения фронта горных работ.

Каждый вид транспорта должен применяться в определенных, характерных для него условиях. В частности, автомобильный транспорт обеспечивает наиболее высокую эффективность перемещения пород в карьерах с небольшими размерами в плане и при коротком расстоянии перевозки. Этот вид транспорта является практически единственным видом сборочного (забойного) транспорта в его комбинации с железнодорожным, конвейерным и другими видами транспорта при отработке глубоких горизонтов карьеров. Железнодорожный транспорт целесообразно использовать в карьерах большой протяженности и при большом расстоянии транспортирования.

До середины прошлого века на карьерах СССР основной объем перевозок осуществлялся с помощью железнодорожного транспорта, который с годами оснащался все более мощными средствами тяги и думпкарами со все более высокой грузоподъемностью. Однако к настоящему времени стало ясно, что технологические параметры подвижного состава вплотную приблизились к предельным для себя величинам. В связи с этим железнодорожный транспорт возможно теперь эффективно использовать лишь в комплексе с экскаваторами, вместимость ковша которых не превышает 12–15 м^3. А это противоречит мировым тенденциям в экскаваторостроении и переоснащении экскаваторного парка крупных карьеров машинами с вместимостью ковша до 50–60 м^3. Поэтому доля железнодорожного транспорта в общем объеме перевозок будет постепенно снижаться.

Напротив, доля автомобильного транспорта на карьерах России и стран СНГ, которая к настоящему времени уже превысила 70% общего объема перевозок, будет и дальше возрастать, что объясняется его преимуществами — мобильностью, высокой маневренностью, взаимной независимостью работы автосамо-

свалов. Но, пожалуй, более важно, что пока практически не ограничивается возможность дальнейшего увеличения параметров автосамосвалов. К настоящему времени их грузоподъемность достигла 320–360 т, что позволяет использовать такие машины в комплексе с наиболее крупными экскаваторами, как из числа работающих на карьерах, так и находящихся в разработке.

Роль автомобильного транспорта уже в ближайшем будущем будет существенно возрастать в связи со все более широким применением комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта и циклично-поточной технологии горных работ (ЦПТ), которая в мировой практике признана приоритетной при отработке глубоких горизонтов карьеров.

Расширение области применения конвейерного транспорта на крупных карьерах также будет связано с развитием циклично-поточной технологии. В свою очередь, темпы развития ЦПТ и ее эффективность значительно возрастают при переходе на применение крутонаклонных конвейеров (КНК) с прижимной лентой. Полная конвейеризация карьерного транспорта при перемещении скальных пород возможна при условии применения полностью мобильных дробильно-перегрузочных комплексов.

Отвалообразование, несмотря на относительно невысокие затраты (10–15% общих затрат), является важнейшим звеном в технологической цепочке, от надежности которого зависит эффективность работы всего комплекса горно-транспортного оборудования карьеров.

Авторы выражают искреннюю благодарность горным инженерам Т.Г. Гавришевой и В.В. Филатову, а также студентам МГГУ Сергею Звереву и Ваге Чихачеву за неоценимую техническую помощь в подготовке рукописи к изданию.

Глава 1

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА

1.1. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ВИДЫ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Горные породы в карьерах перемещаются, как правило, с помощью *карьерного транспорта*, который представляет собой комплекс средств и устройств, включающий подвижной состав, транспортные коммуникации, средства управления, вспомогательное и иное оборудование.

В отдельных случаях перемещение пород производится в рабочих органах выемочных и выемочно-транспортирующих машин. В частности, при бестранспортной технологии вскрышных работ породы перемещаются в выработанное пространство в ковше экскаваторов (драглайнов или вскрышных механических лопат). Колесные погрузчики и скреперы перемещают породу также в своих ковшах. Перемещение породы для этих машин является важнейшей составляющей их рабочего цикла, включающего выемку породы, ее перемещение и разгрузку ковша.

Карьерный транспорт предназначен для обеспечения грузооборота карьеров. Основную часть *грузооборота* рудных карьеров и угольных разрезов составляют вскрышные породы и полезное ископаемое, объединяемые общим понятием *горная масса*. Весьма незначительная его часть представлена различного рода вспомогательными грузами (взрывчатые вещества, детали и узлы горных машин, материалы для строительства и ремонта транспортных коммуникаций, горюче-смазочные материалы и др.). Для их доставки чаще всего используются средства автомобильного транспорта. Перевозка людей от административно-бытовых

комбинатов до карьера и обратно производится, как правило, также автотранспортом.

Вскрышные породы с помощью карьерного транспорта доставляются от забоев выемочно-погрузочных машин до отвалов, а полезное ископаемое — либо до расположенных на промплощадке карьеров временных складов (например, уголь), либо до дробильных и обогатительных фабрик (руда). Если качество полезного ископаемого соответствует требованиям потребителей, то оно может из забоя отгружаться в автомобильный или железнодорожный транспорт с отправкой непосредственно в адрес потребителя.

В общем технологическом процессе карьерный транспорт является важнейшим связующим звеном между забоями в карьере и пунктами приема горной массы, от которого напрямую зависит эффективность работы выемочно-погрузочного, отвального и иного оборудования. Отказ в работе транспорта приводит к частичной, а иногда и к полной приостановке выемочно-погрузочных, отвальных и других работ в карьере. В общих затратах на разработку горных пород затраты, связанные с транспортированием, составляют до 45–50%, а иногда и до 60–70%.

Горная масса, поступающая от работающих в забоях карьера выемочно-погрузочных машин, по ходу ее перемещения сливается обычно в единый *грузопоток*, под которым понимается поток грузов, характеризуемый определенным направлением перемещения, объемом и качеством груза, а также длительностью функционирования. Вся горная масса может выдаваться из карьера одним грузопотоком по общим транспортным коммуникациям с его разделением на поверхности на грузопотоки вскрыши и полезного ископаемого. Но чаще вскрышные породы и полезное ископаемое объединяются в самостоятельные грузопотоки и выдаются на поверхность раздельно, особенно если они обслуживаются разными видами транспорта.

Основные особенности карьерного транспорта и предъявляемые к нему требования состоят в следующем:

– односторонняя направленность грузопотоков и большие объемы перемещаемой горной массы, достигающие десятки и сотни миллионов тонн в год, высокая интенсив-

ность движения; отсюда — необходимость обеспечения кратчайшего расстояния транспортирования;

- неоднородная, часто крупная кусковатость, абразивность и высокая плотность горных пород и связанные с этим высокие ударные нагрузки на транспортные средства при их загрузке; как следствие, транспортные средства должны обладать высокой механической прочностью, а их вместимость и грузоподъемность должны соответствовать параметрам и мощности выемочно-погрузочных машин;
- нестационарность пунктов погрузки и выгрузки горной массы и систематическое переустройство транспортных коммуникаций; отсюда — необходимость обеспечивать максимально возможную их стационарность, чтобы до минимума сократить объем работ и затраты на переустройство коммуникаций;
- жесткая зависимость технологических процессов от устойчивости работы транспорта; отсюда следует, что карьерный транспорт должен обладать высокой надежностью функционирования при любых внешних условиях.

На современных карьерах используются почти все известные виды транспорта. Наиболее широко применяются автомобильный, железнодорожный и конвейерный транспорт. В некоторых специфических условиях находят применение скиповые подъемники, канатно-подвесные дороги, гравитационный, трубопроводный гидро- и пневмотранспорт.

Автомобильный и железнодорожный транспорт относятся к транспорту *цикличного* действия, а конвейерный и трубопроводный — к транспорту *непрерывного* действия, обеспечивающему возможность реализации поточной технологии горных работ на всех этапах — от погрузки до складирования горных пород.

Каждый грузопоток может обслуживаться каким-либо одним видом транспорта (например, автомобильным или железнодорожным). Но в определенных условиях возникает необходимость на отдельных участках трассы грузопотока использовать различные виды транспорта, наиболее подходящие именно для этих участков. Таким образом, формируется *комбинированный транспорт* (автомобильно-железнодорожный, автомобильно-

конвейерный, автомобильно-гравитационно-железнодорожный и др.). При комбинированном транспорте необходимо сооружать перегрузочные пункты, на которых будет производиться перегрузка породы или полезного ископаемого с одного вида транспорта на другой.

К факторам, определяющим трудность транспортирования полускальных и скальных пород, относятся их кусковатость, плотность и абразивность. Трудность транспортирования мягких пород оценивается содержанием глинистых частиц и влажностью, вызывающих налипание породы к транспортным средствам, а также наружной температурой воздуха и продолжительностью транспортирования, которые в зимний период являются причиной примерзания налипшей породы.

Система транспортных коммуникаций карьеров всегда имеет выход на внешнюю транспортную сеть общего пользования. Через него осуществляется поставка добываемого полезного ископаемого потребителям, а на карьер доставляются оборудование и материалы, необходимые для обеспечения деятельности предприятия.

1.2. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА

В 30-х годах прошлого столетия на карьеры России пришел *железнодорожный транспорт* с паровозной тягой и думпкарами грузоподъемностью 40 т, которые соответствовали параметрам применявшихся в тот период экскаваторов с вместимостью ковша до 3 м^3. В середине столетия на смену паровозной тяге пришли электровозы со сцепной массой до 150–180 т. Грузоподъемность думпкаров увеличилась до 60 т, и железнодорожный транспорт занял на карьерах доминирующее положение. К этому времени вместимость ковша экскаваторов увеличилась до 4–5 м^3 (ЭКГ-4), а затем и до 8 м^3 (ЭКГ-8). Переход на электровозную тягу значительно расширил возможности железнодорожного транспорта: поезда стали способны преодолевать более крутые подъемы, увеличилась полезная масса поезда, возросли провозная спо-

собность транспортных коммуникаций и надежность работы транспорта. Но одновременно с этим появилась необходимость в сооружении тяговых подстанций и контактных сетей. Возросли капитальные затраты и вместе с тем наличие контактной сети существенно осложнило путепереукладочные работы.

С 70-х годов на карьерах внедряются мощные дизель-электрические тяговые агрегаты со сцепной массой 360–370 т, сочетающие в себе преимущества электрической и тепловозной тяги. Их применение позволило значительно улучшить показатели работы транспорта по сравнению с электровозами. Грузоподъемность думпкаров увеличилась до 105–145 т и более, что соответствовало возросшей мощности экскаваторов, вместимость ковша которых достигла 12,5–15 м^3 (ЭКГ-12,5; ЭКГ-15).

К настоящему времени параметры существующих средств железнодорожного транспорта (локомотивы, вагоны) вплотную приблизились к предельно допустимым для них величинам. Вместе с тем современная мировая тенденция развития открытых горных работ состоит в переходе крупных карьеров на применение все более мощных экскаваторов с вместимостью ковша до 50–60 м^3. При этом практически исключается их использование в комплексе с железнодорожным транспортом, поскольку фактически уже исчерпаны возможности дальнейшего увеличения параметров думпкаров и локомотивов. И если в настоящее время железнодорожный транспорт как самостоятельный вид, так и в комбинации с другими видами транспорта еще продолжает сохранять заметное место в общем объеме перевозок горной массы, то уже в ближайшей перспективе его роль значительно снизится, а как самостоятельный вид транспорта он будет применяться лишь в отдельных случаях.

Широкое применение *автомобильного транспорта* на карьерах СССР началось с конца 50-х годов, когда заметно возросла глубина карьеров. К этому времени в Белоруссии было налажено производство отечественных большегрузных автосамосвалов. Первый из их ряда 25-тонный автосамосвал МАЗ-525 работал не только на карьерах СССР, но и поставлялся странам бывшего социалистического лагеря, в том числе на Кубу. С тех пор грузоподъемность автосамосвалов возросла

многократно. Белорусским автозаводом серийно выпускаются автосамосвалы грузоподъемностью до 120–220 т. В 2008 г. на угольные разрезы Кузбасса были поставлены первые образцы наиболее крупных в мире машин грузоподъемностью 320 т (БелАЗ-75600). Такие автосамосвалы позволяют формировать и эффективно использовать экскаваторно-автомобильные комплексы на основе самых мощных карьерных экскаваторов с ковшами вместимостью до 50–60 м^3.

Возрастающая глубина карьеров, которая доходит уже до 400–500 м и более, исключает возможность ввода железнодорожного транспорта на нижние горизонты. Это обстоятельство, наряду с увеличением мощности выемочно-погрузочного оборудования, предопределило возрастающую роль автомобильного транспорта, с помощью которого уже в настоящее время на карьерах России и стран СНГ перемещается свыше 70% объема горной массы. Анализ направлений дальнейшего развития карьерного транспорта показывает, что в перспективе, по крайней мере на 30–50 лет, альтернативы автомобильному транспорту не существует. Он и дальше будет развиваться как самостоятельный вид, так и особенно в комбинации с другими видами транспорта (железнодорожным, конвейерным), выполняя роль внутрикарьерного сборочного звена, обслуживающего забои экскаваторов.

Главным преимуществом *конвейерного транспорта* перед автомобильным и железнодорожным является возможность организации на его основе поточной технологии горных работ, характеризующейся высоким уровнем автоматизации работы оборудования и наиболее высокой производительностью. В СССР конвейерный транспорт впервые стали использовать в 40-х годах прошлого века на угольных разрезах Урала (разрезы им. Вахрушева и Коркинский) для подъема угля от забоев до расположенных на поверхности угольных складов. В 90-х годах его применили в КАТЭК для доставки угля из разреза «Березовский» до электростанции. Особенность этого вида транспорта состоит в том, что его можно использовать для перемещения только мягких и мелко раздробленных полускальных и скальных пород. Исключительно высокую эффективность горных работ

конвейерный транспорт обеспечивает в комплексе с многоковшовыми роторными или цепными экскаваторами с часовой производительностью до 10–15 тыс. $м^3$/ч и выше.

Однако в условиях российских карьеров возможности полной конвейеризации всей транспортной системы от забоев до отвала ограничены главным образом в связи с тем, что основная часть разрабатываемых пород характеризуется высокой прочностью и крупной кусковатостью. Их подготовка к выемке осуществляется с помощью буровзрывных работ, а размеры кусков при этом часто достигают 1,0–1,5 м и более. Конвейеры же позволяют транспортировать породу, если размер кусков не превышает 400–450 мм. Другое дело — это использование конвейеров в глубоких карьерах как подъемного звена при комбинированном автомобильно-конвейерном транспорте. С их включением в транспортную систему формируется так называемая *циклично-поточная технология* горных работ (ЦПТ), которая, как показывает практика, наиболее перспективна при разработке нижних горизонтов глубоких карьеров.

Специальные виды транспорта (скиповые и клетевые подъемники, рудоспуски и рудоскаты, канатные подвесные дороги и др.) применяются на карьерах в единичных случаях обычно как одно из звеньев комбинированного транспорта. Они используются, как правило, для подъема или спуска горной массы из карьеров на господствующий уровень поверхности, при сложном рельефе местности и при небольших по объему грузопотоках. И хотя они позволяют перемещать горную массу по кратчайшему расстоянию с углом подъема (спуска) до 45–90°, как в настоящее время, так и в перспективе эти виды транспорта будут иметь весьма ограниченное применение.

Выбор вида транспорта производится на основе технико-экономических расчетов применительно к условиям конкретного горного предприятия. При этом в первую очередь учитываются производственная мощность предприятия и объем перемещаемой горной массы, свойства пород, глубина и размеры карьера в плане, расстояние транспортирования, условия залегания полезного ископаемого и т.п.

Глава 2

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

2.1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Областью применения автомобильного транспорта, как основного способа перемещения горных пород, являются преимущественно карьеры малой и средней мощности с грузооборотом до 25–30 млн т в год при ограниченных сроках существования и небольших размерах карьеров в плане. Его применяют при небольших расстояниях транспортирования, не превышающих обычно 3–5 км. Как самостоятельный вид автомобильный транспорт целесообразно применять при глубине карьеров не больше 200–250 м. В особых случаях, например при разработке кимберлитовых трубок, автотранспорт используют в карьерах глубиной до 500 м при увеличении расстояния транспортирования до 8–10 км и более (например, трубка «Удачная»).

Возможность успешного использования автотранспорта в карьерах с небольшими размерами в плане и относительно большой глубиной определяется способностью автомобилей преодолевать крутые подъемы при малых радиусах поворотов. За счет этого упрощается ввод автомобильного транспорта на нижние горизонты карьера и сокращается расстояние транспортирования до поверхности. А экономическая эффективность применения автотранспорта в карьерах с ограниченными мощностью и сроками существования определяется небольшими объемами капитальных вложений в их строительство и создание транспортной инфраструктуры. В частности, при небольшом грузообороте карьера и соответствующей ему ограниченной грузоподъемности автосамосвалов возможно ис-

пользовать автомобильные дороги с простейшим и недорогим покрытием.

Увеличение мощности и грузооборота карьеров, как правило, сопровождается увеличением мощности применяемого выемочно-погрузочного и транспортного оборудования в соответствии с рациональным соотношением вместимости ковша экскаватора и кузова автосамосвала. Так, если на карьерах малой мощности с грузооборотом до 5–10 млн т в год целесообразно использовать автосамосвалы небольшой грузоподъемности — до 25–30 т, то при мощности карьеров 15–20 млн т в год необходимо применять автосамосвалы грузоподъемностью уже до 90–120 т. Наиболее крупные из строящихся в настоящее время автосамосвалов грузоподъемностью 220–320 т способны обслуживать самые мощные карьеры с грузооборотом до 100–120 млн т/год и более. На крупных карьерах при большой глубине разработки и комбинированном транспорте автосамосвалы используются обычно для доставки горной массы с нижних горизонтов от забоев экскаваторов к находящимся внутри карьера перегрузочным пунктам.

Автосамосвалы позволяют перевозить любые породы — от мягких и сыпучих до наиболее прочных, тяжелых и крупнокусковатых. Однако их производительность резко снижается с увеличением расстояния транспортирования. Поэтому автотранспорт эффективен при коротком расстоянии перевозки (для большинства автосамосвалов оно не превышает 2–3 км, и только для наиболее крупных машин допустимо расстояние до 4–5 км).

Основные достоинства автомобильного транспорта:

- автономность автосамосвалов, их высокая маневренность и взаимная независимость в работе, за счет чего коэффициент использования экскаваторов на погрузке достигает 0,7–0,8 и более, а их эксплуатационная производительность оказывается на 20–25% выше, чем при железнодорожном транспорте;
- малые радиусы разворота автосамосвалов (от 8,7 до 17,2 м) и преодолеваемые ими крутые подъемы (до 80–100‰

и более) позволяют обслуживать забои экскаваторов, работающих в самых сложных, стесненных условиях (в том числе при раздельной разработке сложноструктурных залежей), и в 2–3 раза сократить расстояние перемещения горных пород по внутренним съездам по сравнению с железнодорожным транспортом;

– более простая организация работы автосамосвалов и более низкие затраты на подготовку транспортных коммуникаций на временных участках трассы внутри карьеров и на отвалах.

К недостаткам автомобильного транспорта относятся: высокая стоимость перевозок (в 1,5–2 и более раз выше, чем при железнодорожном транспорте), связанная с высокими затратами на приобретение машин, на горюче-смазочные материалы, заработную плату водителей, резину и т.п.; зависимость от климатических условий — снижение эффективности и безопасности работы автосамосвалов в условиях интенсивных осадков, при обледенении дорог и плохой видимости; большие объемы загрязняющих атмосферу вредных выбросов, особенно при работе на нижних горизонтах глубоких карьеров при низкой эффективности их естественного проветривания.

Но преимущества автомобильного транспорта оказываются более весомыми, особенно в условиях углубления карьеров и грядущего перехода крупных карьеров на преимущественное применение мощных экскаваторов с большой вместимостью ковшей, которые могут работать только в комплексе с автосамосвалами с соответствующими грузоподъемностью и вместимостью кузова.

На угольных разрезах страны удельный вес автомобильного транспорта в общем объеме перемещаемой горной массы составляет около 55%, а на ряде крупнейших разрезов («Бачатский» в Кузбассе, «Нерюнгринский» в Якутии и др.) он доходит до 85–100%. На крупных рудных карьерах России (проектная глубина некоторых из них составляет до 600–800 м) уже в настоящее время автомобильным транспортом перемещается до 70% горной массы и более. На отдельных карьерах (Ковдорский ГОК, Михайловский ГОК, ОАО «Карельский окатыш» и др.)

годовой объем перевозок достигает 65–75 млн т при среднем расстоянии транспортирования от 1,1 до 3,2 км.

На карьерах по добыче строительных горных пород, большинство которых имеют ограниченный срок эксплуатации, небольшой грузооборот и небольшую глубину, автосамосвалы останутся практически единственным средством транспорта как в настоящее время, так и в перспективе.

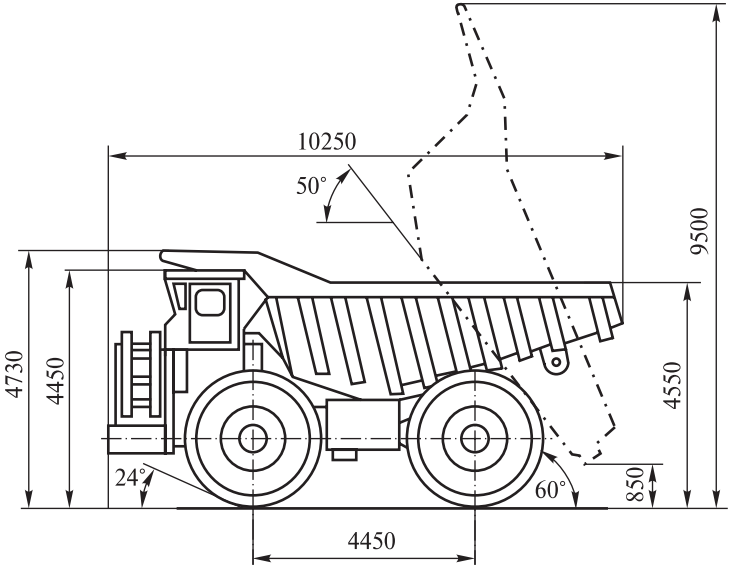
Применение автосамосвалов в качестве основного вида транспорта весьма эффективно в период строительства карьеров любой производственной мощности при выполнении горно-строительных работ, на проходке капитальных и разрезных траншей, особенно при сложной топографии поверхности.

2.2. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

В качестве средств технологического автомобильного транспорта на карьерах в настоящее время используются практически только *автосамосвалы* с задней разгрузкой кузова опрокидыванием и колесной формулой 4×2 (рис. 2.1) Первая цифра здесь обозначает общее количество колес машины, вторая — количество ведущих колес. Сравнительно небольшую часть автосамосвалов составляют машины с шарнирно-сочлененной рамой и колесной формулой 4×2 или 6×4, характеризующиеся небольшой грузоподъемностью, но более высокой маневренностью и способностью преодолевать более крутые подъемы. Эти машины (например, компании VOLVO) созданы для работы в особо сложных условиях погрузки, выгрузки и перевозки породы — при малых размерах площадок, плохом состоянии и сложном профиле дорог и др. (рис. 2.2, *а*). К средствам автомобильного транспорта относятся также *автопоезда*, представляющие собой тягачи с прицепом или полуприцепом (рис. 2.2, *б*).

На всех крупных карьерах России работают преимущественно автосамосвалы типа БелАЗ Белорусского автомобильного завода. Завод выпускает машины с широким диапазоном грузоподъемности — от 30 до 320 т. Первые образцы крупнейших в мире автосамосвалов БелАЗ-7560 грузоподъемностью

а



б

Рис. 2.1. Схема (*а*) и общий вид (*б*) автосамосвала БелАЗ

а

б

Рис. 2.2. Автосамосвал с шарнирно-сочлененной рамой (*а*) и автопоезд с прицепом (*б*)

320 т были поставлены на разрезы Кузбасса в 2008–2009 гг. (рис. 2.3). Техническая характеристика основных моделей машин, выпускаемых Белорусским автомобильным заводом, приведена в табл. 2.1. Машины БелАЗ отличаются достаточно высоким качеством изготовления при гарантийном пробеге до 600 тыс. км. Достоинства этих автосамосвалов — высокая прочность, простота конструктивных решений, сравнительно невысокие стоимость и эксплуатационные затраты.

На небольших карьерах, например на карьерах по добыче строительных горных пород, используются также самосвалы Минского, Могилевского и Кременчугского автозаводов (марки «МАЗ», «МоАЗ» и «КрАЗ») с ограниченной грузоподъемностью, составляющей от 8 до 25 т.

В последние 20–30 лет горными предприятиями России было закуплено значительное количество крупных автоса-

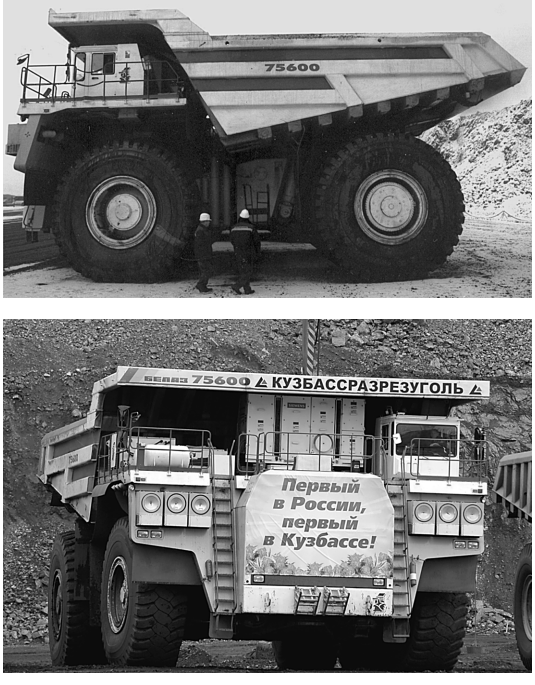


Рис. 2.3. Автосамосвал особо большой грузоподъемности БелАЗ-75600 (грузоподъемность 320 т): общий вид (*а*) и вид спереди (*б*)

Таблица 2.1

Техническая характеристика автосамосвалов БелАЗ

Модель автосамосвала	Грузоподъемность, т	Вместимость кузова (геометр.), $м^3$	Максимальная скорость, км/ч	Радиус поворота, м	Габариты, мм	Масса, т	Мощность двигателя, кВт	Тип трансмиссии
БелАЗ-7540А	30	15	50	8,7	7110×4360×3930	22,6	309	ГМТ
БелАЗ-7540Е	30	23,5	50	8,7	7160×4620×3900	Н/д	265	ГМТ
БелАЗ-7547	45	19,8	60	10,2	8090×4620×4390	33,1	368	ГМТ
БелАЗ-75474	45	22,7	60	10,2	3090×4620×4390	Н/д	448	ГМТ
БелАЗ-7555А	55	22	55	9,0	8890×5240×4610	40,7	537	ГМТ
БелАЗ-7555Е	60–65	28	55	9,0	8890×5240×4610	41,5	559	ГМТ
БелАЗ-75491	80	35	50	11	10300×5420×5350	72,5	750	ГМТ
БелАЗ-7514	120	47	48	13	11380×6150×5580	95	956	ГМТ
БелАЗ-75131	130	51	55	13	11500×6900×5720	107	1194	ЭМТ
БелАЗ-75215	180	92	40	15	13400×7780×6460	163	1691	ЭМТ
БелАЗ-75303	200	80	40	15	13360×7780×6520	152,7	1691	ЭМТ
БелАЗ-75306	220	92	40	15	13360×7780×6520	152,7	1691	ЭМТ
БелАЗ-75600	320	139	61	17,2	14900×9250×7220	240	2610	ЭМТ

Примечание. ГМТ — гидромеханическая трансмиссия; ЭМТ — электромеханическая трансмиссия с мотор-колесами.