

1935
М. В. Васильев

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНОГО
Т Р А Н С П О Р Т А
НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ
РАЗРАБОТКАХ

СВЕРДЛОВСК 1962

17-162/2

УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Вып. 1

ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

1962

М. В. ВАСИЛЬЕВ

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И ЭКСПЛУАТАЦИИ
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
НА ОТКРЫТЫХ
ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ

СВЕРДЛОВСК

ГЛАВА I

ОТКРЫТЫЕ РАЗРАБОТКИ С АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

1. Роль транспорта на открытых горных разработках

В процессе разработок открытыми методами важнейшее значение имеет транспорт. От того, насколько эффективно, бесперебойно и ритмично он работает, зависит успешность эксплуатации месторождения и получение наиболее высоких технико-экономических показателей.

В современных условиях при выемке и перемещении в карьерах огромных объемов горных масс и ведении работ на большой глубине транспорт предопределяет способ вскрытия, систему разработки месторождения, а вместе с этим масштаб работ и экономику всего предприятия.

При все возрастающих масштабах работ производительность карьера по горной массе в 40—50 млн. т стала реальной, а в перспективе она должна достичь 130—150 млн. т в год [36]. Многие отечественные карьеры становятся уникальными по масштабу работ, глубине разработок. Так, Коркинские угольные разрезы достигнут 500 м, асбестовые карьеры Баженово намечается разрабатывать до 600 м, Качарский железорудный карьер — до 720 м от поверхности и т. д.

При названных масштабах производства годовые грузообороты карьеров смогут достигать 1,5—2 млрд. ткм, расстояния откатки в один конец 20—25 км, а общая длина всех видов транспортных коммуникаций в карьере 400—500 км.

При современном техническом оснащении карьеров такие масштабы работ потребуют задалживания на транспорте до 55% списочного состава рабочих карьера. В то же время доля транспортных расходов в общей стоимости горной массы может достичь 70%.

Для снижения трудоемкости и повышения экономичности на крупных карьерах с большой глубиной разработок возникает задача создания принципиально новой технологии, с более прогрессивными видами транспорта и новой производительной техникой.

Решение транспортных задач (обеспечение экскаваторов подвижным составом, строительство обслуживающих сооружений, помещений и т. д.) должно опережать развитие выемочно-погрузочных работ, так как только при этом условии будет реально возможна дальнейшая интенсификация открытых горных работ и улучшение их трудовых и стоимостных показателей.

На современных карьерах наибольшее распространение получили три основных вида транспорта: железнодорожный, автомобильный и конвейерный. Предполагается, что в ближайшие годы эти виды транспорта также сохранят доминирующее положение (табл. 1).

В дальнейшем наиболее перспективными следует считать конвейерный и автомобильный транспорт.

Условия применения и основные показатели современных видов карьерного транспорта

Наименование показателей	Рельсовый транспорт			Безрельсовый транспорт		
	паровозный	электровозный	моторизованными вагонами	конвейерный	автомобильный	тракторный
Годовая производительность карьера (на современном уровне техники) по горной массе, тыс. т	200—30000	500—120000	500—50000 и более	200—100000	100—30000	50—3000 и более
Глубина карьера, м	50—70	100—150	150 и более	250—300	100—150	40—50
Расстояние транспортирования, км	7—8	10—15	10—15	0,5—4	5—7	1—4
Предельные уклоны (подъемы)	0,020—0,025	0,040—0,050	0,070—0,100	0,300—0,350	0,07—0,10	0,150—0,250
Минимальные радиусы закруглений, м	100—150	80—120	100—120	—	15—20	10—15
Удельное сопротивление движению (на площадке на тонну веса), кг	2—2,5	2—2,5	2—2,5	30—40	80—150	70—120
Мощность двигателя на тонну веса, л. с.	1,2—1,4	1,0—1,2	0,8—1,0	—	7—10	3—4
Средняя скорость движения, км/час	10—20	15—25	15—25	1,5—6 м/сек	15—20	5—8 и более
Коэффициент тары транспортных агрегатов (для железнодорожного совместно с локомотивами)	0,9—2,0	0,9—1,8	0,6—0,7	0,2—0,4	0,9—1,5	1,2—1,5
Трудоемкость чел./смен на 1000 т груза (оптимально)	—	5—15	4—12	3—6	5—10	—
Стоимость транспортирования т.км., коп.	2,5	1,5	1,2	5—0,5	5—10	8—12
Удельный вес транспорта в общем объеме добываемой горной массы к началу семилетия (1959—1965 гг.), %	40	25	—	5	12	3
Удельный вес транспорта в общем объеме добываемой горной массы к концу семилетия (1959—1965 гг.), % (предположительно)	5	40	5	15	20	5
Перспективность транспорта	Не перспективен	Перспективен для карьеров с большим масштабом работ	Перспективен для глубоких карьеров	Перспективен для карьеров со средним и большим масштабом работ	Перспективен для карьеров со средним масштабом работ	Перспективен для карьеров с малым масштабом работ

Автомобильный транспорт как самостоятельный вид транспорта, так и в комбинации с другими видами за последние два десятилетия получил широкое распространение на зарубежных карьерах, главным образом в США.

В СССР автомобильный транспорт имеет пока значительно меньшее распространение. Лишь 13% угля, 12% железных руд, добываемых открытым способом, перевозится автомобилями; только при транспортировании руд цветных металлов автотранспорт в последние годы прочно завоевывает ведущее место. В настоящее время на рудниках цветных металлов автомобилями перевозится 30% горной массы, а к концу семилетия это число возрастет до 55%. Несмотря на это, объем перевозок автомобильным транспортом к концу семилетия на открытых работах будет составлять 18—20%, что следует считать явно недостаточным [40].

Применение автомобильного транспорта сдерживается недооценкой важных его преимуществ в сложных, неоднородных и стесненных условиях горных разработок, отсутствием достаточного числа нужных типов и размеров большегрузных автомобильных агрегатов, несоблюдением условий, обеспечивающих их правильную техническую эксплуатацию и позволяющих показать его эффективность и преимущества перед другими видами транспорта.

2. Состояние исследований открытых горных разработок с автомобильным транспортом

Исследования в области открытых горных разработок с автомобильным транспортом в Советском Союзе проводятся около двух десятков лет. Этому вопросу посвящен ряд книг, брошюр и печатных статей в периодической печати. В капитальных работах по открытым горным разработкам автомобильному транспорту отведены специальные разделы или отдельные связанные с ним вопросы рассматриваются в совокупности с другими горными процессами. Это — труды Н. В. Мельникова [78, 82, 80], Е. Ф. Шешко [113, 114, 115], М. Г. Новожилова [87, 86], П. Э. Зуркова [70, 71, 69], А. О. Спиваковского [99], В. В. Ржевского [93]. В них описываются горнотехнические условия применения автомобильного транспорта в карьерах, определяется область рационального его использования, излагаются особенности организации работ и дается краткая характеристика применяемого оборудования. Несмотря на то, что эти работы не являются специальными исследованиями в области автомобильного транспорта, тем не менее в них имеется ряд принципиальных положений, которые послужили основой для более углубленного изучения в дальнейшем.

Одной из первых специальных работ по автомобильному транспорту является книга И. Р. Ворошилина «Безрельсовый транспорт в горном деле», изданная Свердловским отделением Металлургиздата в 1940 г. [60]. В ней обобщается опыт использования автомобильного транспорта на американских карьерах (район Месаби) и подробно описывается применяемый на этих карьерах подвижной состав. Эта книга имела тогда важное значение, так как впервые знакомила горнотехническую общественность со специфическими особенностями горного автомобильного транспорта и основными типами автомобильного оборудования, нашедшего использование на карьерах за рубежом.

Вслед за этим, вопросы, касающиеся автомобильного транспорта, в виде специальных разделов нашли отражение в первых учебниках и учебных пособиях по карьерному транспорту М. В. Васильева [4],

С. В. Гурьева [63], а также в справочниках по открытым горным работам (Н. В. Мельников) [81] и по строительству карьеров (раздел М. В. Васильева) [6]. В этих источниках впервые даются основы тяговых расчетов и определение ряда параметров автомобильного транспорта.

Наиболее крупной работой специального значения является брошюра Л. Г. Тымовского «Автомобильный транспорт на открытых работах», выпущенная Углетехиздатом в 1952 г. [102]. Эта книга впервые в широком аспекте освещает основные вопросы автомобильного транспорта: проектирование, строительство и эксплуатацию дорог, устройство проездов в забоях и на отвалах, параметры съездов и размеры рабочих площадок, дает описание основных видов подвижного состава, применяемого на карьерах СССР и за рубежом. В книге излагаются также тяговые расчеты автомобильного транспорта.

Специальные разделы по автотранспорту имеются также в книге «Карьерный транспорт» Л. Г. Тымовского и И. П. Граве [103], представляющей учебное пособие для вузов, и в учебнике М. Г. Потапова, имеющем то же название [92]. По содержанию изложенного в них материала по автотранспорту они мало отличаются от первой работы Л. Г. Тымовского.

В 1957 г. вышла в издании Металлургиздата монография М. В. Васильева «Автомобильный и тракторный транспорт на карьерах» [12]. В книге обобщен опыт отечественных и зарубежных карьеров, дан анализ условий применения, преимуществ и недостатков карьерного автомобильного транспорта, рассмотрены схемы движения и установки автосамосвалов в забоях. Подробно освещены вопросы строительства, эксплуатации и ремонта автомобильных дорог. Приведены данные о советском и зарубежном подвижном составе. Дан ряд рекомендаций по повышению эффективности работы автотранспорта и т. д. Предложена методика тяговых расчетов и расчетов по организации транспорта в карьерах. Многочисленные примеры, приведенные из практики разработки карьеров, подкреплены цифровыми данными и технико-экономическими показателями. В заключительной части книги изложены соображения о перспективах развития автотранспорта на открытых горных работах. Несмотря на широкий круг освещенных вопросов автомобильного транспорта, в книге, как было указано рецензентами, недостаточно полно изложены некоторые положения тяговых расчетов и мало уделено внимания технике безопасности при работе автомобильного транспорта.

Из диссертационных работ, посвященных автомобильному транспорту на открытых горных разработках, следует остановиться на кандидатских диссертациях В. С. Хохрякова и А. Н. Шилина.

Диссертация В. С. Хохрякова [107] посвящена вопросам эффективного применения автомобильного транспорта на карьерах, в ней подробно разработаны вопросы цикличности при работе большегрузного транспорта в карьерах. Рассмотрены вопросы движения автосамосвалов, элементы карьерных автомобильных дорог, оптимальных и максимальных уклонов, радиусов закруглений и других параметров автомобильного транспорта. В экспериментальной части работы установлены фактические скорости движения. Для определения расчетных скоростей движения автор предлагает пользоваться коэффициентом пропорциональности, величина которого получена в результате проведенных экспериментов. На основании замеров скоростей движения в условиях карьеров установлены рациональные дальности транспортирования и высота подъема груза для большегрузных автосамосвалов и т. д. Несмотря на оригинальность ряда теоретических исследований, некоторые положения

работы, касающиеся параметров движения, обоснованы недостаточно убедительно и подверглись корректировкам в последующих работах самого автора. Кандидатская диссертация А. Н. Шилина [117] посвящена анализу опыта эксплуатации автомобильного транспорта на медно-рудных карьерах Урала.

В работе подробно освещаются горнотехнические условия карьеров, на которых используется автомобильный транспорт и приводятся обоснования, вызвавшие его применение. Большое место уделено вопросам организации работы транспорта, рассмотрены способы проходки траншей, разработка карьеров по очередям, работа автотранспорта в глубоких карьерах и т. д. Установленная автором целесообразная глубина разработок с применением средств автомобильного транспорта для большегрузных автосамосвалов нуждается в поправке в сторону снижения.

А. Н. Шилиным предложен графический метод (номограммы) для определения скорости движения пруженных автосамосвалов и предельного уклона карьерных автомобильных дорог, основанный на расчетных данных по известным в технической литературе формулам.

Из других диссертационных работ, в которых значительное место отведено вопросам исследования автотранспорта, являются докторские диссертации М. Г. Новожилова и П. Э. Зуркова и кандидатская диссертация В. Г. Селянина [94].

М. Г. Новожилов [86] рассматривает вопросы использования автомобилей как промежуточного сборочного звена при комбинированных видах транспорта. Им устанавливаются рациональные границы применения автосамосвалов различной грузоподъемности, даются расчетные формулы для определения производительности автосамосвалов, разработана методика определения строительной и провозной стоимости карьерного автотранспорта, доказывается возможность получения высоких технико-экономических показателей при коротких расстояниях откатки.

В диссертационной работе П. Э. Зуркова [70] рассматриваются вопросы применения автомобильного транспорта при раздельной добыче руд. В результате исследований устанавливается, что автомобильный транспорт наиболее соответствует условиям раздельной добычи сложных скальных пород и руд.

В одной из последних диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата технических наук, рассматривающей вопросы технологии открытой разработки железистых кварцитов Кривбасса, В. Г. Селяниным [94] проведено исследование автомобильного транспорта и его комбинаций с железнодорожным транспортом и скиповыми и конвейерными подъемниками. Анализ сравниваемых видов транспорта приведен для Ингулецкого и Анновского карьеров, причем установлены преимущества комбинированного транспорта с дроблением руды в карьере дробилками полустационарного типа.

Из исследований, опубликованных в периодической печати, в различных технических журналах, сборниках, бюллетенях, следует отметить ряд статей М. В. Васильева, К. Е. Виницкого, М. Д. Гибула, Н. Г. Домбровского, П. Э. Зуркова, М. Г. Новожилова, М. Г. Потапова, В. Г. Селянина, В. С. Хохрякова, А. Н. Шилина и др.

В большинстве статей описывается и обобщается опыт предприятий с открытыми горными работами, применяющих автомобильный транспорт (статьи П. Э. Зуркова, М. В. Васильева, А. Н. Шилина, М. Г. Новожилова, инженерно-технических работников карьеров М. А. Гусятинского, А. М. Гусева, В. Т. Маркелова, Н. С. Наумова, Д. П. Духовлинова, С. Е. Филярчука, Р. Л. Шаганского и др.), сюда же могут быть от-

несены статьи, освещающие опыт использования автосамосвалов на крупных гидротехнических строительствах (статьи Н. Г. Домбровского, М. В. Васильева, А. В. Горькова и др.).

Значительное число работ посвящено также вопросам технико-экономического анализа и исследованиям эффективности применения автосамосвалов на горных предприятиях (М. В. Васильев, А. Н. Шилин, Р. Л. Шаганский и др.). В ряде статей описываются средства автомобильного транспорта, применение их на отечественных карьерах и за рубежом и дается их оценка (Н. Г. Домбровский, М. Г. Потапов, М. В. Васильев и др.). Значительно слабее освещены вопросы теоретических исследований и результаты экспериментальных работ в области карьерного автомобильного транспорта.

По этим вопросам опубликовано лишь несколько статей (Б. А. Симкина, К. Е. Веницкого, В. С. Хохрякова, М. В. Васильева, М. Д. Гилула и А. Н. Субботина).

В зарубежной литературе капитальные работы по открытым горным разработкам с автомобильным транспортом отсутствуют. Имеются лишь статьи в периодических изданиях, которые носят преимущественно информационный и описательный характер, освещаются отдельные горные разработки с автомобильным транспортом, опыт его эксплуатации или описываются вновь выпущенные автомобильные агрегаты.

Из материалов, опубликованных за последние годы в американских и английских журналах, следует отметить статьи, дающие представление о развитии исследований и проектирования автомобильного транспорта в США [119], об оценке работы автотранспорта с экскаваторами при сравнении с другими видами транспорта [125], об особенностях устройства карьерных автомобильных дорог для большегрузных автосамосвалов [121], [128], о путях дальнейшего развития карьерного автомобильного транспорта [133], об экономичности автомобильных перевозок при определенных горных условиях [123], и ряд других статей, на которые нами будут сделаны ссылки при дальнейшем изложении материала.

В результате сделанного краткого обзора нельзя не отметить, что некоторые вопросы карьерного автомобильного транспорта в указанных литературных источниках освещены недостаточно и нуждаются в больших дополнительных исследованиях. К числу таких исследований могут быть отнесены:

1. Установление и научное обоснование наиболее рациональных транспортных коммуникаций, схем заездов в карьеры, подъездов автомобильных агрегатов к экскаваторам, расположения автомобилей для погрузки в боковых, траншейных забоях и на отвалах.

2. Разработка научных методов расчета основных элементов горных разработок при автомобильном транспорте: параметров забоев, транспортных берм, маневровых и приемных площадок.

3. Обоснование основных параметров автомобильных дорог в карьерах для большегрузного и специального карьерного подвижного состава и установление соответствующих им типов дорожных покрытий.

4. Оценка применяемого в СССР и за рубежом автомобильного оборудования, выявление его конструктивных достоинств, недостатков и применительно к условиям открытых работ отработка требований для автомобилей карьерного типа.

5. Выявление взаимосвязи и выведение теоретических взаимосвязей между гранулометрическим составом транспортируемых пород, параметрами выемочно-погрузочного оборудования, параметрами транспортных средств и обогатительного оборудования.

6. Установление наиболее рациональных типоразмеров и параметров автомобильного оборудования для открытых горных работ.

7. Разработка методики эксплуатационных расчетов автомобильного транспорта в карьерах для определения скоростных характеристик автомобилей при различных дорожных карьерных условиях, для установления рациональных продольных уклонов, допустимых кривых, длин тормозных путей и т. д.

8. Исследование вопросов повышения эффективности и снижения стоимости автомобильного транспорта в карьерах, выработка на основе исследований рекомендаций производству.

9. Установление рациональных расстояний транспортирования, предельной глубины карьера при применении автомобильного транспорта, изыскание способов подъема автомобильных агрегатов по кратчайшему направлению из глубоких карьеров, разработка теории и принципов конструкции таких устройств.

10. Исследование перспектив применения автомобильного транспорта на отечественных карьерах и научное обоснование внедрения автомобильного транспорта на действующих и вновь намеченных к строительству предприятиях. Технико-экономическая эффективность при развитии открытых горных разработок с автотранспортом для народного хозяйства страны.

ГЛАВА II

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ

1. Условия применения автомобильного транспорта

Применение автомобильного транспорта возможно в весьма разнообразных условиях:

а) при ограниченных размерах рудного тела по длине и ширине, когда затруднено применение рельсового транспорта с размещением тупиковых и спиральных заездов нормальной колени;

б) при разработке крутопадающих месторождений, представляющих собой линзообразные или штокообразные залежи с значительной глубиной залегания, так как возможность применения рельсового транспорта в этом случае ограничена;

в) при разработке малой и средней мощности месторождений, состоящих из ряда территориально отдаленных друг от друга рудных тел;

г) при разработке месторождений с небольшими запасами, на которых по горнотехническим условиям или конъюнктурным требованиям представляется возможность достичь высокой производительности без строительства подъездных ж.-д. путей, больших горнотехнических сооружений и т. д.;

д) при разработке маломощных горизонтально или полого залегающих месторождений, когда применение рельсового транспорта при небольшой высоте уступов требует частой передвижки рельсовых путей;

е) при разработке месторождений, представленных несколькими сортами полезного ископаемого, когда необходимо производить селективную его выемку;

ж) при разработке месторождений полезных ископаемых, имеющих включения пустых пород в виде горизонтальных пропластков, перемежающихся с полезным ископаемым в пределах одного уступа, если необходимы раздельная их разработка и использование маневренного транспорта;

з) при разработке месторождений сложной и неправильной конфигурации, где невозможно развить ж.-д. пути нормальной колени;

и) при сравнительно небольших расстояниях транспортирования до обогатительной фабрики и для доставки добытого ископаемого от забоя до нижней приемной площадки карьера, где происходит его перегрузка в другой вид транспорта для подъема и выдачи на поверхность;

к) при разработке месторождений, далеко расположенных от магистральной железной дороги и промышленных районов с мощными энер-

гетическими ресурсами, освоение которых в начальный период возможно лишь с применением оборудования, имеющего дизельные силовые установки;

л) при доработке нижних горизонтов месторождений без дополнительного разноса бортов карьера, так как применение в этом случае ж.-д. транспорта вызвало бы неминуемо большой дополнительный объем вскрышных работ;

м) при сложной топографии местности, обусловленной значительной разницей в отметках положения существующей железной дороги нормальной колени и площадки карьера;

н) в различных частных случаях, например, при разработке штучного камня, при проходке траншей экскаваторами, при восстановлении старых карьеров и т. д.

Особенно целесообразно применение автомобильного транспорта в период строительства новых карьеров. При его использовании можно быстро ввести в эксплуатацию, по крайней мере, часть месторождения за счет небольших горных работ временного характера; облегчается и упрощается строительство карьерных путей, они могут быть более короткими.

Благодаря значительному сокращению объемов горных работ в начальный период существования карьера предприятие может в более короткий срок приступить к очистным работам, продолжая в это время подготовительные работы к переходу на основной вид транспорта, например, на электровозную тягу.

С применением автомобильного транспорта на строительстве рудников производится проходка въездных и разрезных траншей, первоначальная вскрыша, а также земляные работы по строительству рудников, обогатительных фабрик и подъездных железнодорожных путей.

Сокращение объема горных работ за счет уменьшения разноса бортов карьера особенно значительно при скальных породах вскрыши.

Насколько важное значение имеет применение автомобильного транспорта для ускорения ввода в эксплуатацию карьеров и освоения добычи, можно судить из следующих примеров. На руднике Стивенс (штат Миннесота, США) производительностью 5 млн. т руды в год вскрышные работы с применением автотранспорта были начаты в июне 1956 г., к разработке руды приступили с 1 июля 1957 г., причем за первые три месяца было добыто уже более 1,5 млн. т руды [129].

При освоении Гайского меднорудного месторождения вскрышные работы с помощью автомобильного транспорта были начаты в июне 1959 г. За первый год, несмотря на применение разнотипного и маломощного выемочно-погрузочного оборудования, было вынуто и транспортировано более 8 млн. м³ вскрышных пород, а на 1 января 1961 г. — 14 млн. м³, что позволило значительно ускорить введение месторождения в эксплуатацию.

На Соколовско-Сарбайском комбинате в 1960 г. с помощью средств автомобильного транспорта было перевезено 23,5 млн. т вскрышных пород, причем большая часть из них была вынута на строительстве Сарбайского рудника, где было достигнуто небывалое в истории открытых работ годовое понижение, составившее более 52 м, чем был открыт фронт работ для введения мощного электрифицированного железнодорожного транспорта.

Благодаря использованию автотранспорта на Лебединском железорудном карьере объем горнокапитальных и вскрышных работ в период 1955—1959 гг. был снижен более чем на 28% по сравнению с электрифицированным железнодорожным транспортом.

д) недостаточной мощностью или отсутствием источников электроэнергии (Учалинский рудник);

е) необходимостью селективной добычи многосортных руд (Сибавский рудник);

ж) ускорением ввода месторождений в эксплуатацию (Южно-Крижовские карьеры, Соколовский и Сарбайский рудники);

з) отсутствием опережения вскрыши при системе разработок с железнодорожным транспортом (Гороблагодатский рудник и др.);

и) пожароопасностью и необходимостью ликвидации подземных пожаров эндогенного происхождения (Блявинский рудник), а также рядом других причин, вызвавших переход с подземных работ на открытые.

Технико-экономические показатели по горным предприятиям при переводе их с подземных работ на открытые с использованием автомобильного транспорта приводятся в табл. 3.

2. Преимущества и недостатки автомобильного транспорта

Преимуществами автомобильного транспорта являются:

а) большая гибкость, подвижность и маневренность в работе, позволяющая наиболее полно извлекать полезное ископаемое, производить разработку залежей неправильного контура, осуществлять селективную выемку полезного ископаемого и удобно дорабатывать экскаваторные заходки. Возможность снижения потерь руд при селективной выемке в 2,5—3 раза;

б) возможность легко и быстро переносить места погрузки в карьере, регулировать потоки различных сортов руд, что особенно важно при добыче многосортных руд с различным содержанием металла, — в этих случаях возможна шихтовка и усреднение руд непосредственно в карьере;

в) целесообразность разработки глубоко залегающих месторождений с высоким коэффициентом вскрыши (до 12—15) при ограниченных размерах в плане, вследствие меньшего разноса бортов карьера и меньшей длины откатки;

г) возможность обеспечить высокую эффективность выемочных работ с годовым понижением глубины выработки карьера до 20—50 м и более;

д) удобство разработки месторождений с неясно выраженными контурами рудных тел, когда границы промышленного оруденения приходится устанавливать путем систематического наблюдения и забойного опробования;

е) ускорение ввода карьера в эксплуатацию (примерно в 2—2,5 раза) за счет проходки временных заездов в начальный период строительства, что облегчает ведение вскрышных работ и позволяет располагать временные заезды со стороны отвалов и вблизи от них;

ж) уменьшение капитальных затрат на строительство карьеров за счет уменьшения объемов горнокапитальной вскрыши, предшествующей добыче, и первоначальных затрат на приобретение оборудования для ее производства; снижение капитальных затрат на строительство карьеров на 20—25% по сравнению с затратами при строительстве карьеров с ж.-д. транспортом [17];

з) допустимость уклонов дорог при выездах из карьеров: в грузовом направлении 7—10% и в порожняковом до 12—15% и, как исключение, до 20%, т. е. в 2,5—3 раза более, чем при ж.-д. транспорте;

и) допустимость радиусов закругления до 15—20 м, а в отдельных

случаях до 10 и даже 6 м (при наличии ограждающих устройств), т. е. в 10—12 раз менее, чем при ж.-д. транспорте;

к) возможность сокращения длины заездов в карьер и общей длины откатки по сравнению с ж.-д. транспортом в 2—2,5 раза ввиду больших уклонов и меньших радиусов закруглений дорожных трасс;

л) меньшая, примерно в 1,5—2 раза, трудоемкость устройства и перемещения дорожных трасс по сравнению с устройством ж.-д. путей; возможность применения автомобилей на дорогах общего пользования при условии их плотного основания;

м) меньшая трудоемкость транспорта, главным образом, за счет сокращения вспомогательного обслуживающего персонала и путевых работ в 1,2—1,5 раза;

н) меньшая, в 4—5 раз, чем при ж.-д. транспорте трудоемкость отвалообразования, облегчение ведения его в зимнее время, возможность отсыпки отвалов произвольной конфигурации на любой свободной территории в непосредственной близости от разработок и, в случае надобности, с быстрым нарастанием высоты, которая при площадном отвалообразовании практически не ограничена;

о) увеличение производительности экскаваторов на 20—25% по сравнению с производительностью при ж.-д. транспорте, благодаря значительному сокращению простоев экскаваторов из-за ожидания подачи транспортных средств и производства маневров;

п) допустимость более короткого (примерно в 2—3 раза) фронта экскаваторной выемки, чем при ж.-д. транспорте;

р) быстрое восстановление подъездов к экскаваторам после производства взрывных работ, что дает возможность начинать экскаваторную погрузку вскоре после взрыва горной массы;

с) меньшая (примерно в 1,2—1,5 раза) стоимость магистральных автомобильных дорог по сравнению со стоимостью железных дорог нормальной колеи в случае устройства их в мягких глинистых и песчаных грунтах и незначительные затраты на дорожное строительство при устройстве дорог на естественном скальном основании;

т) отсутствие зависимости работы всего карьера от аварии с одним из транспортных агрегатов, работающих в карьере или на данном участке работ; меньшая аварийность транспорта на отвалах, чем при ж.-д. транспорте;

у) меньшая (в 2,2—5,7 раза) металлоемкость транспортного оборудования и материалов;

ф) удобство обеспечения рабочих мест инструментом, взрывчатыми веществами и прочими материалами вследствие большей доступности устройства подъездов для автомобильного транспорта;

х) снижение расходов на строительство всей сети транспортных коммуникаций примерно в 1,2—1,3 раза и стоимости укладки пустой породы в отвал до 5—6 раз;

ц) простота устройства для обслуживания и хранения автомобилей, особенно в период строительства карьеров, когда представляется возможность ограничиться открытыми стоянками;

ч) меньшая стоимость затрат на строительство вспомогательных обслуживающих зданий и сооружений, чем при железнодорожном транспорте;

ш) проходка траншей в 2—3 раза быстрее, чем при железнодорожном транспорте;

щ) удобное применение скользящих и временных съездов, благодаря чему становится возможной разработка месторождений от центра к флангам и отработка карьера по очередям.

Стоимость экскавации и укладки пород в отвал, как правило, при автомобильном транспорте ниже, чем при железнодорожном. Стоимость экскавации при погрузке в думпкары в средних условиях составляет 5,5—6,5 коп/т, а в автомобиле — 4,5—5,0 коп/т; укладка в отвал при железнодорожном транспорте 3,0—3,5 коп/т, при автомобильном 0,5—0,6 коп/т.

Паспортную или близкую к ней скорость автомобиля могут развивать при расстояниях значительно более коротких, чем ж.-д. составы, поэтому при коротких расстояниях преимущества автомобильного транспорта перед железнодорожным становятся еще более значительными.

При применении автомобильного транспорта большой грузоподъемности и при правильной организации его работы создаются реальные возможности поточной организации работ в карьере, резко снижается длительность начальных и конечных операций рейса, повышается использование транспортных средств и экскаваторов и наиболее легко разрешается задача комплексной механизации работ.

При автомобильном транспорте легче, чем при железнодорожном, решается проектирование генерального плана предприятий, достигается более удобная компоновка отдельных сооружений и представляется возможным приблизить к карьере отвалы и приемные бункеры обогатительных фабрик.

Недостатками автомобильного транспорта являются:

а) зависимость работы транспорта, а следовательно, и всего карьера, от привозного жидкого топлива и своевременности снабжения им карьера;

б) большой расход авторезины вследствие ее износа, особенно при работе на скальных грунтах: стоимость автошин, особенно при работе на скальном основании, достигает 20—22% от стоимости автоперевозок;

в) большой штат шоферов и необходимость их высокой квалификации;

г) большая стоимость содержания и ремонта автомобилей, достигающая до 33—35% стоимости 1 ткм перевозок по отдельным рудникам;

д) необходимость строительства больших и хорошо оснащенных автогаражей и оборудованных автомеханических мастерских;

е) большая сложность организации топливного и смазочного хозяйства;

ж) быстрый износ двигателей автомобилей при постоянной работе на крутых подъемах;

з) небольшие экономически выгодные расстояния транспортирования — обыкновенно до 3 км и редко до 6,5—7 км;

и) большая сложность эксплуатации в зимнее время автомобилей, особенно имеющих дизельные двигатели;

к) зависимость работы автомобилей от климатических условий, трудность работы при снегопадах, гололедице, дождях. По Уралу и Сибири простои из-за климатических условий составляют до 15—20 дней в году.

Кроме того, автомобильному транспорту в карьерах, по сравнению с железнодорожным, присущи следующие недостатки:

а) как правило, меньшее количество горной массы, которое можно одновременно транспортировать автомобильными агрегатами;

б) более высокая удельная мощность двигателя на 1 т грузоподъемности;

в) высокие амортизационные отчисления на 1 ткм перевезенной горной массы;

г) сравнительно высокая стоимость автомобильных перевозок.

Все эти обстоятельства должны учитываться при решении вопросов о целесообразности применения автомобильного транспорта на открытых разработках.

3. Состояние открытых горных разработок с автомобильным транспортом за рубежом

Наибольшую давность использования автомобильный транспорт имеет в США, где он применяется на открытых горных разработках с 1928 г. За эти годы автомобильный транспорт на карьерах США стал самым распространенным видом транспорта; используется он как самостоятельный, так и в комбинации с другими видами транспорта, особенно часто с конвейерами и скиповыми подъемниками.

В настоящее время в США автомобилями транспортируется около 40% железных руд. Автомобили являются основным видом транспорта на 80% рудных карьеров малой и средней производительности, а за последние 10 лет они стали использоваться и на отдельных весьма крупных карьерах с производительностью до 25—30 млн. т горной массы в год.

В крупнейшем железорудном районе Месаби (штат Миннесота) на рудниках Вест-Хилл, Холл-Раст, Ханнер, Интерпрайс, Стивенс, Эльбарас и многих других автомобильный транспорт вытеснил железнодорожный. В этом районе с помощью средств автомобильного транспорта ежегодно перевозится 120—130 млн. т руды и пустых пород, на чем занято более 1500 большегрузных автомобилей [19].

В меднорудной промышленности США автомобильный транспорт широко применяется на рудниках штата Аризона, Багдат, Инспирейшен, Рей, Бисби, Сильвер-Белл и др., а также на руднике Касл-Доум. С ростом глубины разработок последнее время стало наиболее часто наблюдаться сочетание работы автомобилей с конвейерами, используемыми для выдачи горной массы на поверхность.

Таблица 4

Производительность, размеры в плане и глубина некоторых зарубежных карьеров, применяющих автомобильный транспорт

Карьер	Местонахождение	Добываемое полезное ископаемое	Производительность, тыс. т в год	Размеры в плане, м	Глубина, м
Стивенс	Шт. Миннесота США	Железная руда	3500	1800×1500	80
Лайэл	Тасмания	Медная руда	1500	1200×800	85
Ридди	Шт. Орегон США	Никелевая руда	300	1800×900	100
Седервилль	Шт. Мичиган США	Доломит	3000	500×400	80
Мармора	Канада	Железная руда	—	800×400	160
				(Вводятся скиповые подъемники)	
Холл-Раст	Шт. Миннесота США	Железная руда	1400	4800×1600	150
Эльбарас	Шт. Миннесота США	Железная руда	1200	1500×570	175
Беркли	Шт. Монтана США	Медная руда	16000	850×1600	250

Еще большее развитие автомобильный транспорт получил на американских угольных карьерах, где более 8000 большегрузных автомобилей и прицепов различной грузоподъемности перевозят в настоящее время более 82% угля. Различного рода автомобили и прицепы работают на подавляющем большинстве карьеров штатов Огайо, Иллинойс, Пенсильвания, Индиана и др. и служат, как правило, для транспортирования угля не только внутри карьера, но и за его пределами до углеобогащательных и брикетных фабрик, нередко расположенных на значительных (4—5 км и более) расстояниях от карьеров.

Если открытые разработки угля производятся на сравнительно небольшой глубине, обычно не превышающей 50—60 м, то рудные карье-

Таблица 5

Карьеры США, применяющие автомобильный транспорт, и их оборудование

Карьер	Местонахождение	Добываемое полезное ископаемое	Производительность, тыс. т в год	Применяемое оборудование	Грузоподъемность, т	Количество транспортных средств
Тарамана Коал . . .	Шт. Огайо	Бурый уголь	200	Самосвалы	12	—
Пасифик Коалст Баракс . . .	США	Руда	5000	Самосвалы	22, 36	12, 18 Эвклид
Игл Маунтин	Шт. Калифорния	Железная руда	3000	Самосвалы, полуприцепы с задней разгрузкой	64	5 Кенворт
Стивенс . . .	Шт. Миннесота	Железная руда	3500	Самосвалы	34	—
Ривер-Кинг	Шт. Иллинойс	Уголь	4000	Полуприцепы с донной разгрузкой	55	12 Эвклид
Эрингтон . . .	Шт. Невада	Медная руда	3000	Самосвалы	25	30 Дарт
Ридди . . .	Шт. Орегон	Никелевая руда	300	То же	22	5 Эвклид
Седервилль	Шт. Мичиган	Доломит	3000	»	22	7 Эвклид
Эндерби	США	Гранито-порфиры	300	»	10, 15	6
Уоррен . . .	Шт. Миннесота	Железная руда	1200	»	22	—
Вест-Хилл . . .	Шт. Миннесота	Железная руда	1400	»	22, 35	—
Холл-Раст . . .	Шт. Миннесота	Железная руда	1000	Полуприцепы	45	—
Интерпрайс	Шт. Миннесота	Железная руда	1200	Самосвалы	35	10
Эльбарас . . .	Шт. Миннесота	Железная руда	14000	То же	22	20
Бэббит . . .	Шт. Миннесота	Железная руда	14000	Полуприцепы с боковой разгрузкой	45	17 Эвклид
Чешир	Шт. Огайо	Бурый уголь	4500	Самосвалы	15	15
Огайо . . .	Шт. Огайо	Бурый уголь	4000	То же	15	13
Стальман	Шт. Огайо	Бурый уголь	—	Полуприцепы с донной разгрузкой	50	Эвклид
Коал . . .	Шт. Огайо	Бурый уголь	—	Самосвалы	20	—
Гибралтэр	Шт. Кентукки	Бурый уголь	—	То же	34	—
Тенесси . . .	Шт. Тенесси	Фосфориты	500	То же	22	10 Эвклид
Беркли . . .	Шт. Монтана	Медная руда	16000	»	22	15 Дарт
Микинтайр	США	Железная руда	5200	»	22	—
Касл Доум	»	Медная руда	8200	»	25	—

ры, применяющие автомобильный транспорт, имеют глубину до 250—300 м.

Производительность, размеры карьеров в плане и существующая глубина работ зарубежных карьеров приводятся в табл. 4.

В области нерудной промышленности перевозки вскрышных пород и полезных ископаемых, особенно на карьерах строительных материалов (строительного камня, известняка, гипса и т. д.), осуществляются исключительно автомобильным транспортом.

В последние годы в связи с совершенствованием техники и ростом грузоподъемности средств автомобильного транспорта, использование его на карьерах США продолжает увеличиваться.

Таблица 6

Зарубежные карьеры, применяющие автомобильный транспорт, и их оборудование

Карьер	Местонахождение	Добываемое полезное ископаемое	Производительность, тыс. т в год	Применяемое оборудование	Грузоподъемность, т	Количество транспортных средств
Бовне-Шоу . . .	Англия	Известняк	400	Автоприцепы	12	3
Эйповицкий . . .	Чехословакия	Железная руда	1000	Автосамосвалы	25	25
Айскор	Южная Африка	Доломит	300	То же	15	—
Штрамберг . . .	Чехословакия	Известняк флюсовый	2500	Автосамосвалы и автоприцепы	10, 12, 20	14 Татра
Чертови Сходи	Чехословакия	Известняк флюсовый и строительный	3000	Автосамосвалы	12	20
Тунстед	Англия	Известняк	—	Полуприцепы с боковой разгрузкой	30, 50	16
Токуэпала . . .	Перу	Медная руда	3000	Автосамосвалы	25	122 Макк
Ноб Лейк	Канада	Железная руда	20000 (группа)	То же	34	Дарт, Эвклид
Лайэл	Тасмания	Медная руда	1500	»	20	—
Колид-Басс . . .	Англия	Уголь	150	»	15	20
Экори-Бенк . . .	Англия	Уголь	750	Автосамосвалы, полуприцепы с донной разгрузкой	20	Кэльбе
Родентхайн . . .	Австрия	Магнезит	315	Автосамосвалы	20	—
Квебек-Лабрадор	Канада	Железная руда	20000	То же	34	46 Эвклид
Кошица-Банков	Чехословакия	Магнезит	1100	»	25	30
Сьерра-Болivar	Венесуэла	Железная руда	14000	»	25, 50	42 Макк

Внедрению автомобильного транспорта в горную промышленность способствует:

а) многообразие видов выпускаемого автомобильного оборудования, приспособленного для различных горнотехнических условий и погрузки мощными экскаваторами;

б) сравнительно невысокая стоимость дизельного топлива и авто-резины;

в) хорошее состояние дорог в карьерах;

г) высокий уровень эксплуатации, ремонта и обслуживания автомобилей;

д) экономичность автомобильного транспорта, вызываемая невысокой стоимостью автомобильного оборудования, эксплуатационных материалов и хорошей организацией работ в карьерах.

Автомобильный транспорт применяется также на карьерах Англии и ФРГ. В Англии, например, из 11 млн. т открытой угледобычи 6 млн. т транспортируется автомобильными и тракторными агрегатами [40].

Многие карьеры Канады, Индии, Вьетнама, Австралии, Южной Африки и других стран также успешно используют средства автомобильного транспорта. Большинство этих стран получает автомобили из США.

Из стран народной демократии автомобильный транспорт наибольшее признание нашел в Чехословакии, где создана собственная высоко-развитая автомобильная промышленность, выпускающая также ряд автомобилей для открытых горных и земляных работ. Здесь он применяется на рудных карьерах, а также на открытых разработках известняка, магнезита, огнеупорных глин, где является основным или единственным видом транспорта.

Последние годы автомобильный транспорт успешно внедряется на карьерах КНР, надо полагать, что с организацией в 1960 г. серийного выпуска китайских большегрузных автосамосвалов он прочно завоевывает ведущее место на ряде строящихся и вводимых в эксплуатацию горных предприятий этой страны.

Зарубежные карьеры, применяющие автомобильный транспорт, и их оборудование представлены в табл. 5 и 6.

4. Освоение автомобильного транспорта на открытых горных разработках СССР

В Советском Союзе автомобильный транспорт впервые был применен на земляных работах и при разработке гравийных и песчаных карьеров на строительстве канала Москва — Волга в 1932 г. Вследствие отсутствия большегрузных саморазгружающихся автомобилей для перевозок использовались автосамосвалы малой грузоподъемности (до 3 т), а в ряде случаев бортовые автомобили с ручной разгрузкой.

Только в 1942—1943 гг., с получением импортных автосамосвалов, автомобильный транспорт стал использоваться на Североуральских бокситовых рудниках [4].

В 1945 г. автомобильный транспорт был применен на разработке Шеленского месторождения Уфалейского никелевого комбината. Одновременно он стал применяться при разработке Кимперсайских месторождений никелевых руд. С этого времени следует считать начало быстрого распространения автомобильного транспорта на ряде действующих и вновь открываемых карьеров Урала. Этому в значительной степени способствовало получение в военный период импортных автомобилей, а за-

тем выпуск отечественных самосвалов небольшой грузоподъемности (5 т).

На Сибавском руднике, эксплуатирующем большегрузный автомобильный транспорт, первые автосамосвалы начали работать с 1948 г.

В начальный период использования автотранспорта на Сибавском руднике работали автосамосвалы средней грузоподъемности (10 т), в последующем (с 1956 г.) они были заменены большегрузными машинами (25 т).

Вслед за Сибавым автомобильный транспорт был применен для разработки Бурибаевского медноколчеданного месторождения. В 1950 г. автомобильный транспорт вводится для разработки Чернушинского медноколчеданного месторождения, верхняя часть которого с применением автосамосвалов была уже закончена отработкой в 1954 г. [116].

С 1952 г. начинается освоение автомобильного транспорта на железорудных карьерах Урала, в Северных рудоуправлениях бывш. треста «Уралруда». В Лебяжинском рудоуправлении на Батраковском карьере, в Марсятском рудоуправлении на Самском руднике, в Полуночном рудоуправлении, на 1-м Северном, Богословском, на Северо-Песчаном, Южно-Песчаном, Покровском, Козыревском и других рудниках. Однако объем перевозок, выполняемых автотранспортом, был незначительным, транспорт осуществлялся в автосамосвалах малой и редко средней грузоподъемности, а их использование находилось на крайне низком уровне.

В 1952 г. с помощью автотранспорта был начат перевод разработок Блявинского медноколчеданного месторождения с подземных работ на открытые, который был завершен в 1954 г.

Благодаря успешному применению автосамосвалов, рудник сумел избавиться от пожаров, резко увеличить производительность.

В 1954 г. большегрузные автосамосвалы применяются на подготовительных и горнокапитальных работах Соколовско-Сарбайского горнообогатительного комбината.

За истекшие годы эксплуатации на Соколовском и недавно вошедшем в действие Сарбайском рудниках перевезено автотранспортом более 25,7 млн. м³ горной массы.

В 1955 г. автомобильный транспорт вводится на разработках медно-рудного месторождения на Южном Урале — Учалинском руднике и на разработке месторождения на Среднем Урале — Кабановского.

На Учалинском руднике автомобильный транспорт вначале использовался для вывозки вскрышных пород в отвал, а с 1957 г. автосамосвалами начинают транспортировать и руду. С 1956 г. с применением автомобильного транспорта осваивается расположенный вблизи от Учалов медный рудник имени XIX Партсъезда.

В том же 1956 г. в целях интенсификации отработки Гороблагодатского месторождения железных руд паровозный транспорт на нижних горизонтах заменяют автомобильным, и месторождение начинает разрабатываться с использованием комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта. Несколько ранее автомобильный транспорт вводится на разработке второго железорудного месторождения Кушвинского района — на Валуевском руднике, до этого на протяжении ряда лет находившемся на консервации.

Кроме рудных карьеров автотранспорт используется также на ряде карьеров нерудных ископаемых, на карьерах каменно-строительных материалов (Чусовском, Ново-Пашийском, Всеволодо-Вильвенском известняковых карьерах, Ергачинском — гипсовом, Валегин-бор, Заячья гора — карьерах бутового камня кристаллических пород и т. д.).

В 1959 г. на всех открытых горных разработках Урала автомобильным транспортом было вывезено более 80 млн. т горной массы.

Приведенные нами данные по развитию открытых горных разработок с автомобильным транспортом на Урале имеют целью показать роль и значение Урала в деле внедрения автомобильного транспорта в практику отечественных карьеров.

Автомобильный транспорт на карьерах Урала вполне оправдал поставленные перед ним задачи. С использованием его представилась возможность ввести карьеры в эксплуатацию в течение 1,5—2 лет вместо 3—4 лет, необходимых при ж.-д. транспорте, значительно уменьшить объем капитальных работ по вскрытию месторождения и объем первоначальной вскрыши, необходимой для добычи полезного ископаемого. Кроме этого, автомобильный транспорт позволил предприятиям быстро достичь проектной производительности и развернуть работу с минимальными капиталовложениями, потребными для приобретения и обслуживания транспортных средств.

Успешный опыт применения автомобильного транспорта на карьерах Урала, а также организованный в СССР после 1950 г. выпуск большегрузных автосамосвалов способствовали быстрому распространению его на других горнодобывающих предприятиях страны.

Преимущественное применение автомобильный транспорт, так же как и на Урале, получил на карьерах цветной металлургии, расположенных в других районах страны. Среди рудников цветной металлургии, применяющих автомобильный транспорт, помимо указанных, следует назвать карьеры Сорский молибденовый, Норильские никелевые, карьеры свинцово-цинковой промышленности Кургашиканский, Алтын-Топканский, Боордунский, Каджаранский, Андреевский, Канский, Агаракский и др.

Горнотехнические характеристики карьеров, применяющих автотранспорт, приводятся в табл. 7.

Значительно меньшее распространение автомобильный транспорт имеет на железорудных карьерах. Кроме уральских карьеров, автомобили, как основной вид транспорта, используются на Дашкесанском, Абаканском, Лебединском, Атасуйском, Шерегешском, Ковдорском, ряде карьеров Криворожских ГОКов и на некоторых других железорудных карьерах. Объем автомобильных перевозок на железорудных карьерах, как правило, не превышает 8—10 млн. т горной массы в год.

Небольшой объем перевозок автомобильным транспортом выполняется на угольных карьерах.

Автомобили работают на Кедровском, Киселевском, Краснобродском, Красногорском, Томь-Усинском карьерах комбината Кузбассуголь (в год вывозится около 15 млн. т), на карьерах треста Черемховуголь, на отдельных добычных участках Храмцовского карьера 1—2, а также на Кимовском карьере Подмосковского бассейна и на Веселовском карьере на Северном Урале [80].

Из карьеров нерудных ископаемых автомобильный транспорт получил распространение на многочисленных буто-щебеночных, гравийных, известняковых, гипсовых, глиняных, песчаных и других карьерах. На них в настоящее время около 85% горной массы вывозится автотранспортом. Среди горнохимических предприятий автотранспорт в течение ряда лет применяется на Индерском, Обидимском, Астаховском карьерах, а также на комбинатах Кара-Тау, Апатит и др. [67].

Кроме горной промышленности, автомобильный транспорт широко использовался на гидротехнических стройках, например, на Жирновском, Репнянском и Гульковичском карьерах, обслуживавших строи-

тельство Волго-Донского канала им. В. И. Ленина; к дробильно-сортировочным установкам ежедневно транспортировалось до 8—10 тыс. м³ (или 15—18 тыс. т) камня и гравия, а всего было перевезено автомобильным транспортом около 18 млн. т горной массы.

На известняковых карьерах Куйбышевгидростроя (Сокских, Могутовая гора, Яблонный овраг), поставлявших строительству каменно-строительные материалы, ежегодно перевозилось более 5 млн. м³ камня. На карьерах работало около 250 автосамосвалов [20].

Строительство Волгоградской ГЭС получало камне-строительный материал в основном с тех же карьеров, которые снабжали строительство Волго-Донского канала и Куйбышевгидростроя.

Удачный опыт применения автомобильного транспорта на канале Волго-Дон и на Куйбышевгидрострое в дальнейшем был перенесен на карьеры, обслуживающие строительство Ангарской [9], Горьковской, Камской, Братской и других ГЭС.

Большие объемы выполнены с помощью автотранспорта в период 1945—1953 гг. экскаваторными трестами «Союзэкскавация» и «Уралсибэкскавация», которые производили земляные и горноподготовительные работы на строительстве рудников и металлургических заводов. Только в тресте «Уралсибэкскавация» парк автосамосвалов малой и средней грузоподъемности достигал до 800—900 единиц, а годовой объем автомобильных перевозок превышал 12 млн. м³.

ГЛАВА III

АНАЛИЗ СХЕМ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ПОДЪЕЗДОВ К ЭКСКАВАТОРАМ ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

1. Схемы движения автомобилей

Транспортные коммуникации в карьерах, к которым относятся постоянные и временные дороги, прокладывают по определенным схемам с переменными уклонами и радиусами закруглений в зависимости от: а) рельефа местности; б) формы, мощности, угла падения и физических свойств полезного ископаемого и пустых пород; в) предельной глубины разработки; г) применяемых погрузочных и транспортных средств.

Схемы постоянных и временных автомобильных дорог должны выбираться из соображений преодоления расстояния между начальной и конечной точками пути по кратчайшему направлению с минимальными уклонами (подъемами), особенно в грузовом направлении. Уклоны для грузового направления должны приниматься с учетом тяговых способностей автомобилей. Радиусы закруглений должны быть вполне достаточными для создания нормальных условий движению с установленной скоростью.

Объем земляных работ по устройству трасс и траншей с целью снижения капитальных затрат, а также ускорения сроков строительства, должен быть по возможности минимальным. Трассы и траншеи необходимо располагать с таким расчетом, чтобы была обеспечена их устойчивость на бортах карьера и чтобы они предохранялись от оползней и грунтовых вод.

Принятое расположение дорог должно обеспечивать требуемую производительность автомобильного транспорта и безопасность движения.

При разработке мощных рудных крутопадающих месторождений, а также месторождений, залегающих на склонах гор, постоянные откаточные дороги для преодоления разности высот имеют значительные уклоны. Следует различать прямые, петлевые и спиральные съезды. При разработке горизонтальных или слабо наклонных месторождений с небольшой мощностью постоянные откаточные дороги имеют переменные, как правило, небольшой величины уклоны. В таких случаях могут быть прямые (однофланговые и двухфланговые) и кольцевые заезды. Прямые съезды применяют при разработке вытянутых пластообразных залежей значительной мощности (рис. 1).

Такой способ устройства съездов (или траншей) наиболее прост, его применяют на карьерах нерудных ископаемых, а также на некоторых рудных карьерах.

Наиболее часто он встречается в начальной стадии разработок. При

Горно-технические характеристики рудных карьеров, разрабатываемых с применением автомобильного транспорта

Показатели	Карьеры															Железная руда				
	Руды цветных металлов															Соколов-ский	Сарбай-ский	Лебедин-ский	Михайлов-ский	Криво-рожский (ЦГОК)
	Сибавеский	Кабанов-ский	Учалин-ский	Блявин-ский	Гайский	Бурибаев-ский	Шелеин-ский	Кимпер-сайский	Сорский	Кальма-кирский	Алтын-Топкан-ский	Зырянов-ский	Миргалым-сайский	Кургаши-канский	Каджаран-ский					
Марка автосамосвалов . .	МАЗ-525 МАЗ-530	ЯАЗ-210Е МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е Татра	МАЗ-525 МАЗ-530	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е МАЗ-205	ЯАЗ-210Е МАЗ-205	МАЗ-525	ЯАЗ-210Е и ж.-д. транспорт норм. колей	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е	МАЗ-525	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е и ж.-д. транспорт норм. колей	МАЗ-525 ЯАЗ-222 МАЗ-205	МАЗ-525	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е Татра МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-222 МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-222 МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-222 МАЗ-205
Высота уступов, м	12	10	15	12	—	10	10	—	10	—	15	12	13	—	15	—	—	15	10—15	15
Глубина открытых ра- бот, м по проекту	420	100	255	210	380	100	100	40	240	170	—	210	80	235	270	430	480	110	95	280
Коэффициент вскрыши, м³/м³ предельный	13,0	20	14,0	13,0	15—30	10,0	10	—	12,0	—	—	13,0	10	—	10,0	10,0	8,0	5,8 м³/т	6,8 м³/т	—
Угол погашения бортов карьера, град а) висячий бок . . . б) лежащий бок . . .	41 38	39 41	43 41	44 42	— —	42 38	23—32 13—20	— —	44 40	45 45	— —	— —	50 30	— —	43 48	42—60 22	17—40 17—40	15—17 15—17	26 26	— —

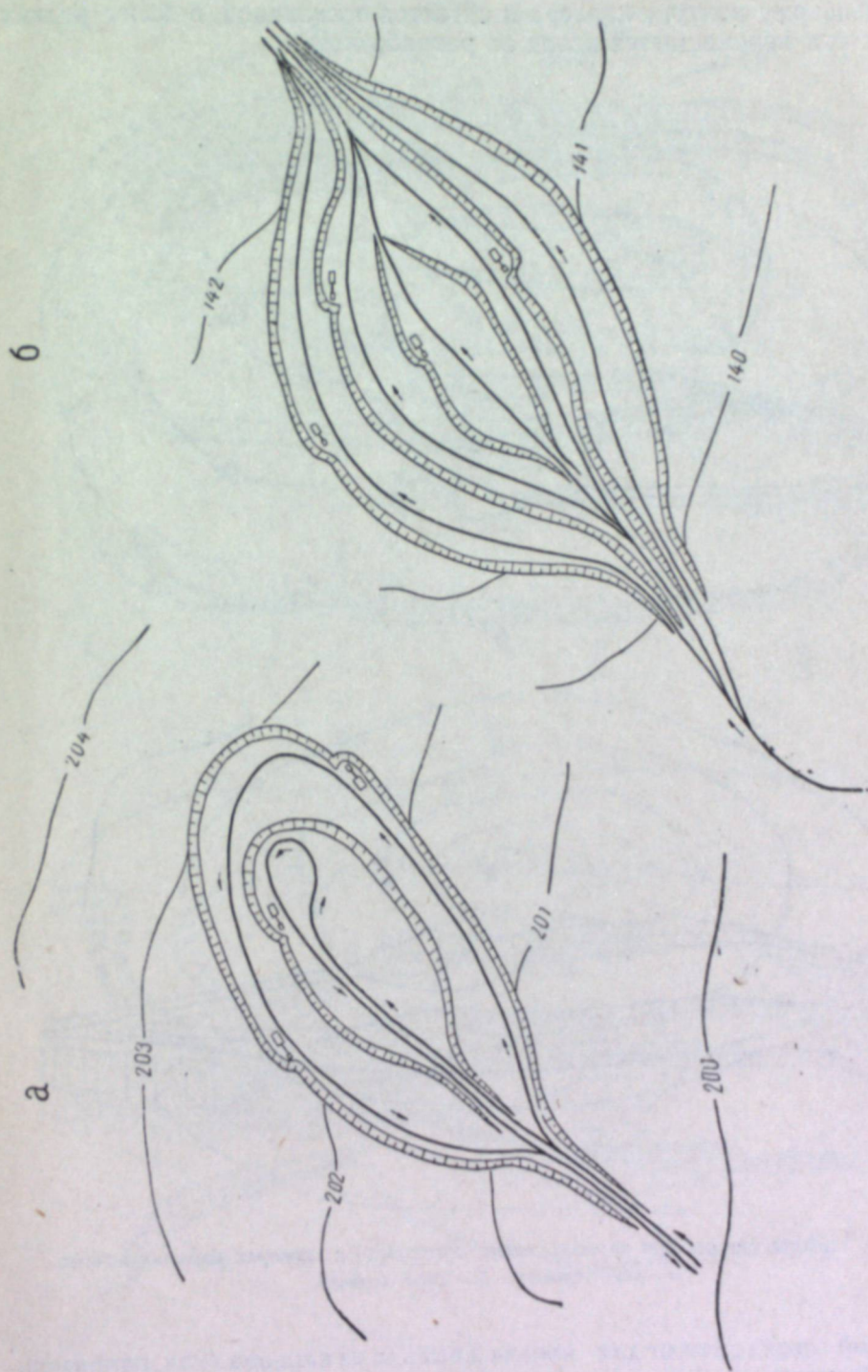


Рис. 1. Прямые съезды при автомобильном транспорте в карьерах глубинного типа:
 а — односторонний; б — двухсторонний.

разработке месторождений, расположенных на возвышенностях, прямые съезды обслуживают один или несколько горизонтов (рис. 2).

При разработке месторождений, расположенных ниже земной поверхности, трасса постоянного откаточного пути обыкновенно проходит по предельному контуру карьера и остается постоянной, в более редких случаях она перемещается вслед за разработкой.

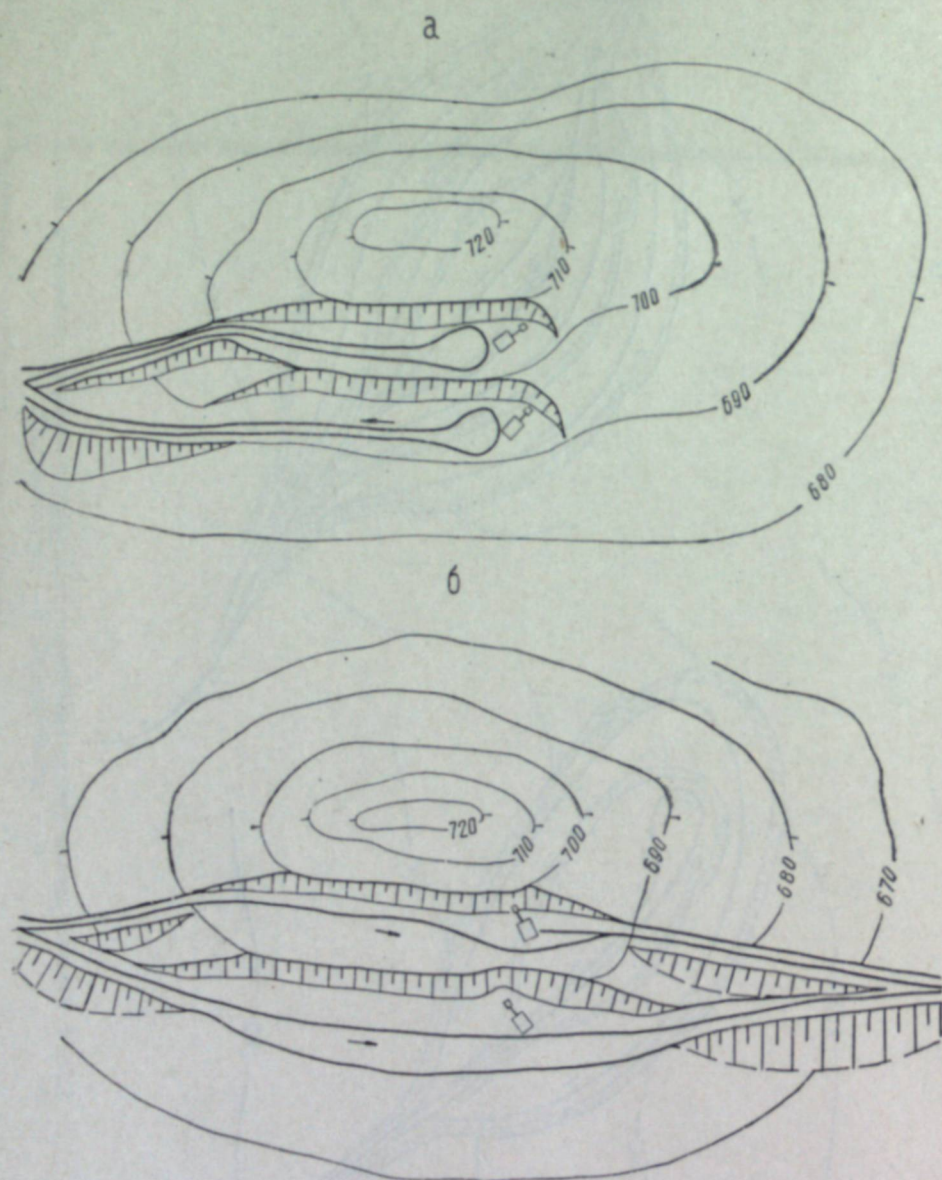


Рис. 2. Прямые съезды при автомобильном транспорте в карьерах нагорного типа:
а — односторонний; б — двухсторонний.

Прямой съезд служит для въезда и выезда из карьера (как, например, это имеет место на Уфалейском никелевом руднике). Иногда вместо одного прямого съезда устраивают второй съезд с другого фланга карьера — один съезд служит для въезда, а другой (более пологий) для выезда из карьера.

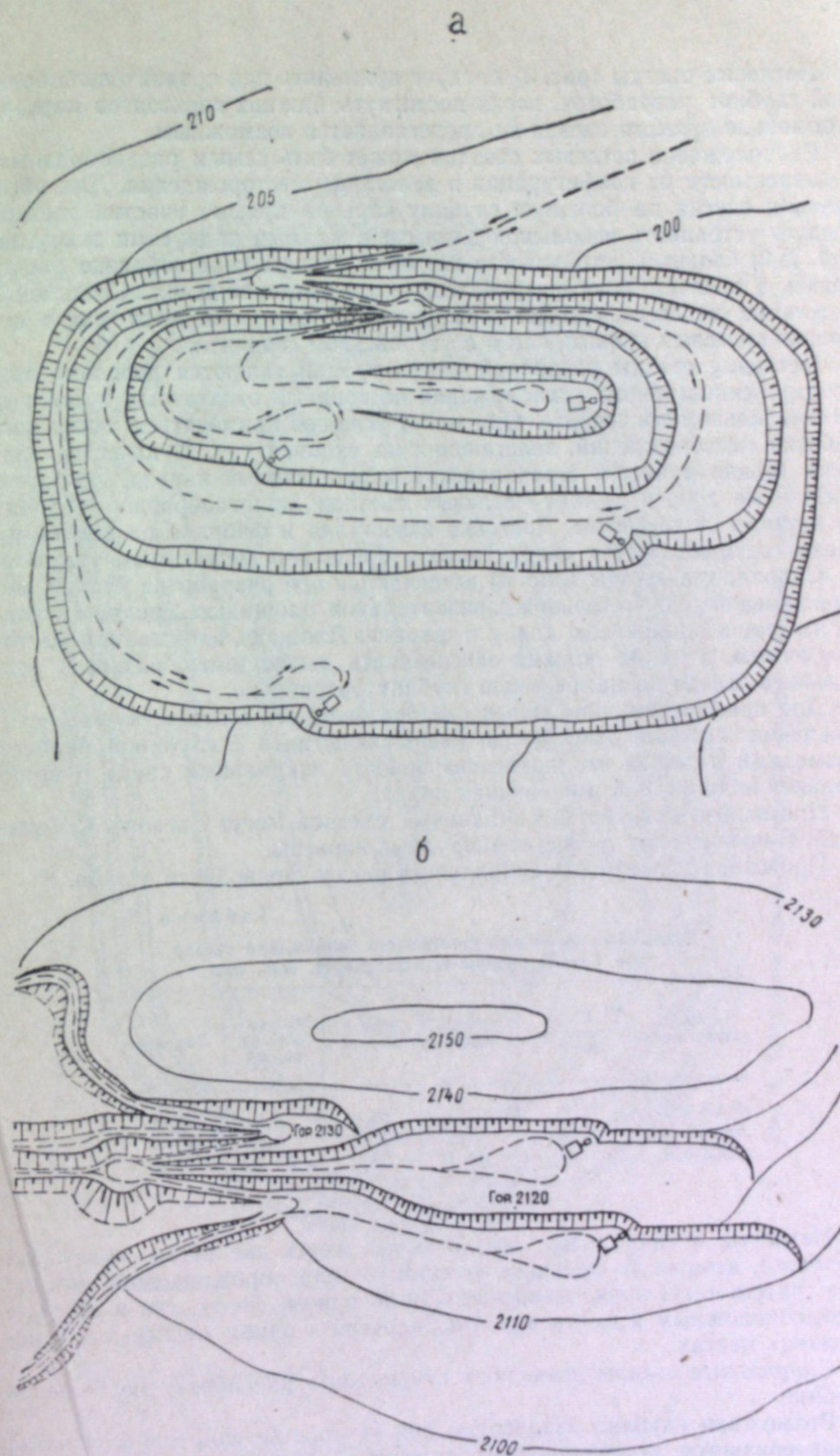


Рис. 3. Петлевые съезды при автомобильном транспорте в карьерах:
а — глубинного типа; б — нагорного типа.

Петлевые съезды (рис. 3) следует применять при сравнительно большой глубине разработок, когда достигнуть нижних горизонтов карьера с помощью прямого съезда не представляется возможным.

Расположение петлевых съездов может быть самым разнообразным, в зависимости от конфигурации и залегания месторождения. Для обеспечения спуска на большую глубину карьера прямые участки съездов следует устраивать небольшой длины и с малыми радиусами закруглений. Для большей устойчивости петлевые съезды целесообразно располагать висячем боку разрабатываемого месторождения. Соединение отдельных петлевых съездов между собой осуществляется как с помощью круговых кривых, так и с устройством серпантин.

Петлевые съезды различной конфигурации являются довольно распространенным видом расположения постоянных откаточных путей при автомобильном транспорте. Они могут успешно применяться и для разработки месторождений, залегающих на склонах гор. В качестве примера можно привести Балаклавский известняковый карьер, где автомобильные дороги в виде петлевых съездов зигзагообразно проходят по крутому склону горы. Доставка известняка к фабрике по петлевому съезду осуществляется сверху вниз с предельно допустимым уклоном.

Спиральные съезды (рис. 4) встречаются при разработке рудных месторождений с значительной горизонтальной площадью, предпочтительно имеющих одинаковые длину и ширину. Площадь, занимаемая месторождением, в плане должна обеспечивать необходимый разворот спирального съезда на намечаемую глубину разработки.

Для применения спиральных съездов наиболее соответствуют месторождения, которые отличаются уменьшающимися с глубиной карьера размерами в плане, что позволяет вписать спиральный съезд с минимальной подработкой вмещающих пород.

Примерами устройства спиральных съездов могут служить Сибавский, Блявинский и другие меднорудные карьеры.

Провозная способность спирального съезда приводится в табл. 8.

Таблица 8

Предельная провозная способность спирального съезда при большегрузном автотранспорте, млн. т

Марка автосамосвала	Грузоподъемность, т	Летний период	Зимний период	Весенне-осенний период	Годовая
МАЗ-525	25	12,0	15,0	6,0	37,0
БелАЗ-540	27	17,5	21,0	6,5	45,0
МАЗ-530	40	30,0	36,0	11,0	77,0

Петлевые и спиральные съезды могут иметь две ветви — одну для грузового, вторую (с большим уклоном) — для порожнякового потока. Обе трассы могут прокладываться как по одному борту, так и по двум противоположным и иметь выезд из карьера в одном пункте или в нескольких местах.

Спиральные съезды позволяют осуществить разработку на большей глубине.

Возможная глубина разработки при устройстве спирального съезда характеризуется коэффициентом развития наклонной части трассы съезда. Коэффициент развития трассы для прямого и спирального съезда будет

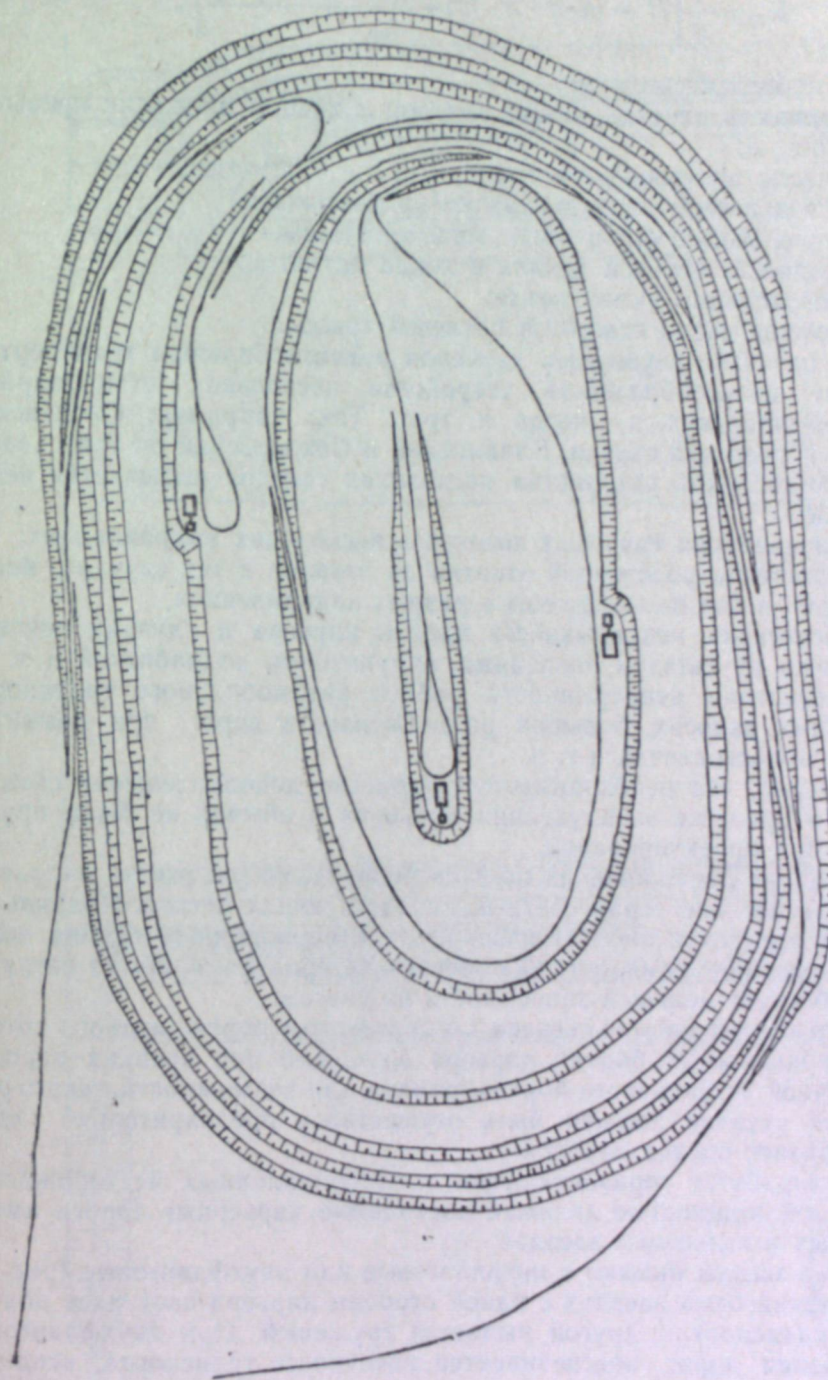


Рис. 4. Спиральные съезды в карьерах при автомобильном транспорте.

$$K_{\text{тр}} = \frac{1}{H} \left(H - h \cdot n + \frac{h \cdot n \cdot i}{i_{\text{пр}}} \right), \quad (1)$$

для петлевого съезда

$$K'_{\text{тр}} = \frac{1}{H} \left[H - (h \cdot n + h' \cdot n') + \frac{h \cdot n \cdot i}{i_{\text{пр}}} + \frac{h' \cdot n' \cdot i_{\text{пр}}}{i'} \right], \quad (2)$$

где H — глубина карьера, м;
 h — разность отметок между началом и концом площадки примыкания, м;
 n — число примыкающих трасс;
 $i_{\text{пр}}$ — продольный уклон площадки примыкания;
 i — продольный уклон магистральной трассы;
 h' — разность отметок начала и конца петли, м;
 i' — продольный уклон петли;
 n' — общее число поворотов петлевой трассы.

Практика развития глубинных карьеров с автомобильным транспортом показывает целесообразность устройства нескольких стационарных съездов, обычно двух, а иногда и трех. Так, например, Сибавевский карьер № 1 имел два съезда, Блявинский и Соколовский по три съезда.

Целесообразность устройства нескольких съездов вызывается необходимостью:

- распределения грузовых потоков в нескольких направлениях;
- сокращения расстояний откатки до отвалов в тех случаях, когда их несколько и они расположены в разных направлениях;
- обеспечения непрерывности работы карьера в случаях повреждения одного из съездов оползнями, обрушением, подработкой и т. д.;
- обеспечения непрерывности работы автомобильного транспорта при снежных заносах, большой разъезженности дорог, при ремонтах дорожной полосы съезда и т. д.

Характерно, что необходимость устройства дополнительных съездов возникла в процессе эксплуатации карьеров и обычно не была предусмотрена при проектировании.

При выборе расположения съездов необходимо учитывать направление их относительно стран света и господствующих ветров. Правильное заложение съездов позволяет избежать чрезмерного обледенения дорог в весенне-осеннее время, а также обеспечить продуваемость их ветрами, что способствует меньшей заносимости их снегом.

Раздельное устройство съездов для грузового и порожнякового потока на противоположных бортах карьера возможно при крепких породах и достаточной устойчивости бортов, однако для возможности такого расположения съездов должен быть осуществлен предварительно значительный разнос бортов карьера.

При разработке горизонтальных и слабонаклонных месторождений с небольшой мощностью залежей постоянные карьерные дороги имеют вид прямых и кольцевых заездов.

Прямые заезды бывают однофланговые или двухфланговые (рис. 5). При двухфланговых заездах с одной стороны карьера поступает порожняковый транспорт, с другой выдается груженный. При двухфланговом расположении дорог обеспечивается поточность транспорта, исключаются маневры, встречность движения и нет необходимости оставлять широкие откаточные бермы. Поэтому, несмотря на некоторую сложность осуществления, предпочтение следует отдавать двухфланговым дорогам.

Прямые однофланговые и двухфланговые заезды применяют при открытых разработках строительных материалов (песка, гравия), на не-

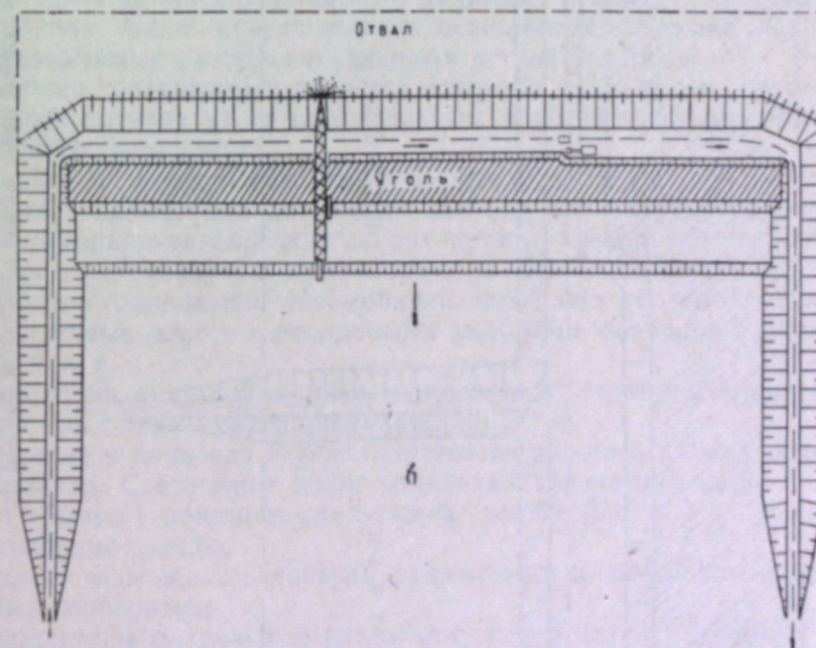
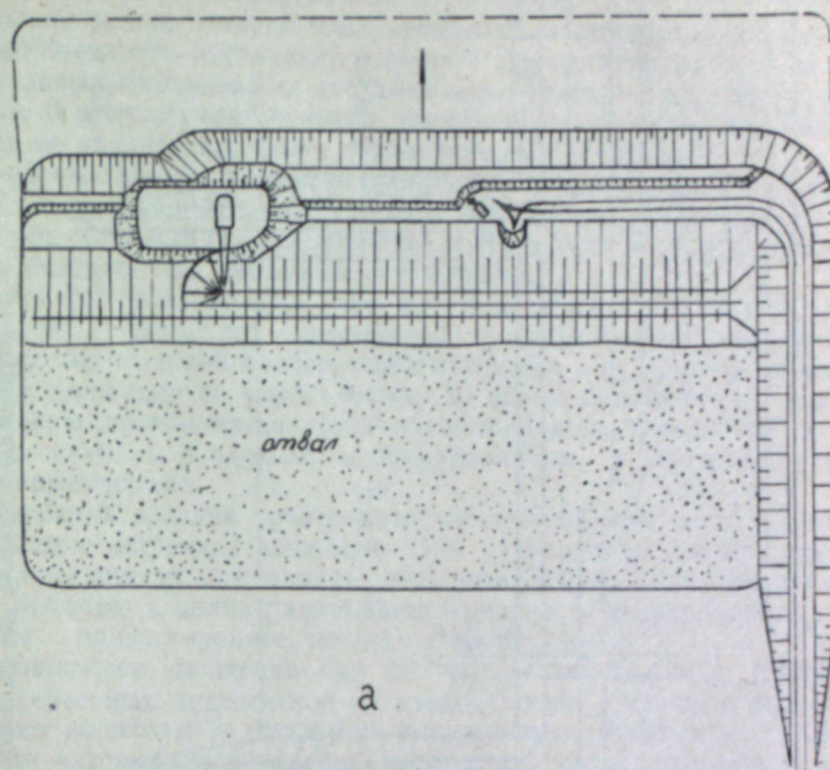


Рис. 5. Прямые однофланговые (а) и двухфланговые (б) заезды при автомобильном транспорте.

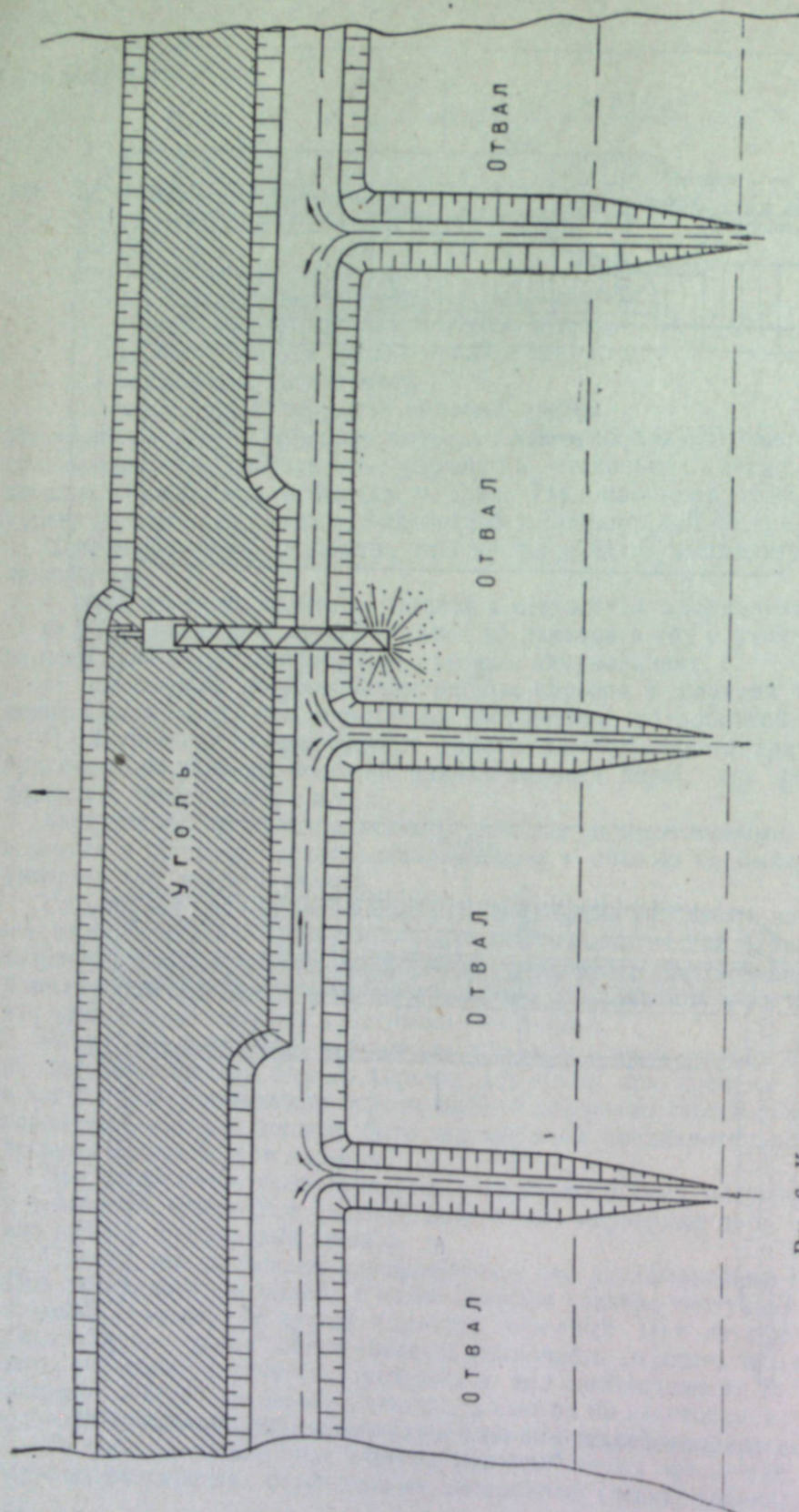


Рис. 6. Кольцевые заезды через выработанное пространство при автомобильном транспорте.

которых угольных разработках, при выемке котлованов, при производстве земляных работ на строительстве рудников.

Большая длина откатки при разработке месторождений значительной протяженности заставляет заменять двухфланговые заезды более рациональными кольцевыми заездами через выработанное пространство (рис. 6). В этих случаях откатка производится на более короткие расстояния, по значительно более ограниченному контурам.

Кольцевые заезды получили преимущественное распространение при разработках горизонтальных и полого залегающих угольных месторождений, при них, помимо поточности, обеспечивается наибольшая скорость и безопасность движения автомобилей.

В карьерах применяются две системы движения автомобильного транспорта: а) встречное однополосное и двухполосное и б) поточное.

Движение по одной полосе, применяющееся в отдельных редких случаях при движении по дороге менее 20 автомобилей в час, приводит к снижению производительности автомобильного транспорта и к несчастным случаям с людьми и оборудованием, а поэтому не может быть рекомендовано.

В карьерах средней производительности наиболее часто применяют двухполосное встречное движение. При двухполосных дорогах обыкновенно применяют правостороннее движение, однако на некоторых карьерах за рубежом в целях равномерного износа покрытия дороги движение днем — правостороннее, ночью — левостороннее.

Двухполосное движение при его интенсивности имеет также ряд весьма серьезных недостатков. В ночное время встречные автомобили ослепляют водителей и последние вынуждены во избежание столкновений вести автомобиль с меньшей скоростью. Обгон автомобилей становится опасным и недопустимым. Особенно усложняются условия движения в зимний период во время снегопадов и гололедицы. Поэтому в случае применения двухполосного движения возникает необходимость оборудования дорог искусственным освещением, а также разделение полос различными разграничивающими устройствами.

Наиболее совершенным является поточное движение с организацией раздельных потоков по самостоятельным дорогам для грузового и порожнякового транспорта.

Устройство раздельных съездов при разработке крутопадающих и мощных залежей, или кольцевых заездов при разработке пологопадающих и горизонтально залегающих месторождений обеспечивает высокую производительность транспорта, безопасность движения, исключает случаи столкновения автомобилей, позволяет устраивать грузовые и порожняковые дороги с различными уклонами, сокращает расстояние откатки и т. д.

Применение поточной системы движения с устройством раздельных дорог экономически вполне оправдано [107].

Движение в карьерах осуществляется по дорогам, имеющим временный характер. Соединение дорог отдельных горизонтов карьера производится обычно с помощью скользящих съездов [93].

Скользящие съезды:

- а) дают возможность доступа практически к любой точке разрабатываемых горизонтов;
- б) облегчают раздельную разработку и селективную выемку;
- в) позволяют сократить расстояния откатки;
- г) обеспечить быстрое соединение одного горизонта с другим.

При применении скользящих съездов отсутствуют соединительные дороги между забоями и стационарными (капитальными) съездами,

длина самих съездов незначительна. Это способствует сокращению длины откатки (по нашим расчетам) минимум на 12—15%. Применение скользящих съездов позволяет существенно сократить продолжительность рейса автомобилей и повысить производительность транспорта.

Размер возможной выгоды зависит от длины соединительных путей, необходимых при стационарном положении дорожных трасс в карьере. Выгодность скользящих съездов по транспортным расходам растет с увеличением размеров карьерного поля и с применением более крутых уклонов.

2. Схемы подъездов автомобилей к экскаваторам

Эффективность работы экскаваторов и средств автомобильного транспорта в большой степени зависит от правильного выбора для данных условий схем подъездов автомобилей и установки их по отношению к экскаваторам.

Основные условия для выбора схем подъездов должны быть следующие:

а) возможность непрерывной подачи автомобилей к экскаватору, сокращение до минимума длины подъезда автомобилей от места их ожидания до экскаватора и снижение потерь времени на смену груженых автомобилей порожними у экскаватора;

б) сокращение маневров и затрат времени на подачу автомобилей под погрузку без изменения основного направления движения;

в) обеспечение подъездов автомобилей под погрузку в направлении, противоположном направлению движения экскаватора в процессе его работы, с целью создания большей точности остановки автомобилей под экскаватором и большей безопасности для водителей.

Выбор схем заездов зависит от принятого типа экскаватора и его расположения по отношению к забою, характера забоя и его размеров, размера площади разрабатываемого горизонта, маневровых площадок и т. д.

Следует различать следующие виды подъездов автомобилей к экскаваторам: а) тупиковые, б) петлевые, в) сквозные, г) кольцевые.

Тупиковые подъезды применяют при весьма ограниченных площадях разрабатываемого пространства, при недостатке места для разворота автомобилей (проходка траншей). Основным недостатком тупиковых подъездов является необходимость маневрирования с переменной направленности движения автомобиля. Производительность транспортных средств при таких подъездах, как показывают исследования, снижается минимум на 33—38%, это отражается соответственно и на производительности экскаваторов [30].

Основным преимуществом тупикового подъезда является небольшая площадка, необходимая для осуществления маневров. Минимальная длина площадки для такого подъезда равна:

$$L_1 = 2r + l + l_1, \quad (3)$$

где L_1 — минимальная длина площадки для тупикового подъезда, м;

r — минимальный радиус разворота автомобиля, м;

l — полная длина автомобиля (например, МАЗ-525—8,3 м), м;

l_1 — расстояние до следующего подъезжающего под погрузку автомобиля, м.

Расстояние между автомобилями, ожидающими погрузки и находящимися под погрузкой, должно определяться:

а) безопасным путем торможения, необходимым для остановки автомобиля;

б) расположением ожидающего погрузки автомобиля за пределами минимального вылета стрелы экскаватора.

Исходя из указанных соображений это расстояние для экскаваторов типа ЭКГ-4 определяется равным 12—15 м.

Так как тормозной путь на дорогах с мокрым и скользким покрытием колеблется для скоростей 10—16 км/час (скорость подъезда автосамосвала МАЗ-525 к экскаватору) в пределах 5,5—16,6 м [56], максимальный радиус разгрузки экскаватора ЭКГ-4 равен 12,5 м и ЭКГ-8—15,5 м, минимально необходимая ширина площадки для такого подъезда будет

$$B_1 = r + l + 2b. \quad (4)$$

где B_1 — минимально необходимая ширина площадки для тупикового подъезда, м;

b — минимальное расстояние от нижней бровки уступа до выступающих частей автомобиля, м (обычно не менее 1—1,5 м).

Практически минимальная длина площадки для расположения тупикового подъезда (для МАЗ-525) на Сибавском руднике составляла 35—40 м, а ширина 30 м.

Полная длина маневрового пути, проходимого автомобилем при тупиковом подъезде, будет.

$$L' = \frac{2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot r}{4} + 2l + l_1 = \pi r + 2l + l_1 \quad (5)$$

Более совершенными по сравнению с тупиковыми являются петлевые подъезды, получившие широкое применение на уральских рудных карьерах.

При петлевых подъездах подача автомобилей к экскаватору осуществляется прямым ходом. Автомобили проезжают лишь петлю, располагаясь обычно по ходу движения.

Длина площадки для расположения петлевого подъезда может быть определена из выражения:

$$L_2 = r + \frac{r}{\operatorname{tg} \alpha} + l = \frac{r(\operatorname{tg} \alpha + 1)}{\operatorname{tg} \alpha} + l, \quad (6)$$

где угол α — равен половине центрального угла петли (около 30—35°)

Ширина площадки для расположения петлевого подъезда

$$B_2 = 2r + 2b. \quad (7)$$

Обыкновенно ширина площадок для петлевых подъездов автосамосвалов ЯАЗ-210Е и МАЗ-525 на Учалинском, Сибавском, Блявинском карьерах составляет 35—40 м.

Полная длина маневрового пути, проходимого автомобилем при петлевом подъезде, будет

$$L'_2 = \frac{2\pi \cdot r}{2} + \frac{2r}{\sin \alpha} = \pi r + \frac{2r}{\sin \alpha}. \quad (8)$$

Подставив в эти формулы для тупикового и петлевого подъезда приведенные выше значения, получим для МАЗ-525 минимальную длину тупикового подъезда 55—60 м и петлевого — 65—70 м. Автосамосвал при тупиковом подъезде движется на второй передаче, и 50—60% пути задним ходом. При петлевом подъезде используется 3—4-я передача.

Таблица 9

Продолжительность погрузки и маневров автомобилей при тупиковом и петлевом подъездах к экскаваторам, сек.

	Тупиковый подъезд	Петлевой подъезд
Продолжительность цикла:		
а) черпание	8—9*	6—7**
а) поворот	18	10
в) разгрузка ковша	7—16	8
Полное время погрузки автомобиля	45	25
Продолжительность маневров на участках (по рис. 7)	90—120	50
а—б	—	15—20
б—г	8	—
г—д	30—60	—
д—в	8—10	—
Полное время маневров	50—60	15—20

* Угол поворота экскаватора 150°.

** Угол поворота экскаватора 90°.

В качестве примера приведем результаты произведенных нами в 1958 г. исследований тупикового и петлевого подъездов на Блявинском карьере (рис. 7) у двух смежно работавших экскаваторов СЭ-3 при погрузке ими руды в автомобили ЯАЗ-210Е (табл. 9).

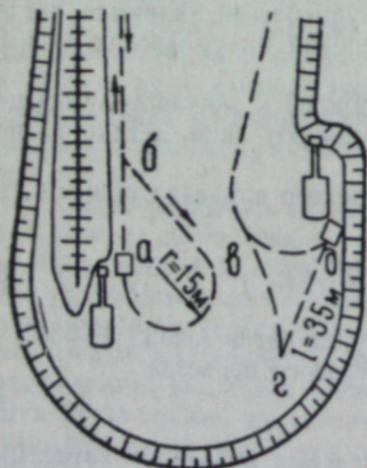


Рис. 7. Тупиковый и петлевой подъезды к экскаваторам (Блявинский карьер):

а, б, в, г, д — пункты трассы.

Из табл. 9 видно, что продолжительность погрузки и маневрирования при петлевом подъезде в 1,5—2 раза меньше, чем при тупиковом.

По многочисленным наблюдениям на Сибавском руднике полное время маневров при тупиковых подъездах автосамосвалов МАЗ-525 занимает 55—60 сек, а при петлевом подъезде тех же машин 20—25 сек.

Подъезд должен быть устроен так, чтобы разворот на петле автомобиль мог делать в порожнем состоянии, а после погрузки двигаться лишь в прямолинейном направлении без поворотов. Это позволяет иметь большие маневровые скорости и уменьшает износ ходовых частей автомобиля.

Когда при разработках с применением автомобильного транспорта из выработки или с горизонта имеются два выезда или, точнее, съезд и выезд, при последовательном расположении ряда экскаваторов и при большой протяженности прямолинейного фронта работ целесообразно использовать сквозные подъезды (заезды).

В этом случае автомобили движутся поточно, не изменяя направления движения и, только подъезжая к экскаватору осуществляют съезд с основной магистрали. Поэтому при таких подъездах нет маневровых

и холостых пробегов, однако это требует более частого переноса магистральной дороги, чем, например, при петлевых подъездах, где по существу может изменяться лишь размер петли, образующей подъезд.

При значительных размерах выработанного пространства или разрабатываемого горизонта следует отдать предпочтение кольцевым подъездам (заездам). Движение по кольцевой дороге происходит поточно, строго в одном направлении, для сокращения расстояния откатки предусматриваются промежуточные замыкающие съезды. Устройство съездов во избежание излишнего пробега автомобилей следует делать не реже, чем через 80—100 м.

В тех случаях, когда обе автомобильные дороги, образующие кольцо, располагаются близко одна к другой, грузовую ветвь следует располагать от порожняковой на расстоянии не ближе трех с половиной минимальных радиусов поворота автомобилей, обращающихся на этой дороге, во избежание снижения скоростей движения автомобилей на повороте при замыкании дорог на кольцо.

Для подъезда к каждому из экскаваторов от основного кольца устраиваются так же, как и при сквозных подъездах, съезды с примыканием к кольцу в их начальной и конечной точках.

При сквозных и кольцевых подъездах (заездах) на горизонтах представляется возможность:

- обеспечить поточность движения автомобилей;
- осуществлять движение на повышенных скоростях;
- избегать излишних маневров и занижения скоростей при съездах и заездах на основную магистраль;
- обеспечить большую безопасность движения, чем при других схемах;
- иметь более крутые порожняковые ветви дорог, сокращающие пробег порожняка по сравнению с грузовым ходом (на 20—30%).

Таблица 10

Условия применения различных схем подъездов (заездов) автомобилей к экскаваторам и время, затрачиваемое на маневры

Схема подъездов (заездов)	Минимальная ширина площадки для подъезда, м			Количество выездов с горизонта	Минимальное время на маневры, сек
	МАЗ-205	ЯАЗ-222	МАЗ-525		
Тупиковая	12	15	17	Один	50—60
Петлевая	20	30	30	Один	20—25
Сквозная	11	12	15	Два	0—10
Кольцевая	30	40	40	Один-два	0—10

В сравнении со сквозным подъездом (заездом), кольцевой подъезд (заезд) позволяет с любого участка карьера или горизонта в случае необходимости вывозить горную массу при наличии одного выезда, по которому осуществляется двухполосное движение грузовых и порожних автомобилей.

В заключение следует отметить, что тупиковая схема подъездов может применяться только при крайней стесненности забоев, малой ширине рабочих площадок и лишь временно.

Необходимо стремиться к расширению рабочей площадки для размещения на ней петлевого подъезда (в том случае, если не может быть устроен сквозной проезд, обеспечивающий поточность движения). Там же, где позволяет выработанное пространство и площадь разрабатываемого горизонта, должна применяться кольцевая схема подъездов (заездов) как наиболее простая, производительная и безопасная (табл. 10).

3. Установка автомобилей при погрузке их механическими лопатами и возможности поточной погрузки

Производительность экскаватора и автомобильного транспорта зависит от правильной установки автомобиля в забое. При неправильной установке возможно снижение производительности комплекса на 20—30% и более.

При выборе схемы установки необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

1. Погрузка должна производиться при небольшом угле поворота стрелы экскаватора и обеспечении оптимального радиуса его работы ($0,75—0,8 R_{max}$).

2. Ковш экскаватора при погрузке должен проходить наибольшее расстояние вдоль длинной стороны автосамосвала с целью обеспечения полноты загрузки кузова и уменьшения просыпания породы.

3. Площадь забоя должна обеспечивать свободный обмен автомобилей под экскаватором с минимальной затратой времени.

4. Желательна установка автомобиля с правой стороны от экскаватора (со стороны пульта машиниста), что сокращает продолжительность цикла погрузки и обеспечивает безопасность работы.

5. Установка автосамосвала должна осуществляться с минимальными изменениями направления движения и без применения больших разворотов автомобилей.

Установка автосамосвалов в боковых забоях может быть следующей (рис. 8):

- а) односторонняя одинарная, параллельно оси забоя;
- б) односторонняя одинарная, с разворотом;
- в) односторонняя групповая (парная, тройная), с разворотом;
- г) двухсторонняя двойная, с разворотом.

Односторонняя одинарная установка автомобилей параллельно оси забоя (рис. 8, а) наиболее целесообразна в узких заходках небольшой ширины. Под узкими заходками будем понимать забой шириной, равной $0,5—0,8$ радиуса черпания экскаватора.

Узкие заходки наиболее типичны при разработке мягких пород, не требующих производства взрывных работ. Автосамосвалы в этих случаях следуют по дороге, расположенной параллельно линии забоя, и останавливаются в точке, обеспечивающей возможность прохождения траектории ковша при повороте вдоль всего кузова. Это обеспечивает наиболее быструю погрузку с минимальными потерями грунта.

Угол поворота экскаватора на погрузку при односторонней установке параллельно оси забоя колеблется от 75 до 135° , обычно $90—100^\circ$. Схема эта проста, однако она не вполне безопасна для экскаватора, особенно при слабой устойчивости пород и значительной высоте уступа.

Одним из недостатков схемы являются также потери времени на обмен автосамосвалов под экскаватором.

Как правило, подъезжающий на погрузку автомобиль останавливается на расстоянии $12—15$ м от находящегося под погрузкой и трогается не ранее, как последний будет погружен.

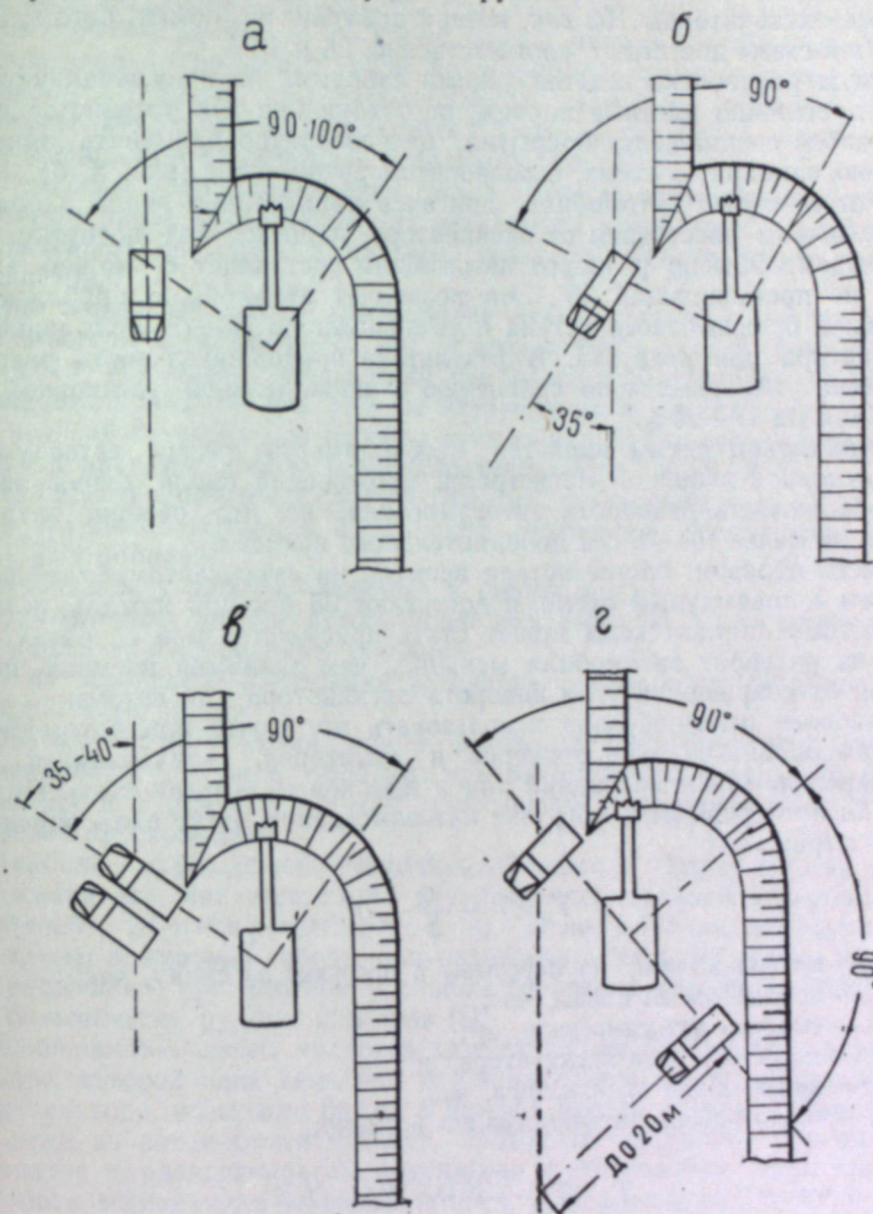


Рис. 8. Установка автосамосвалов в боковых забоях:
а — односторонняя одинарная параллельно оси забоя; б — односторонняя одинарная с разворотом; в — односторонняя групповая; г — двухсторонняя двойная.

В этом случае потери времени на обмен автомобилей составят:

$$t_0 = \frac{l_0}{v_0} + t_n, \quad (9)$$

где t_0 — потери времени на обмен автомобилей под экскаватором, сек;
 l_0 — расстояние подъезда автомобиля для погрузки;
 t_n — интервал времени после подъезда погруженного автомобиля, 2—3 сек;
 v_0 — скорость подъезда и отъезда автомобиля, м/сек.

Время, затрачиваемое на подъезд автомобиля, составляет 18—20 сек. Учитывая, что в среднем погрузка автосамосвала ЯАЗ-222 экскаватором ЭКГ-4 составляет 70 сек и автосамосвала МАЗ-525 тем же экскаватором 150 сек, потери времени на обмен автомобилей при этой схеме достигают, соответственно, 28 и 13%.

Когда разработка ведется узкими забоями, но в основании залегают достаточно плотные породы, не требующие при устройстве дороги в забое специальных покрытий, целесообразно применять одностороннюю одинарную схему, с разворотом автомобиля (рис. 8, б).

В этом случае автомобиль, двигаясь параллельно линии забоя на определенном расстоянии от экскаватора, подается под погрузку задним ходом. Обычно разворот автомобиля составляет с линией забоя угол, не превышающий 35°. Это позволяет автомобилю приблизиться к нижней бровке откоса уступа и уменьшить до 70—75° угол поворота экскаватора для погрузки. В результате продолжительность разгрузки ковша уменьшается по сравнению с параллельной установкой автомобиля на 15—20%.

Недостатком схемы является необходимость съезда автосамосвала с основной забойной магистрали, проходящей вдоль линии забоя, и необходимость разворота автосамосвала, на что обычно затрачивается не менее 10—15 сек дополнительного времени.

Таким образом, общие потери времени на смену автомобилей больше, чем в предыдущей схеме, и достигают 35 сек при каждом обмене.

Поэтому данная схема может стать приемлемой при затратах времени на разворот автомобиля меньших, чем экономия времени, получаемая от сокращения угла поворота экскаватора для погрузки.

Наиболее целесообразно использовать эту схему при автомобилях типа американских турнорокеров и думпторов, отличающихся легким переключением на задний ход и высокой маневренностью. Потери времени на перерывы в погрузке автосамосвалов могут быть определены из выражения

$$T_0 = T - \frac{Q}{q} \cdot t_0 \cdot n, \quad (10)$$

где T_0 — потери времени на перерывы в погрузке за смену, час;
 T — полное время смены, час;
 Q — емкость автосамосвала, м³;
 q — емкость ковша экскаватора, м³;
 t_0 — время цикла экскаватора, час;
 n — число рейсов автосамосвалов в смену;

или

$$T_0 = T - \frac{T \cdot Q \cdot t_0}{t \cdot q} = T \left(1 - \frac{Q \cdot t_0}{q \cdot t} \right), \quad (11)$$

где t — время рейса, час.

Расчетные потери времени в смену при обеих рассмотренных схемах односторонней и одинарной установки автомобилей, определенные по приведенным формулам при условии, что на уральских карьерах автосамосвалы делают от 20 до 40 рейсов за смену, составляют при первой схеме от 7 до 13 мин, а при второй от 12 до 22 мин.

Фактически эти потери бывают еще более значительными и достигают 30—40 мин в смену.

К числу схем, обеспечивающих уменьшение прерывности в работе, относится односторонняя групповая (парная или тройная), с разворотом установка автомобилей (рис. 8, в).

Схема предусматривает движение автомобилей в направлении движения экскаватора, при этом идущий под погрузку автомобиль, подходя к экскаватору, разворачивается под углом 35—40° и подается задним ходом к бровке уступа. В то время, когда первый автомобиль загружается, второй производит такой же разворот и становится под погрузку рядом с первым; при необходимости таким же образом можно устанавливать и третий автомобиль. Тройная установка применяется обычно лишь при автомобилях небольших габаритов.

Основным достоинством этой схемы является возможность, при достаточном числе обслуживающих экскаватор автомобилей и четко организованном движении в карьере, создавать непрерывность работы экскаватора.

При первой установке автомобилей первая машина грузится при угле поворота экскаватора 75—80°, а вторая как в первой схеме с односторонней установкой автомобиля без разворота. Поэтому благодаря возможности непрерывной работы экскаватора и некоторому улучшению условий погрузки для первого автомобиля, эта схема по сравнению с первой дает увеличение в производительности на 15—20%.

Из недостатков схемы следует отметить следующие:

- а) трудность подъезда и смежной установки нескольких (двух, трех) автомобилей;
- б) опасность работы, особенно в ночное время;
- в) медленная подача автомобилей под погрузку из-за осуществления маневров в стесненных условиях;
- г) непостоянство расстояния установки автомобилей от забоя, что затрудняет погрузку.

Поэтому данная схема может иметь сравнительно ограниченное применение и главным образом при автомобилях небольшой грузоподъемности и плотных грунтах, облегчающих маневрирование в призабойном пространстве.

Наиболее эффективной, позволяющей создать непрерывность работы экскаватора, является схема двухсторонней двойной установки автомобилей с их разворотом (рис. 8, г). Целесообразно использование этой схемы в широких забоях, при разработке скальных пород, требующих взрывания, при плотном и ровном состоянии подошвы забоя, т. е. для большинства рудных карьеров [8].

Особенностью схемы является двухсторонняя установка автомобилей, при которой один самосвал устанавливается сбоку, а второй сзади экскаватора, возможно ближе к нижней бровке откоса. Таким образом, один из автомобилей должен проходить несколько дальше, за экскаватор и, разворачиваясь, подаваться к экскаватору сзади его.

Работа экскаватора осуществляется с углом поворота в 90° в каждую сторону при поочередной погрузке каждого из автомобилей.

Условия обеспечения поточной (непрерывной) погрузки следующие:

$$N_{\text{фак}} > (1,05 \div 1,15) N_{\text{расч}} \quad (12)$$

$$t_{\text{погр}} > t_{\text{ман}} + t_{\text{ожид}} \quad (13)$$

где $N_{\text{фак}}$ — фактическое количество автомобилей, обслуживающих экскаватор;

$N_{\text{расч}}$ — расчетное число автомобилей для экскаватора;

$t_{\text{погр}}$ — время погрузки автомобиля, мин;

$t_{\text{ман}}$ — время маневров автомобиля для постановки его сзади экскаватора, мин;

$t_{\text{ожид}}$ — время ожидания подъезда следующего автомобиля, мин.

Непрерывность погрузки при двухсторонней установке автомобилей достигается, когда время подачи последующей машины меньше времени погрузки предыдущей. Легко доказать, что это условие вполне выполнимо, так как время подъезда автосамосвала задним ходом на расстояние до 20 м при скорости 1,4 м/сек занимает не более 30 сек, в то время как для погрузки в автомобиль четырех ковшей необходимо не менее 90—100 сек. Следовательно, подача автомобиля под погрузку допустима с интервалом до 1 мин.

Условия двухсторонней погрузки улучшаются при увеличении соотношения между емкостью кузова автомобиля и ковша экскаватора.

Недостатками двухсторонней установки автомобилей являются:

а) недостаточная безопасность при погрузке автомобиля, подаваемого сзади экскаватора;

б) необходимость поддержания подошвы пройденной заходки в хорошем состоянии (она должна быть ровной для беспрепятственного выполнения маневров автомобилями).

Однако эти недостатки не являются существенными. Данная схема создает условия поточной погрузки, что обеспечивает наибольшую производительность экскаваторов и, кроме этого, является наиболее универсальной, так как наряду с широкими забоями в скальных породах она может с успехом использоваться при мягких породах и некрепкой подошве, особенно если последняя регулярно планируется бульдозером, закрепленным за экскаватором.

Обобщая изложенное, можно рекомендовать следующие условия применения описанных схем установки автомобилей в забоях при погрузке их механическими прямыми лопатами (табл. 11).

Таблица 11

Условия применения различных схем установки автомобилей при погрузке их механическими лопатами

Показатели	Схемы установки автомобилей			
	односторонняя одинарная, парал- лельно оси забоя	односторонняя одинарная, с разворотом	односторонняя групповая, с разворотом	двухсторонняя двойная, с разво- ротом
Характер погружаемых пород	Мягкие	Мягкие и полу- скальные	Мягкие и полу- скальные	Преимуществен- но скальные
Ширина забоя	Узкий	Узкий	Нормальный	Преимуществен- но широкий
Основание подошвы разработки	Неплотное	Плотное	Плотное	Прочное
Безопасность работ	Наибольшая	Недостаточная	Недостаточная	Недостаточная
Установка автомобиля	Простая	Усложненная	Сложная	Усложненная
Удобство погрузки автомобиля	Удовлетвори- тельное	Хорошее	Неудовлетвори- тельное	Удовлетвори- тельное
Непрерывность работы экскаватора	Отсутствует	Отсутствует	Обеспечивается	Обеспечивается
Угол поворота экскаватора для погрузки, град	75—135	70—75	90—100	80—90
Время погрузки, %	100	80	105	100
Время маневров, %	100	170	200 *	200 *
Производительность экскаватора, %	100	90	115	120

* Маневры выполняются во время погрузки предыдущего автомобиля.

4. Установка автомобилей при погрузке их драглайнами и возможности поточной погрузки

В последние годы драглайны, наряду с применением их для работы на вымет, начинают широко использовать для погрузки в транспортные средства, главным образом в автосамосвалы. В США драглайны получают все большее применение на угольных карьерах, так, например, в штате Кентукки количество драглайнов за последние пять лет значительно возросло, используются они как на зачистке кровли угольного пласта, так и на выемке и погрузке угля в автомобили. Известны также случаи применения драглайнов для этих же целей на меднорудных и урановорудных карьерах США (например, на месторождении Джеффри-Сити и др.).

В Советском Союзе драглайны с погрузкой в автотранспорт используются при разработке несогласно залегающих пород вскрыши и карманообразно залегающих руд. В таких условиях драглайны работают на Кимперсайских никелевых рудниках, на Ново-Киевском и Аккермановском железных рудниках и др.

Расширение области применения драглайнов при погрузке в автомобильный транспорт объясняется способностью их производить выемку горной массы как ниже, так и выше своего стояния, вынимать породу или полезное ископаемое из неровностей и углублений, иметь большую ширину хода, чем при механических лопатах. С другой стороны, использованию драглайнов с погрузкой в автотранспорт способствует также применение рациональных способов погрузки, рост квалификации и мастерства машинистов экскаваторов и конструктивные усовершенствования самих драглайнов. Все это позволило в последнее время опровергнуть существовавшее долгие годы представление о трудности и нецелесообразности погрузки автосамосвалов драглайнами вследствие ограниченности размеров их кузова, что, якобы, неминуемо влечет увеличение продолжительности цикла, а следовательно, и снижение производительности экскаватора и автомобилей.

Можно считать установленным, что использование драглайнов совместно с автосамосвалами наиболее рационально:

а) при необходимости разработки пород или полезных ископаемых, залегающих ниже уровня стояния экскаватора;

б) при разработке пород или полезных ископаемых, имеющих неудобную для работы и перемещения экскаватора подошву (неровности, обводненность и т. д.);

в) при подготовке нового горизонта к эксплуатации, при доработке последнего нижнего горизонта, при проходке траншей;

г) при разработке залежей, имеющих несогласное залегание, неровность подошвы, сложную конфигурацию, наличие карманов, включений и т. д.;

д) при зачистке пласта полезного ископаемого от пустых пород или при выемке полезного ископаемого из углублений, оставленных невынутыми механическими лопатами.

При погрузке автосамосвалов драглайнами возможна установка автосамосвалов (рис. 9):

а) на одном уровне с работающим драглайном;

б) ниже уровня работающего драглайна, на подошве отработываемого слоя.

Наиболее распространена схема с установкой автомобилей на одном уровне с экскаватором (рис. 9, а). При поперечной (боковой) разработке забоя условия для установки автомобиля и погрузки его экскавато-

ром более благоприятны, чем при продольной (торцовой). Автомобильная дорога в этом случае прокладывается вдоль обнаженной бровки уступа, автомобиль устанавливается впереди экскаватора, проезжая несколько дальше его с таким расчетом, чтобы кузов приходился против верхнего головного ролика при повернутом на разгрузку положении стрелы. В этом случае удастся значительно уменьшить угол поворота экскаватора и он обычно не превышает 60—70°. Следует заметить, что уменьшение ширины заходки при поперечной отработке дает возможность уменьшить угол поворота экскаватора на разгрузку, что способствует росту производительности.

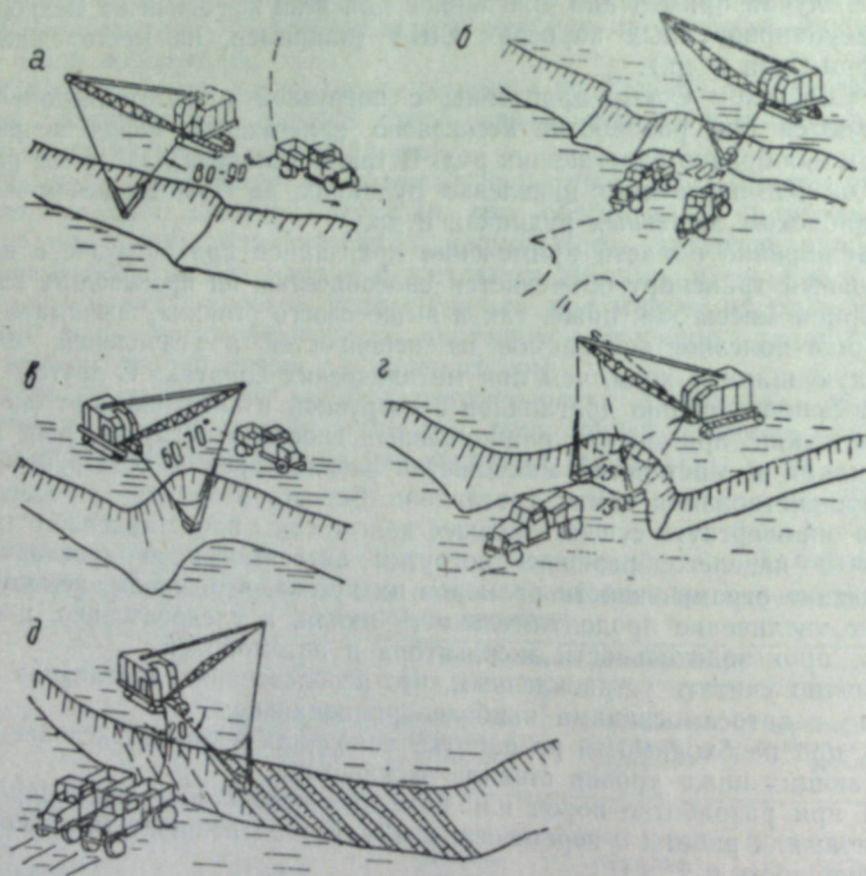


Рис. 9. Установка автосамосвалов при погрузке их драглайнами: а — на одном уровне с экскаватором при продольной (торцовой) разработке забоя; б — на разных уровнях при продольной (торцовой) разработке забоя; в — на одном уровне с экскаватором при поперечной (боковой) разработке; г — на разных уровнях с экскаваторами при поперечной боковой разработке забоя (челночная погрузка); д — на разных уровнях с экскаваторами при разработке косыми слоями.

Как показывает практика и проведенные нами эксперименты, ширина заходки при поперечной отработке должна быть равной примерно 0,6—0,7 нормальной ширины хода, без заброски ковша.

Основными преимуществами схем с расположением автомобилей на одном уровне с экскаватором являются:

а) отсутствие необходимости производить подъем груза транспортными средствами на высоту разработки уступа, так как эту операцию выполняет ковш экскаватора в процессе его движения при заполнении грунтом;

б) движение автомобилей по ровной, заранее спланированной и подготовленной для движения дороге;

в) обеспечение лучших условий для погрузки автосамосвалов ввиду их хорошей видимости, что ведет также к уменьшению потерь грунта при погрузке.

Однако данные схемы не могут быть признаны совершенными с точки зрения затрат времени, необходимого для погрузки автомобилей и возможности организации поточной работы. В связи с этим определенный интерес представляют схемы [10] с движением автомобилей по подошве разрабатываемого пласта (рис. 9, б, г, д).

При этом нужно заметить, что возможные условия для применения этих схем более ограничены, так как требуется плотное основание подошвы или устройство специальных покрытий, допускающее движение автомобилей с нормальными скоростями.

Движущиеся по подошве разрабатываемого пласта автомобили, осуществляя петлевой заезд к экскаватору, подаются задним ходом непосредственно к груди разрабатываемого уступа и устанавливаются таким образом, чтобы стрела экскаватора могла осуществлять при погрузке наименьший поворот, а ее верхний блок при разгрузке ковша приходился непосредственно над кузовом.

Установка автосамосвалов при этом может быть:

а) одинарная, непосредственно под экскаватором, набор породы осуществляется с той или другой стороны от автомобиля;

б) одинарная, непосредственно под экскаватором, набор породы производится попеременно с обеих сторон от автомобиля;

в) двойная, по обе стороны от экскаватора, набор породы производится непосредственно под экскаватором, а разгрузка его в тот или другой самосвал сбоку.

Одинарная установка автомобилей непосредственно под экскаватором предусматривает набор грунта с одной стороны от автомобиля, при этом угол поворота стрелы экскаватора на разгрузку составляет 15—20°.

Более рациональна одинарная установка, позволяющая осуществлять «челночный метод» загрузки автомобилей (рис. 9, г). В этом случае набор породы осуществляется попеременно по обе стороны от загружаемого автомобиля. При «челночном методе» из цикла выпадает процесс обратного поворота стрелы после разгрузки ковша. Угол поворота стрелы для набора грунта и разгрузки не превышает 10—15°.

Для обеспечения непрерывности погрузки может быть применена двойная установка автомобилей (рис. 9, б) таким образом, чтобы второй подаваемый под погрузку автосамосвал мог быть установлен рядом с первым на таком минимальном расстоянии (на расстоянии 4—6 м), при котором была бы лишь возможность свободного набора грунта между автосамосвалами. Наполнение ковша в этом случае производится почти непосредственно под экскаватором, угол поворота при этом минимальный и не превышает 5—10°.

Основными преимуществами «челночного метода» погрузки при одинарной и двойной установке автомобилей являются: повышение производительности за счет небольшого угла поворота экскаватора, отсутствия необходимости поднимать ковш на большую высоту, хорошей видимости внутренней части кузова в процессе погрузки. Кроме этого, при «челночном методе» наблюдается снижение потерь породы на двигатель экскаватора и канаты, и значительно сокращается количество перемещений экскаваторов.

В процессе исследования [10] нами было установлено, что наибольшая производительность экскаватора достигается в том случае, если разгрузка ковша производится при горизонтальном положении тягового троса, что позволяет исключить операцию по подъему или опусканию ковша над кузовом автосамосвала. Горизонтальность тягового троса в момент разгрузки возможна лишь при определенной высоте разрабатываемого драглайна забоя, что может быть установлено из следующего уравнения:

$$H_{\text{раз}} = H_{\text{заб}} + h_0 - l_0, \quad (14)$$

где $H_{\text{раз}}$ — высота разгрузки ковша драглайна над уровнем подошвы уступа, м;

$H_{\text{заб}}$ — высота забоя (уступа), м;

h_0 — расстояние от уровня стояния экскаватора до оси пяты стрелы, м;

l_0 — длина ковша, м.

$$H_{\text{раз}} = 1,3H_{\text{сам}}, \quad (15)$$

где $H_{\text{сам}}$ — высота автомобиля по кабине, м.

$$H_{\text{заб}} = 1,3H_{\text{сам}} - h_0 + l_0. \quad (16)$$

Результаты подсчетов по указанным формулам для драглайнов различных марок приведены в табл. 12.

Таблица 12

Рациональные параметры забоев при установке автосамосвалов на подошве разрабатываемого уступа

Тип экскаватора	Емкость ковша, м³	$H_{\text{чер}}$	h_0	l_0	Тип автомобиля	$H_{\text{сам}}$	$H_{\text{заб}}$
Э-505	0,5	7,3	1,4	1,0	ЗИЛ-585	2,18	2,5
ОМ-202					МАЗ-205	2,44	2,7
Э-752	0,75	7,5	1,6	1,25	ЗИЛ-585	2,18	2,5
Э-754					МАЗ-205	2,44	2,7
Э-1003	1,0	9,5	1,7	1,45	МАЗ-205	2,44	2,7
Э-1004					ЯАЗ-222	2,70	3,3
Э-2001	2,0	12,0	1,8	1,75	ЯАЗ-222	2,70	3,5
Э-2005					МАЗ-525	3,67	4,8
ЭШ-4/40	4,0	26,0	2,0	1,9	МАЗ-525	3,67	4,8
					МАЗ-530	3,70	4,8

Как показывают расчеты (табл. 12), рациональная высота забоя при работе даже мощными драглайнами не превышает 5 м, в этих случаях для возможности полного набора ковша породой нередко приходится применять разработку косыми слоями (рис. 9, д).

Расстояние установки автосамосвала от оси драглайна может быть определено из выражения

$$L_0 \leq R_{\text{раз}}; L_0 = a + b + c + \frac{m}{2}; \quad (17)$$

$$L_0 = \left(\frac{l}{2} + l_0 \right) + \frac{H_{\text{заб}}}{\operatorname{tg} \varphi} + c + \frac{m}{2}, \quad (18)$$

где $R_{\text{раз}}$ — минимальный радиус разгрузки драглайна (от оси экскаватора до вертикально свисающего с головного блока подъемного каната);

a — расстояние от оси экскаватора до бровки уступа, м;

l — база экскаватора;

b — заложение откоса уступа, м;

l_0 — расстояние от базы до бровки уступа $\geq 1-1,5$ м;

φ — угол откоса ($35-50^\circ$);

c — расстояние от нижней бровки до колеса автосамосвала от 0 до 1,5 м;

m — длина кузова автомобиля, м;

Проведенные нами на строительстве Н-Киевского рудника исследования продолжительности цикла экскавации при различных схемах установки автомобилей под погрузку представлены в табл. 13.

Таблица 13

Продолжительность цикла экскавации при различных схемах установки автомобилей для погрузки их драглайнами, сек.

Операции	Схема установки автомобилей		
	на уровне стояния экскаватора и при поперечной разработке забоя	на уровне подошвы забоя, при одностороннем заборе породы	на уровне подошвы забоя при «челночном» методе погрузки
Поворот к забою	2,0	} 3,8	} 4,0
Опускание ковша	1,5		
Набор породы	6,0	} 6,3	} 5,0
Подъем и вывод ковша из забоя	2,8		
Поворот на разгрузку	3,2	6,0	4,8
Разгрузка ковша	2,0		
Итого	17,5	15,1	13,8
Процентное отношение . .	100	86,5	79

Как видно из приведенных в табл. 13 данных, при установке автомобилей на подошве разрабатываемого горизонта время продолжительности цикла уменьшается на 15—20%.

Однако следует заметить, что экономия времени на погрузку может быть поглощена затратами времени на маневры (тупиковый заезд) и на выезд на верхний откаточный горизонт (если весь поток груза перемещается по горизонту стояния драглайна).

Поэтому схемы с установкой автомобилей на подошве разрабатываемого горизонта могут быть выгоднее, чем схемы с установкой автомобилей на одном уровне с экскаватором, если

$$t'_{\text{погр}} > t''_{\text{погр}} + t_{\text{ман}} + t_0, \quad (19)$$

где $t'_{\text{погр}}$ — время погрузки автомобиля при установке его на одном уровне с экскаватором;

$t''_{\text{погр}}$ — время погрузки автомобиля, установленного на подошве забоя драглайна;

$t_{\text{ман}}$ — время маневров автомобиля на подошве разработки;

t_0 — время выезда автомобиля на поверхность или на основной откаточный горизонт.

Наиболее рациональными условиями для применения рекомендуемых схем с установкой автомобиля на подошве разрабатываемого уступа следует считать:

- а) высоту забоя, разрабатываемого драглайном, не более 5—6 м;
- б) ровное, плотное основание для передвижения автомобилей на горизонте стояния экскаватора;
- г) достаточное количество автомобилей, обеспечивающее поточную погрузку при «челночном методе».

Эти схемы могут применяться при послойной выемке пород или полезного ископаемого при селективной разработке, зачистке полезного ископаемого от пустых пород и т. д. При значительной высоте забоя (10—15 м) и откатке по горизонту стояния экскаватора наиболее эффективна установка автомобилей на одном уровне с драглайном при условии поперечной разработки забоя последним.

5. Проходка траншей с использованием автомобильного транспорта

Способ проходки траншей с использованием автомобильного транспорта является одним из наиболее эффективных и производительных, обеспечивающий на уральских карьерах в 1,5—3 раза большую скорость, чем при использовании ж.-д. транспорта. Известны примеры проходки траншей со средней скоростью 200—250 м в месяц.

Высокая производительность (табл. 14) делает целесообразным использование автотранспорта для проходки траншей даже на карьерах,

Таблица 14

Средние скорости проходки траншей на уральских междурудных карьерах при автомобильном транспорте [117]

Карьер	Марка экскаватора	Марка авто-самосвала	Высота забоя, м	Скорость проходки м/сутки
Сибавский	СЭ-3 и ЭКГ-4	МАЗ-525	До 10	6—15
Блявинский	»	ЯАЗ-210Е	До 12	6—7
Учалинский	»	ЯАЗ-210Е	До 12	4—12

применяющих ж.-д. транспорт (Баженовские карьеры, Гороблагодатский рудник и др.), так как при этом нет необходимости производить укладку, разборку, переукладку и наращивание ж.-д. путей, представляется возможность проще осуществлять маневры, сократить простои в ожидании порожняка, более удобно для погрузки устанавливать транспортные средства, иметь минимальный угол поворота экскаватора и т. д.

Производительность экскаватора, работающего с автомобильным транспортом при проходке траншей, по сравнению с работой во фронтальном забое, при правильной организации работ снижается не более чем на 10—15%, в то время как при ж.-д. транспорте снижение производительности достигает 40—50% и более.

Коэффициент использования экскаваторов при проходке траншей с использованием автомобильного транспорта достигает 0,6—0,65. При проходке траншей как капитальных, так и разрезных с автотранспортом возможны два способа:

- а) узким забоем — $(1,1 \div 1,2) R_{\text{чер. макс}}$
- б) широким забоем — $(1,8 \div 1,9) R_{\text{чер. макс}}$

В каждом из этих способов возможны различные схемы размещения и установки автомобилей для погрузки их экскаватором.

При проходке траншей узким забоем автомобили размещаются или на верхней бровке уступа, или подаются к экскаватору задним ходом по подошве проходимой траншеи.

Для установки автосамосвалов на верхнем борту траншеи необходимо применение экскаваторов с удлиненным оборудованием механической лопаты. Автомобили подаются по автодороге, проложенной по верхней бровке вдоль трассы траншеи с таким расчетом, чтобы автомобиль находился за пределом призмы обрушения откоса уступа, а расстояние от оси экскаватора до оси дороги не превышало $0,7—0,8 R_{\text{чер. макс}}$.

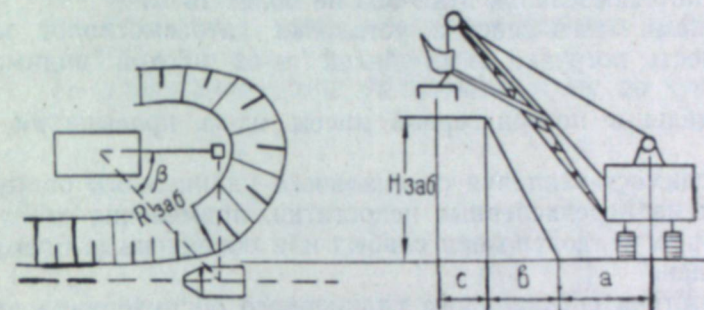


Рис. 10. Расположение автосамосвалов при проходке траншей с верхней погрузкой.

Наивыгоднейшее расположение автомобиля (рис. 10), исходя из этих условий, можно определить как:

$$x = 0,7 R_{\text{раз}} \cdot \sin \beta \quad (20)$$

или

$$x = a + b + c \quad (21)$$

$$a = R_{\text{чер. мин}}; \quad b = \frac{H_{\text{заб}}}{\operatorname{tg} \varphi}; \quad c = \frac{2b_0}{2} \quad (22)$$

где

$R_{\text{раз}}$ — радиус разгрузки ковша, м;

β — угол разгрузки при наивыгоднейшем положении автомобиля;

$R_{\text{чер. мин}}$ — минимальный радиус черпания на уровне подошвы траншеи, м;

φ — угол откоса борта траншеи;

H — высота уступа, м;

b_0 — ширина кузова автосамосвала, м;

Из этих выражений могут быть определены основные величины, определяющие наиболее рациональное положение автомобиля

$$\sin \beta = \frac{R_{\text{чер}} + \frac{H_{\text{заб}}}{\operatorname{tg} \varphi} + b_0}{0,7 R_{\text{раз}}} \quad (23)$$

Минимальная ширина траншеи на уровне почвы для обеспечения нормальной работы экскаватора должна быть:

$$B \geq 2 R_{\text{чер. мин}} \quad (24)$$

где $R_{\text{чер. мин}}$ — радиус черпания экскаватора на уровне почвы траншеи, м.

Минимальная ширина дна траншей по условиям техники безопасности для экскаваторов СЭ-3 и ЭКГ-4 в этом случае составляет 13—14 м.

Этот способ проходки траншей имеет ряд достоинств: автосамосвалы передвигаются по верхней, практически сухой, площадке уступа, подача под погрузку может осуществляться по кольцевому заезду. Средний угол поворота экскаватора к автосамосвалам, стоящим на верхней площадке, около 60° при односторонней и 40° при двухсторонней погрузке.

Однако проходка траншей этим способом возможна лишь до определенной глубины. При использовании экскаватора СЭ-3У максимальная глубина траншей ограничивается высотой разгрузки и может быть при применении автосамосвалов МАЗ-525 не более 10 м.

Недостатками этого способа установки автосамосвалов являются:

а) сложность погрузки автомобилей из-за плохой видимости кузова;

б) значительные потери горной массы из-за просыпания при погрузке;

в) необходимость наличия специального удлиненного оборудования.

Несмотря на перечисленные недостатки, применение этого способа может быть рекомендовано при слабых или обводненных породах в подошве траншей.

При отсутствии специального удлиненного оборудования чаще применяют движение и установку автомобилей на одном уровне с экскаватором, т. е. по подошве траншей.

При незначительной протяженности траншей, до 50—60 м, автомобили подаются к экскаватору задним ходом.

Ширина траншей, проходимой узким забоем, в таких случаях может достигать при применении экскаваторов СЭ-3 и ЭКГ-4 до 15—16 м, поворот экскаватора — около 135°. Таким образом, траншея может иметь минимальный объем, однако при подаче автомобиля задним ходом резко снижается производительность экскаватора и транспортных средств. Стремясь сократить до минимума потери времени на подачу автомобилей задним ходом, в одном из бортов траншей можно устраивать через 30—50 м боковые съезды (рис. 11, а) для автосамосвалов. Устройство съездов увеличивает рабочий объем проходки, так как объем горной массы съездов нередко достигает 20—25% от общего объема проходческих работ.

Обычно съезды делают для однопутного (однополосного) движения с предельно допустимыми уклонами для выезда груженых автомобилей (до 10—12 и даже 15%).

Для сокращения расстояния подачи автомобилей задним ходом устраивают также ниши, в которые заходят автомобили для ожидания и пропуска встречных машин (рис. 11, в). Ниши, как и съезды, устраивают через 35—40 м. Размеры ниши определяются габаритами автомобиля и расстояниями от нижней бровки уступа ниши до ближайших выступающих частей автомобиля, которые составляют 1—1,5 м.

Устройство ниш возможно при длине траншей не более 120—130 м, при большей длине использование такого метода проходки нецелесообразно. Серьезными недостатками этого метода являются: значительные потери времени на маневры, движение на сниженных скоростях, увеличение опасности из-за возможного столкновения машин, большая утомляемость рабочих, значительное снижение производительности проходки в ночное время и т. д. Все это ограничивает возможность применения этого метода, несмотря на то

что объем земляных работ по устройству ниш почти в 2 раза меньше, чем при устройстве съездов.

К числу способов проходки траншей «узким забоем» может быть отнесена проходка с движением автосамосвалов передним ходом и с тупиковой подачей их к экскаватору, такая схема представляет скорее нечто промежуточное между проходкой узким и широким забоем (рис. 11, б).

Ширина траншей по подошве в этих случаях определяется формулой

$$B > R_{\text{сам. мин}} + 0,5a + b + l_0 \quad (25)$$

где $R_{\text{сам. мин}}$ — наименьший радиус поворота самосвала, м;

a — ширина кузова автомобиля, м;

b — безопасный зазор между автомобилем и бровкой траншей (0,3—0,5 м);

l — длина автомобиля от передних колес до края кузова, м.

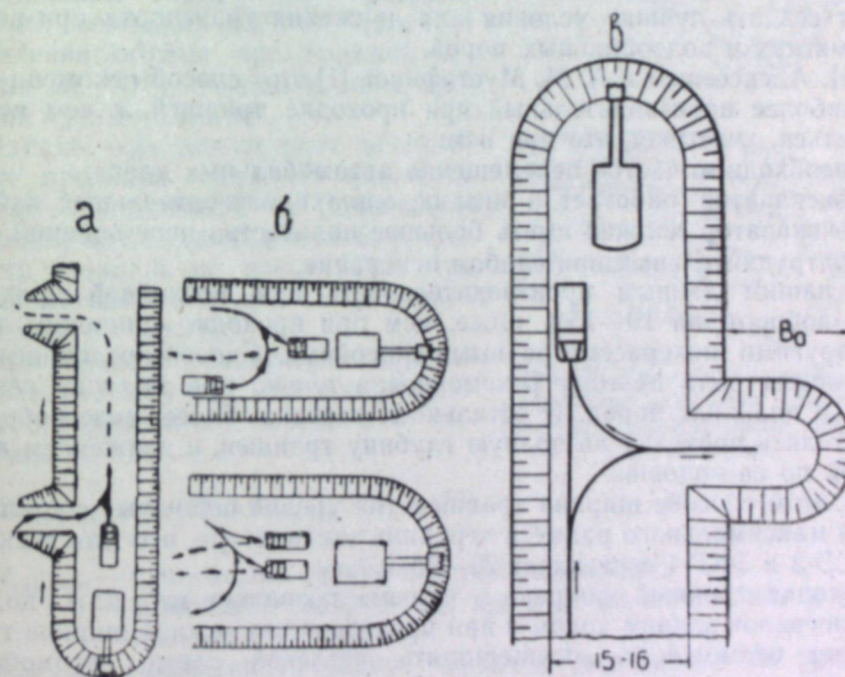


Рис. 11. Заезды при проходке траншей:

а — боковые заезды; б — тупиковые заезды; в — заезды с нишами; B_0 — глубина ниши.

Для автосамосвалов МАЗ-525 и ЯАЗ-210Е необходимая ширина траншей при тупиковой схеме подачи автосамосвалов составляет 20—21 м.

Рассмотренные способы проходки траншей «узким забоем» и размещения в них автомобилей не являются эффективными и дают обычно невысокий коэффициент использования экскаватора и транспортных средств, кроме того, они далеко не безопасны.

Среди способов проходки траншей «широким забоем» следует различать:

а) послойную проходку с движением автосамосвалов по поверхности слоя;

б) проходку на полную глубину с движением автосамосвалов по подошве траншей;

При первом способе в зависимости от проектной высоты данного горизонта траншея проходится слоями обычно от 2,5 до 5 м. Каждый слой вынимается за один рабочий ход экскаватора на всю длину траншеи. При выемке первого слоя автосамосвалы двигаются по борту траншеи; при выемке второго слоя — по подошве первого слоя, при выемке третьего слоя — по подошве второго слоя и т. д.

Для сокращения длины откатки спуск автосамосвалов в траншеи может производиться не в конце траншеи, а поблизости от экскаватора, по специальным съездам, устраиваемым через 100—150 м. Ширина по подошве каждого слоя составляет 13—15 м, ширина траншеи полного конечного профиля — 20—22 м.

Преимуществом этого способа является то, что проходка глубоких траншей осуществляется обычными механическими лопатами, следовательно, отпадает необходимость в применении удлиненного оборудования. Кроме этого, способ послойной проходки с верхней погрузкой позволяет создать лучшие условия для движения транспорта при разработке мягких и водообильных пород.

О. И. Алексеевым и А. М. Мустафиной [1] этот способ рекомендуется как наиболее производительный при проходке траншей, с чем нельзя согласиться, учитывая, что при нем:

- а) необходимо частое перемещение автомобильных дорог;
- б) экскаватор работает в низких, мало производительных забоях;
- в) экскаватор должен иметь большое количество перемещений, особенно затруднительных при слабом основании.

По нашим данным производительность при послойной проходке была, наоборот, на 10—15% ниже, чем при проходке «широким забоем» и другими ниже рассмотренными способами. Способ послойной проходки может быть поэтому рекомендован только при наличии слабых мягких и влажных пород. В остальных случаях более целесообразно осуществлять проходку на полную глубину траншеи, с движением автомобилей по ее подошве.

При этом способе ширина траншеи (на уровне подошвы) составляет 1,8—1,9 максимального радиуса черпания экскаватора, что для экскаваторов СЭ-3 и ЭКГ-4 составляет 26—28 м.

Проходка траншей «широким забоем» позволяет избежать подачи автосамосвалов задним ходом и при предельно возможной ширине траншеи дает возможность осуществлять петлевой заезд автомобилей к экскаватору, и лишь при несколько более суженных размерах траншеи возникает необходимость использовать тупиковые маневры. Размеры петлевого заезда определяются суммой двух минимальных радиусов поворота автомобиля. Подаваемые под погрузку автомобили устанавливаются сзади экскаватора, обычно несколько ближе к той или другой его стороне, для возможности уменьшения угла поворота экскаватора на разгрузку.

Проходка траншей «широким забоем» в настоящее время применяется на ряде карьеров Башкирской АССР и Оренбургской области (Сибавском, Блявинском, Ново-Киевском и на других рудниках) [32] (рис. 12).

Когда забой траншеи (шириной 25—30 м) опускается на высоту уступа, траншею расширяют еще на 15—25 м, забой поворачивают и ведут проходку горизонтально в обратном направлении, параллельно только что пройденной траншее. При проходке обратной горизонтальной части траншеи одновременно с проходкой производится подрезка траншеи до ее проектной ширины.

Основными преимуществами проходки траншей «широким забоем» являются следующие:

- а) автомобиль работает в свободных, нестесненных условиях, подобных условиям при проходке открытым фронтальным забоем;
- б) автотранспорт имеет высокий коэффициент использования;
- в) экскаватор также дает наибольшую производительность, не уступающую производительности в обычных условиях работы на широких рабочих площадках уступа;
- г) автомобили имеют возможность правостороннего движения, маневры их крайне просты и совершенно безопасны;
- д) условия труда водителей автомобилей значительно улучшаются, устраняется напряженность в работе, имеется хорошая видимость для движения и маневров, улучшается работа в ночное время и т. д.

Основным недостатком проходки траншей «широким забоем» является увеличение объема проходческих работ на 25—30%, по сравнению с проходкой «узким забоем».

Однако, как показывают исследования проходки траншей «широким забоем», проведенные на Сибавском и Блявинском рудниках в 1958 г., стоимость проходки не повышается при возрастающей минимум в 1,5 раза производительности.

При проходке «широким забоем» ширина траншеи по подошве может быть определена из следующего выражения

$$B \geq 2R_{\text{сам.мин}} + a + 2b \geq R_{\text{чер.мин}}, \quad (26)$$

где $R_{\text{сам.мин}}$ — наименьший радиус поворота самосвала;

b — безопасный зазор между краем борта автомобиля и бровкой траншеи (0,5—0,8 м);

$R_{\text{чер.мин}}$ — минимальный радиус черпания экскаватора на уровне подошвы;

a — ширина кузова автомобиля, м.

Однако все рассмотренные схемы страдают одним общим недостатком — они не обеспечивают поточности для экскаваторной погрузки.

Для обеспечения условий поточности погрузки нами предложены и в условиях Соколовского рудника (Соколовско-Сарбайского комбината) были проверены две схемы двухсторонней установки автосамосвалов [30] (рис. 13):

- а) с внешними маневровыми тупиками;
- б) с внутренними маневровыми тупиками.

При первой схеме автомобили делают внешний тупиковый заезд и подаются под погрузку с одной из сторон экскаватора, по второй схеме подача осуществляется так же, но заезд располагается внутри кривой, описываемой автосамосвалом при маневрах. При первой схеме требуется проходка траншей несколько большей ширины, которая может быть определена из выражения

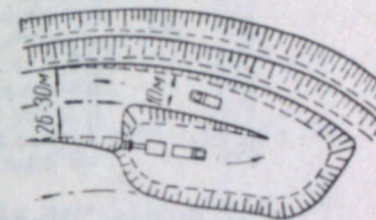
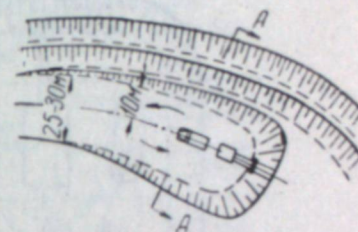


Рис. 12. Проходка траншей «узким» и «широким» забоем при автомобильном транспорте (карьеры Орско-Халиловского комбината).

$$B' \geq b_1 + 2R_{\text{сам. мин}} + l_0 + b_2, \quad (27)$$

где b_1 — расстояние от нижней бровки траншеи до автомобиля, равное 0,5—0,8 м;
 $R_{\text{сам. мин}}$ — минимальный радиус поворота самосвала;
 l_0 — длина автомобиля;
 b_2 — расстояние от противоположной нижней бровки до кузова автомобиля, обычно 0,3—0,5 м.

По второй схеме ширина траншеи будет

$$B'' \geq 2b_1 + 2R_{\text{сам. мин}} + a. \quad (28)$$

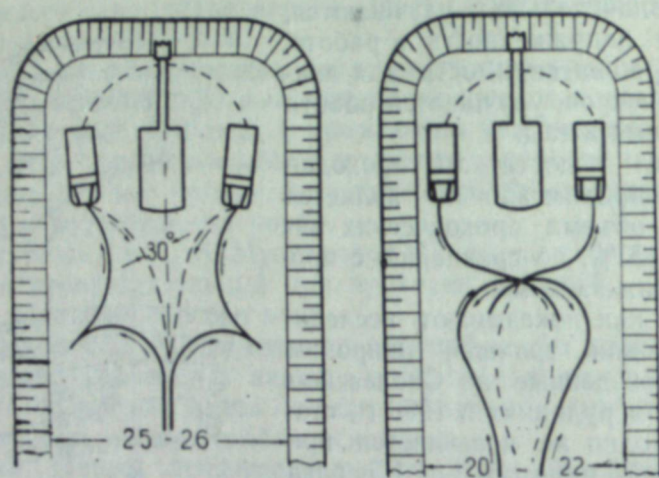


Рис. 13. Проходка «широким» забоем с внешними и внутренними маневровыми тупиками (карьеры Соколовско-Сарбайского комбината).

При применении этих схем для экскаваторов СЭ-3 и ЭКГ-4 и автосамосвалов ЯАЗ-210Е и МАЗ-525 в первом случае возможно иметь минимальную ширину траншеи 26 м и во втором 22—23 м.

Угол поворота экскаватора на погрузку в обоих случаях может не превышать 90°. Установка автосамосвалов производится по радиусу вращения экскаватора, т. е. 0,7—0,8 $R_{\text{раз. макс.}}$.

Преимуществами схем с двухсторонней установкой автомобилей является возможность обеспечения непрерывной погрузки автомобилей, для чего необходимо, чтобы

а) за время погрузки одного автосамосвала другой успел выполнить маневры и встать с другой стороны экскаватора;

б) в работе находилось некоторое резервное количество автосамосвалов, восполняющее некоторый простой автосамосвала, ожидающего погрузки;

в) движение было организовано четко, а шоферы, обслуживающие автомобили, были опытными водителями, способными выполнить сложные маневры машин в стесненных условиях.

Коэффициент обеспечения забоев порожними автосамосвалами для условий поточности

$$\eta_0 = \frac{t_{\text{погр}}}{t_{\text{погр}} + t_0}, \quad (29)$$

где $t_{\text{погр}}$ — время погрузки автомобиля, мин;
 t_0 — время ожидания погрузки, мин.

Коэффициент η_0 — будет наиболее высоким при схемах в широких забоях при петлевых и тупиковых заездах (при двухсторонней установке автосамосвалов) и колеблется от 0,75 до 0,9.

В узких забоях при верхней погрузке он будет 0,6—0,8, а наиболее низкий при тупиковых схемах в узких забоях, где он не превышает 0,5—0,65.

Относительная производительность экскаватора и автомобилей при различных способах проходки траншей и размещения автомобилей представлена в табл. 15.

Таблица 15

Производительность экскаваторов и средств автомобильного транспорта при различных способах проходки траншей и положения автомобилей у экскаватора

Вид забоя	Способ проходки	Вид погрузки	Характер заездов, подачи и установки автомобилей	Производительность, %	
				экскаватора	автомобилей
Лобовой узкий	На полную глубину траншеи	Нижняя	Тупиковые с помощью съездов, ниш и разворотов	100	100
Лобовой узкий	То же	Верхняя	Сквозной по дороге вдоль верхней бровки уступа	105—110	130—135
Лобовой широкий	»	Нижняя	Петлевой с последовательной подачи	110—115	130—135
Лобовой широкий	»	Нижняя	Петлевой с последовательной подачи	110—115	130—135
Лобовой широкий	»	Нижняя	Тупиковые (внешние и внутренние). Установка двухсторонняя	120—150	135—140
Лобовой широкий	Послойный	Верхняя	Сквозной по дороге вдоль верхней бровки уступа	115—120	125—130

ГЛАВА IV

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК ПРИ АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

1. Определение рациональных параметров забоев при разработке их прямыми лопатами

Основными параметрами забоя в его поперечном сечении являются высота и ширина экскаваторной заходки.

Высота забоя механической лопаты нормально не должна превышать наибольшей высоты черпания.

Рациональной высотой забоя, при которой может быть достигнута максимальная производительность экскаватора, будет высота напорного вала экскаватора (0,7—0,75 максимальной высоты черпания) [65]. В конечных точках по высоте резания усилие, реализуемое на зубьях ковша, у большинства конструкций экскаваторов падает вследствие увеличения силы, сжимающей рукоять.

Исходя из этого, рациональная высота забоя при разработке мягких пород будет

$$H_{\text{заб}} = H_{\text{нап}}; \quad (30)$$

$$\text{или} \quad H_{\text{нап}} = 4,25 \sqrt[3]{q} \quad (31)$$

$$H_{\text{заб}} = 4,25 \sqrt[3]{x \varepsilon} \quad (32)$$

где $H_{\text{нап}}$ — высота напорного вала экскаватора, м;
 q — емкость ковша экскаватора, м³;
 $H_{\text{заб}}$ — рациональная высота забоя, м;
 x — соотношение между емкостью ковша экскаватора и емкостью кузова автосамосвала;
 ε — породоемкость автосамосвала, м³;
 $H_{\text{чер. макс.}}$ — максимальная высота черпания экскаватора, м.

При нормальном взрывании скальных пород высота развала после взрыва бывает обычно в пределах 0,75—0,8 высоты уступа. Поэтому вполне допустимой, по условиям безопасности, высотой уступа при разработке скальных, хорошо взорванных пород, может быть:

$$H_{\text{заб}} = \frac{H_{\text{чер. макс.}}}{(0,75 \div 0,8)}. \quad (33)$$

При разработке неглубоких траншей, в начале зарезки нового горизонта, при доработке залежей, зачистках вскрыши при использовании верхней погрузки в автотранспортные средства

$$H_{\text{заб}} = 0,8 H_{\text{чер. макс.}} - h_{\text{сам}} - k, \quad (34)$$

где $h_{\text{сам}}$ — высота самосвала по кузову, м;

k — запас по высоте для безопасной разгрузки, порядка 0,7 м.

По данной формуле при использовании экскаватора ЭКГ-4 и автосамосвалов МАЗ-525 и ЯАЗ-222 высота уступа может быть лишь 4,3—5,1 м, что является явно нерациональным и может быть допущено лишь в отдельных частных случаях, при небольших объемах выполняемых работ.

Применение экскаваторов с удлиненным оборудованием, типа СЭ-3, позволяет иметь высоту уступа, соответственно, 3,8—9,9 м, однако возможности использования удлиненного оборудования, как указывалось выше, ограничены, а производительность при этом ниже, чем при погрузке в автосамосвалы, расположенные на одном уровне с экскаваторами.

Наибольшая и рациональная ширина экскаваторных заходок при автомобильном транспорте, как и высота, определяется рабочими размерами экскаватора. Во избежание недобора породы расстояние от оси поворота экскаватора до бокового откоса забоя должно быть меньше $R_{\text{чер. макс.}}$ [58].

При наибольшем радиусе черпания $R_{\text{чер. макс.}}$ и длине передвижки экскаватора $l_{\text{пер}}$ расстояние от оси экскаватора до верха бокового откоса будет

$$B' = \sqrt{R_{\text{чер. макс.}}^2 - l_{\text{пер}}^2} \quad (35)$$

Наибольшее расстояние от оси экскаватора до бокового откоса находится как катет прямоугольного треугольника с гипотенузой $R_{\text{чер. макс.}}$ и вторым катетом $l_{\text{пер}}$.

Наибольшее расстояние до подошвы бокового откоса забоя будет

$$B_{\text{под}} = B' \frac{R_{\text{чер. под}}}{R_{\text{чер. макс.}}}, \quad (36)$$

где $R_{\text{чер. под}}$ — радиус черпания на уровне стояния экскаватора, м.

Наибольшее расстояние от оси экскаватора до подошвы откоса на стороне автомобильной трассы определяется из условия, чтобы порода в этой части забоя могла быть вынута ковшом, что возможно лишь в том случае, если угол поворота экскаватора в сторону выработанного пространства не будет превышать 45°.

Исходя из этого,

$$B_{\text{под}}^* = \frac{1}{\sqrt{2}} R_{\text{чер. под}} \quad (37)$$

Отсюда наибольшая ширина сечения заходки в боковом забое

$$B = B_{\text{под}}' + B_{\text{под}}^*$$

или

$$B = B' \frac{R_{\text{чер. под}}}{R_{\text{чер. макс.}}} + \frac{1}{\sqrt{2}} R_{\text{чер. под}} = \sqrt{R_{\text{чер. макс.}}^2 - l_{\text{пер}}^2} \frac{R_{\text{чер. под}}}{R_{\text{чер. макс.}}} + \frac{R_{\text{чер. под}}}{\sqrt{2}} \quad (38)$$

Наибольшая возможная ширина заходки при автомобильном транспорте еще далеко не всегда является рациональной.

Как показывает практика, наибольшая производительность может быть достигнута в забое шириной меньше максимальной.

При работе в более узком забое, равном по ширине лишь части его максимальной ширины, средний угол поворота и средняя длительность цикла уменьшается, производительность будет больше, но объем породы, разрабатываемой с одного места установки экскаватора, будет меньше, а количество передвижек несколько увеличится.

Для установления оптимальных размеров ширины заходок при боковых забоях необходимо учитывать расположение транспортных средств.

Так, при односторонней установке автосамосвалов параллельно оси забоя может быть предложена следующая зависимость [24]

$$R_{\text{раз}} \geq R_{\text{чер}} + \frac{H_{\text{заб}}}{\text{tg } \alpha} + \sigma + 0,5a, \quad (39)$$

где $R_{\text{раз}}$ — радиус разгрузки ковша экскаватора, м;

$R_{\text{чер}}$ — радиус черпания экскаватора, м;

α — угол откоса забоя, град;

σ — расстояние автосамосвала от нижней бровки уступа, равное 0,5—1,0 м;

a — ширина кузова автосамосвала, м.

При этом условии ширина забоя может быть

$$B = 2R_{\text{раз}} - \frac{H_{\text{заб}}}{\text{tg } \alpha} - \sigma - 0,5a. \quad (40)$$

Рациональная ширина забоя должна быть выбрана меньшей, так как экскаватор производительнее работает не при полностью вытянутой рукояти, а, как практически доказано, при (0,75—0,8) $R_{\text{раз}}$, тогда

$$B = (1,5 \div 1,6) R_{\text{раз}} - \frac{H_{\text{заб}}}{\text{tg } \alpha} - \sigma - 0,5a. \quad (41)$$

Во избежание оставления части разрабатываемой породы во внешней части забоя, у его нижней бровки должно соблюдаться условие

$$0,5 R_{\text{чер}} \leq B < 1,0 R_{\text{чер}}. \quad (42)$$

Воспользовавшись выведенными формулами, установим оптимальные размеры ширины заходок (табл. 16).

Таблица 16

Оптимальная ширина экскаваторных заходок при погрузке в автосамосвалы прямыми лопатами, высота уступа 10 м, угол откоса уступа 60°

Марка экскаватора	Емкость ковша, м³	Тип автосамосвала	Грузоподъемность, т	0,5 $R_{\text{чер}}$ экскаватора	1,0 $R_{\text{чер}}$ экскаватора	B оптимальная
Э-1003	1,0	МАЗ-205	5,0	4,9	9,8	5,5
Э-2005	2,0	ЯАЗ-222	10,0	5,7	11,5	9,0
ЭКГ-4	4,0	МАЗ-525	25,0	7,0	14,0	11,0
ЭКГ-8	6,0	МАЗ-530	40,0	8,6	17,2	16,0

Как видно из табл. 16, ширина заходки при экскаваторе ЭКГ-4 и автомобилях МАЗ-525 может колебаться от 7,0 до 14,0 м, оптимально будет равна 11 м. Практически наиболее узкие заходки, используемые на практике, составляют 8—9 м, в этих случаях экскаватор ЭКГ-4 может работать с минимальным углом поворота (70—90°).

Наибольшая производительность экскаватора и автотранспорта достигается в том случае, когда затраты времени на разработку единицы объема породы, с учетом времени на экскавацию и на передвижку машины, будут минимальными.

$$t_{0 \text{ мин}} = \frac{t_{\text{э}} + t_{\text{ман}} + t_{\text{пер}}}{v_{\text{заб}}} \text{ мин/м}^3, \quad (43)$$

где $t_{\text{э}}$ — время экскавации, мин;

$t_{\text{ман}}$ — время на обмен автосамосвалов у экскаватора, мин;

$t_{\text{пер}}$ — время на передвижку экскаватора, выполняемую не во время маневров транспорта, мин;

$v_{\text{заб}}$ — объем элемента забоя, равный объему породы, разрабатываемому с одной стоянки экскаватора.

Поэтому наиболее рациональной по условиям достижения максимальной производительности будет ширина забоя, соответствующая минимуму.

Рассмотрим эту формулу по ее элементам.

Время экскавации и погрузки автомобиля зависит в основном от рабочего угла поворота экскаватора.

Насколько угол поворота экскаватора отражается на продолжительности цикла экскаватора при автотранспорте можно судить по приведенным ниже цифрам, полученным нами расчетом [24].

Угол поворота, град	136	120	90	70
Время поворота стрелы в одну сторону, сек	17,8	16,48	13,84	12,08
То же, %	100	93,6	72,8	67,9

Отсюда следует, что при работе с углом поворота 70° продолжительность цикла по сравнению с углом поворота на 135° может быть сокращена на 11 сек., т. е. почти на 25—30% времени одного цикла.

Что касается времени обмена автосамосвалов у экскаватора, то это целиком зависит от времени, затрачиваемого на маневры и подъезд автомобилей к экскаватору. Минимальные потери времени на ожидание экскаватором транспорта будут при групповой установке автосамосвалов (для машин небольшой грузоподъемности) и при двухсторонней двойной (для большегрузных машин), когда, закончив погрузку одного самосвала, экскаватор без перерыва может грузить следующий, поданный под погрузку автомобиль.

Нами установлено, что с уменьшением ширины заходок увеличивается время на передвижки экскаваторов и экономия от сокращения времени цикла в некоторой степени поглощается увеличившимся временем на перемещение экскаватора.

Для выяснения этого вопроса рассмотрим предлагаемое нами уравнение [24].

$$T = \frac{B \cdot H_{\text{заб}} \cdot K_p \cdot t'}{q K_n} + \frac{\frac{v}{l_{\text{пер}}} + t_{\text{доп}}}{l_{\text{пер}}}, \quad (44)$$

где T — полное время на выемку экскаватором единицы длины заходки, мин;

K_p — коэффициент разрыхления горной массы;

K_n — коэффициент наполнения ковша экскаватора;

v — скорость передвижки экскаватора (для СЭ-3 до 700 м/час);

$l_{\text{пер}}$ — длина одной передвижки (для СЭ-3 в среднем 3 м);

$t_{\text{доп}}$ — дополнительное время на подготовку и заключительные операции при передвижке (для СЭ-3 в среднем 2 мин).

Обычно при экскаваторных работах передвижка гусеничных лопат малой мощности (емкости ковша) занимает 1÷4 мин, средней мощности 2÷6 мин и большой мощности 4÷12 мин. Время передвижки значительно увеличивается при работе в сыром забое или на неустойчивых породах. В этих случаях передвижки занимают в 2—3 раза больше времени.

Однако, если взять нормальные условия, то при определении по формуле (44) время выемки объема горной массы с погонной единицы длины заходки при высоте уступа 10 м для экскаватора СЭ-3 будет: при ширине заходки 5 м — 14,2 мин, 10 м — 27,9 мин, 15 м — 41,5 мин и 20 м — 55,2 мин.

Анализ этих цифр позволяет убедиться, что при правильной организации экскаваторных работ влияние передвижки экскаватора на время разработки забоя различной ширины ничтожно мало и практически его можно не принимать в расчет. Время разработки на каждые 5 м уширения заходки увеличивается на 2—3%.

Поэтому представляется возможность сделать следующее заключение:

1. Увеличение производительности экскаватора и транспорта в основном будет зависеть от времени погрузки, что, в свою очередь, зависит от угла поворота экскаватора.

2. Заходки увеличенной ширины могут быть целесообразны лишь в том случае, если обеспечивается двухсторонняя установка автомобилей, погрузка производится с поворотом не более 90—100°, а потери времени на ожидание подачи порожнего состава к экскаватору почти отсутствуют.

3. С увеличением мощности экскаваторов (емкости ковша) увеличивается время на передвижки экскаваторов. В этом случае применение широких заходов становится целесообразно.

4. Увеличение грузоподъемности автомобилей по отношению к емкости ковша экскаватора оказывает на увеличение производительности большее влияние в заходках узких, чем в широких, так как в последних при возможной двухсторонней установке автомобилей простой экскаватора из-за ожидания машин будут весьма незначительными. В связи с этим узкие заходки будут, по-видимому, более целесообразны при значительных соотношениях между емкостью кузова автомобиля и ковша экскаватора, что будет относительно снижать потери времени на обмен машин.

Широкие заходки более рациональны при мощных экскаваторах и большегрузных автомобилях. Здесь так же, как было высказано ранее, желательно значительное соотношение между емкостью кузова и ковша экскаватора, однако оно не должно быть очень большим (более 4—5), так как тогда будет неизбежным длительное ожидание погрузки установленным по другую сторону от экскаватора автосамосвалом, а это, учитывая высокую стоимость эксплуатации большегрузных самосвалов, может стать неэкономичным.

2. Определение рациональных параметров забоев при разработке их драглайнами

Рациональная высота забоя драглайнов, так же как и прямых лопат, будет равна высоте напорного вала экскаватора, которая у драглайнов составляет приблизительно 0,7 максимальной глубины черпания.

Высота (глубина) забоя, исходя из этих предпосылок, будет:

$$H'_{заб} = 4,4 \sqrt[3]{q} = 4,4 \sqrt[3]{x \cdot z} \quad (45)$$

При работе с погрузкой горной массы в автосамосвалы, расположенные на одном уровне с экскаватором, последние устанавливаются сбоку или позади экскаватора, при этом средний угол поворота получается равным около 90°.

Наибольшая возможная ширина заходки драглайна при разработке торцевого забоя определяется как

$$B = 2\sqrt{R_{\text{чер. макс.}}^2 - l_{\text{пер}}^2}, \quad (46)$$

что примерно соответствует $1,8 R_{\text{чер. макс.}}$ (с забросом ковша).

Наибольшая ширина заходки на уровне подошвы забоя будет равняться

$$B' = 2(B - H_{заб} \text{ctg } \alpha), \quad (47)$$

где α — угол откоса бокового забоя.

При разработке не торцевого, а бокового забоя ширина заходки будет уменьшена на величину заложения откоса. Тогда наибольшая возможная ширина заходки будет равна

$$B'_1 = 2\sqrt{R_{\text{чер. макс.}}^2 - l_{\text{пер}}^2} - H \text{ctg } \alpha. \quad (48)$$

При разработке заходки наибольшей ширины для уменьшения угла поворота экскаватора автомобили должны подаваться под погрузку в ту часть забоя, где производится выемка горной массы.

Наиболее рациональная ширина заходки определяется из условия взаимного положения экскаватора и транспортных средств, при котором обеспечивается не только наименьший угол поворота, но также оптимальный радиус разгрузки и наиболее удобное положение транспортных средств в забое.

Ширина забоя при погрузке в автотранспорт при драглайнах может быть определена следующим образом:

$$B = R_{заб} + R_{раз} - \sigma - 0,5 a \quad (49)$$

где $R_{заб}$ — радиус заброса ковша при черпании, м;
 $R_{раз}$ — радиус разгрузки ковша в автосамосвалы, м;
 σ — расстояние автосамосвала при погрузке от верхней бровки уступа, м;
 a — ширина кузова автосамосвала, м.

Однако в целях наиболее производительной погрузки следует работать с несколько уменьшенным радиусом заброса ковша и выгрузки. Поэтому рационально ширину заходки при погрузке драглайнами в автосамосвалы принимать равной:

$$B' = 0,7(R_{заб} + R_{раз}) - \sigma - 0,5 a \quad (50)$$

При такой ширине заходки угол поворота экскаватора будет составлять 70—75° (и максимально до 125°).

Подсчитав по приведенным формулам рациональную ширину заходки для прямой лопаты и драглайна типа Э-1003, будем иметь в первом случае ширину заходки в среднем 8 м и во втором 15—16 м.

Таким образом, при драглайнах вынимаемый объем горной массы с погонной единицы длины заходки (учитывая, что высота и глубина забоя в обоих случаях одинакова и равна примерно $H_{нап}$) будет в 1,8—1,9 раза больше, чем при механических лопатах. Как показывает наш опыт работы (трест Уралсибэкскавация), время цикла экскавации

у квалифицированных машинистов драглайнов Э-1003 (а также у других малогабаритных экскаваторов Э-505, Э-754) было примерно равным времени цикла прямых лопат или только в редких случаях на 1—3 сек продолжительнее.

Оптимальная ширина экскаваторных заходов при погрузке драглайнами в автосамосвалы приводится в табл. 17.

Таблица 17

Оптимальная ширина экскаваторных заходов при погрузке автосамосвалов различной грузоподъемности драглайнами

Марка экскаватора	Емкость ковша, м ³	Марка автосамосвала	Грузоподъемность, т	R загрузки ковша экскаватора, м	R разгрузки ковша экскаватора, м	B оптимальная, м
Э-505	0,5	ЗИЛ-585	3,5	11,0	10,0	13
Э-754	0,75	МАЗ-205	5,0	12,0	11,0	14
Э-1003	1,0	ЯАЗ-222	10,0	14,5	12,5	16
Э-2005	2,0	МАЗ-525	25,0	17,0	14,0	19
ЭШ-4/40	4,0	МАЗ-530	40,0	47,0	37,0	50

Незначительное увеличение продолжительности цикла экскавации драглайнами, по сравнению с механическими лопатами, компенсируется возможностью отработки заходов большей ширины с одной стоянки экскаватора, меньшим числом передвижек, большими удобствами и возможностью широкого маневрирования ковшом по площади забоя при выемке породы.

Все это безусловно способствует повышению производительности экскаваторов и транспортных средств.

Кроме этого, при погрузке драглайнами в автотранспорт производительность повышается вследствие:

- применения верхней погрузки, позволяющей сократить общее расстояние подъема и откатки транспортных средств из карьера;
- сокращения длины прокладываемых временных дорог;
- более совершенного устройства временных дорог;
- улучшения работы автотранспорта, облегчения водоотвода, уменьшения влияния снежных заносов, дождей и т. д;
- лучших условий для устройства маневровых площадок, заездов, и возможности движения автомобилей на более высоких скоростях.

Учитывая это, тресты Союзэкскавация и Уралсибэкскавация, выполнявшие в 1948—1958 гг. крупные объемы земляных работ в стране, имели 65% парка драглайнов и рационально их использовали для погрузки в автотранспорт при производстве различного рода земляных работ, особенно при разработке выемок сложной конфигурации.

Выработка экскаваторов со сменным оборудованием драглайнами при погрузке в автосамосвалы была на 35—40% выше по Уралу и на 20—25% по Сибири, по сравнению с выработками механических лопат [21, 40]. Основными условиями успешной работы драглайнов были: высокая квалификация машинистов экскаваторов, тщательная подготовка забоев и подъездов и хорошая освещенность забоев в ночное время.

Последние годы драглайны успешно применялись не только на разработке мягких, но мерзлых и скальных пород в случаях их предварительного качественного дробления. При этом нами установлено, что при

размере кусков, не превышающем $\frac{1}{3}$ поперечного размера входной части ковша драглайна, при черпании скальных пород коэффициент наполнения ковша снижается по сравнению с мягкими породами не более как на 10—15%.

Поэтому, учитывая высказанные выше соображения о преимуществах драглайнов при работе их в автотранспорт, следует без опасения расширять область их применения. Это особенно целесообразно при экскаваторах со значительной емкостью ковша, когда влияние кусковатости, а также сопротивлений черпанию будет менее сказываться на коэффициенте наполнения ковша экскаватора. Одним из важных условий для производительной работы экскаваторов в этих случаях будет правильно выбранное соотношение между емкостью кузова самосвала и ковша драглайна, что нами будет рассмотрено ниже.

3. Определение размеров транспортных берм, маневровых и приемных площадок

Размеры транспортных берм при автомобильном транспорте определяются схемами размещения автомобильных дорог и заездов к экскаваторам.

Транспортные бермы могут различаться:

- при петлевом заезде — с расположением за пределами ширины проходимого экскаватором забоя;
- при тупиковом и петлевом заезде — с расположением в пределах ширины проходимого экскаватором забоя.

В первом случае при прямых лопатах ширина транспортной бермы будет

$$A = S + 2R_{\text{сам}} + a + 0,5\sigma + B_{\text{заб}}, \quad (51)$$

где S — берма безопасности, м

$$S = H_{\text{заб}} (\text{ctg } \alpha - \text{ctg } \beta);$$

α — угол возможного сдвижения (обрушения) породы, изменяется в пределах 35—50°;

β — угол откоса уступа, град;

$R_{\text{сам}}$ — радиус поворота автомобиля, для нормальных условий эксплуатации равный 1, 2 $R_{\text{сам. мин}}$;

a — ширина кузова автомобиля, м;

σ — расстояние от бермы безопасности до борта одной идущей машины и от борта рядом идущей до нижней бровки уступа (суммарно 1—3 м).

При кольцевых и сквозных заездах, когда автосамосвалы движутся по транспортной берме поточно в одном направлении, ширина бермы будет

$$A_1 = S + a + 2\sigma + B_{\text{заб}}. \quad (52)$$

Такая же ширина транспортной бермы будет и при верхней погрузке прямыми лопатами.

При тупиковом и петлевом заездах, располагаемых в основном в пределах ширины проходимого экскаватором забоя, ширина транспортной бермы будет

$$A_2 = S + \sigma_1 + \sigma_2 + B_{\text{заб}}, \quad (53)$$

где σ_1 — расстояние от бермы безопасности до оси проезда (принимается равным половине габарита автомобиля плюс 1,5 м), м;

σ_2 — расстояние от нижней бровки уступа (или развала) до оси проезда (определяется шириной забоя и возможностью размещения в его пределах петлевого, тупикового заезда).

При определении ширины транспортных брем берма безопасности должна приниматься с расчетом размещения на ней ограждающих устройств и зазора между ними и бровкой откоса уступа (всего 2—3 м).

Ширина маневровых площадок определяется габаритами принятого автомобиля, минимальным радиусом его поворота и осуществляемой схемой маневров (рис. 14).

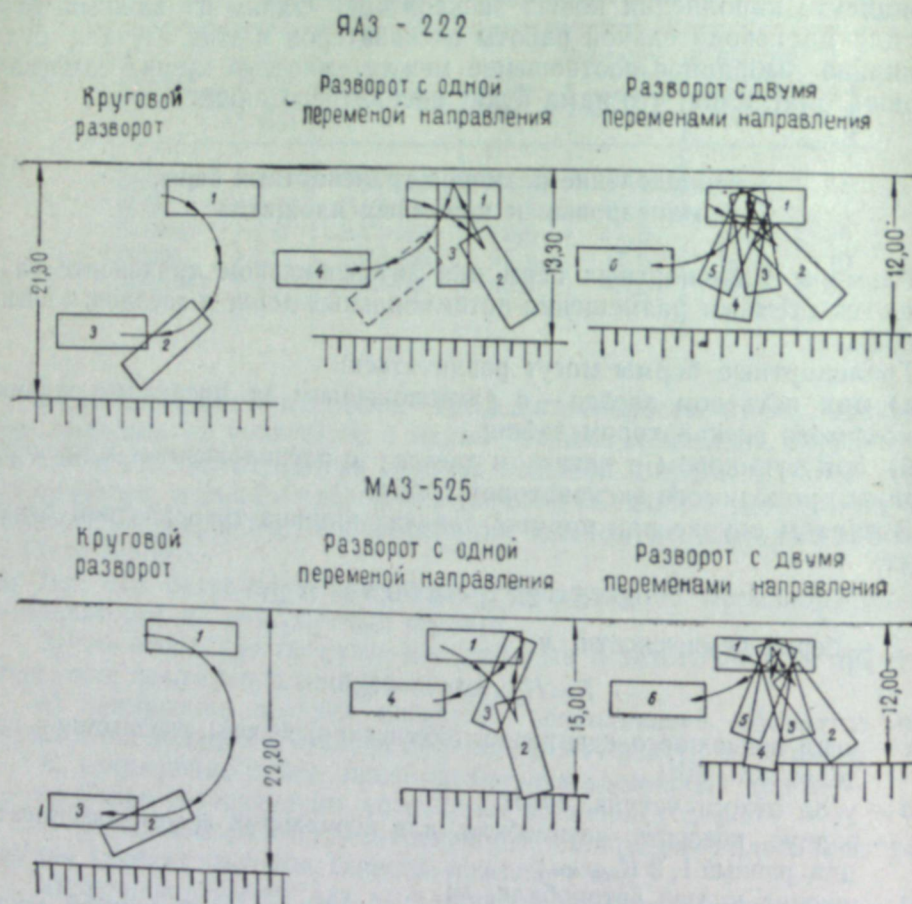


Рис. 14. Размеры маневровых площадок при автомобильном транспорте.
1—6 — положения автосамосвала.

Наиболее распространены следующие схемы маневров:
а) круговой разворот,
б) разворот с одной переменной направления движения,
в) разворот с двумя переменными направления движения.
Имея заданные габариты автомобиля и минимальный радиус закругления, легко установить размеры площадок графически, что и выполнено для автосамосвалов ЯАЗ-210Е и МАЗ-525.

При графическом построении было принято:
а) расстояние от крайних выступающих частей автомобиля до границы площадки — 0,8 м;
б) радиус поворота по колее переднего внешнего колеса — для ЯАЗ-210Е — 10,5 м; для МАЗ-525 — 10,4 м.

Как видно из приведенных схем, наиболее прост по осуществлению круговой разворот, однако он требует наибольшей ширины площадки. В целях сокращения ширины площадки наиболее часто в условиях карьеров используется разворот с одной переменной движения, при котором автомобиль выполняет маневры передним и задним ходом, что в свою очередь имеет недостатки:

а) необходимость переключения скоростей, а следовательно большая потеря времени на маневры, чем при круговом развороте;

б) большая опасность, так как при подаче автомобиля задним ходом в стесненных условиях возможны столкновения, аварии из-за плохой видимости шофером препятствий, находящихся сзади машины.

Еще более сложен и тяжел в выполнении разворот с двумя переменными направления, однако в этих случаях, осуществляя маневры небольшими подачами и разворотами машин, удается ограничиться самыми минимальными размерами маневровых площадок. Маневры с разворотами с двумя переменными направления движения не характерны и применяются редко, лишь в исключительных случаях.

Для определения ширины маневровых площадок могут быть использованы следующие зависимости, установленные и проверенные нами для нескольких марок автомобилей (ЗИЛ-585, МАЗ-205, ЯАЗ-222, МАЗ-525).

Ширина маневровой площадки при

а) круговом развороте $2,1—2,15 R_{\text{сам. мин}}$

б) развороте с одной переменной направления движения $1,35—1,45 R_{\text{сам. мин}}$

в) развороте с двумя переменными направления движения $1,15—1,20 R_{\text{сам. мин}}$

Фактическая ширина маневровых площадок, определенная графически, приведена в табл.* 18.

Таблица 18

Минимальная ширина маневровых площадок
автосамосвалов ЯАЗ-222 и МАЗ-525

Виды маневров автомобилей	ЯАЗ-222	МАЗ-525
Круговой разворот	21,30	22,20
Разворот с одной переменной направления	13,30	15,00
Разворот с двумя переменными направления	12,00	12,00

Установленные графически размеры маневровых площадок были проверены нами на практике в условиях Сибавского рудника на автосамосвалах МАЗ-525 и при тупиковых маневрах МАЗ-530 [49].

Возможность пользования маневровыми площадками указанной минимальной ширины практически подтвердилась.

Время маневров, затрачиваемое при этом, отражено в табл. 19.

Как видно из табл. 19, при самых минимальных размерах площадки и круговом развороте потребное время на маневры составляет 28 сек и при расширенных размерах площадки 46 сек (уширение площадки значительно удлиняет время маневров); при маневрах с одной переменной направления — 36 сек и с двумя переменными — 72 сек (т. е. вдвое больше).

Таблица 19

Время маневров при различных размерах маневровых площадок

Виды маневров автосамосвалов	Ширина площадки, м	МАЗ-525			МАЗ-530		
		Время маневров, сек			Время маневров, сек		
		минимальное	максимальное	среднее	минимальное	максимальное	среднее
Круговой разворот	30	Подъезд 19,0	Подъезд 24,0	Подъезд 21,9	—	—	—
		Отъезд 22,0	Отъезд 27,0	Отъезд 24,3	—	—	—
Круговой разворот	23	Подъезд 14,8	Подъезд 16,5	Подъезд 15,6	—	—	—
		Отъезд 10,0	Отъезд 16,0	Отъезд 12,3	—	—	—
Разворот с одной переменной направления . . .	20	21,0	59,0	36,5	37,0	67,0	56,2
Разворот с двумя переменными направления . . .	13	67,0	80,5	76,6	—	—	—

Примечание 1. Данные таблицы по каждому виду маневров сделаны по 30 замерам.

2. Круговой разворот автосамосвалами выполнялся в процессе подъезда (подачи) автомобиля под погрузку и в процессе отъезда от места погрузки и составлял при ширине площадки 30 м $(28+28) = 56$ м и при ширине 23 м $(20+20) = 40$ м.

Таким образом, наиболее выгодным в смысле затраты времени будет круговой разворот при возможных минимальных размерах площадки, затем разворот с одной переменной направления и, наконец, самым нерациональным — разворот с двумя переменными направления движения. В практике там, где позволяют условия, следует рекомендовать круговой разворот на предельно малых радиусах разворота и, как исключение, в стесненных условиях разворот с одной переменной направления.

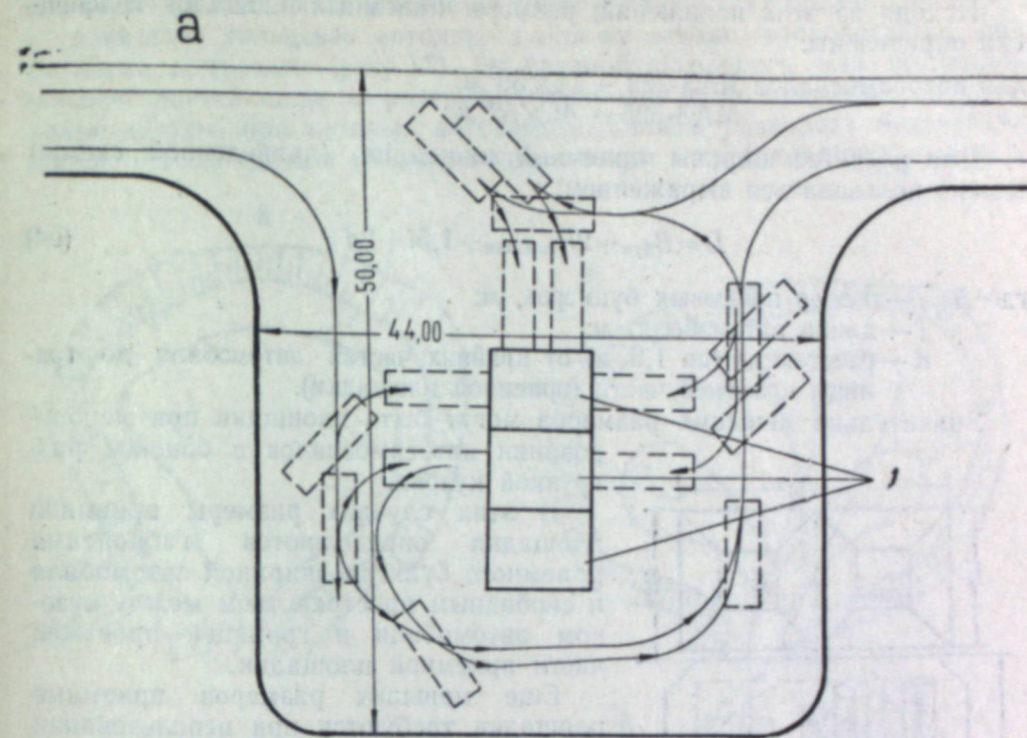
Приемные площадки (рис. 15), устраиваемые на обогатительных фабриках, складах, определяются размерами самих приемных устройств (бункеров), схемой осуществляемых маневров автомобилями, количеством сторон, на которые производится прием горной массы в бункера, габаритами и радиусами поворота автомобилей.

Наиболее рациональны приемные площадки с подъездами к бункерам со всех четырех сторон, что увеличивает производительность приемных устройств, позволяет одновременно иметь под разгрузкой несколько автосамосвалов.

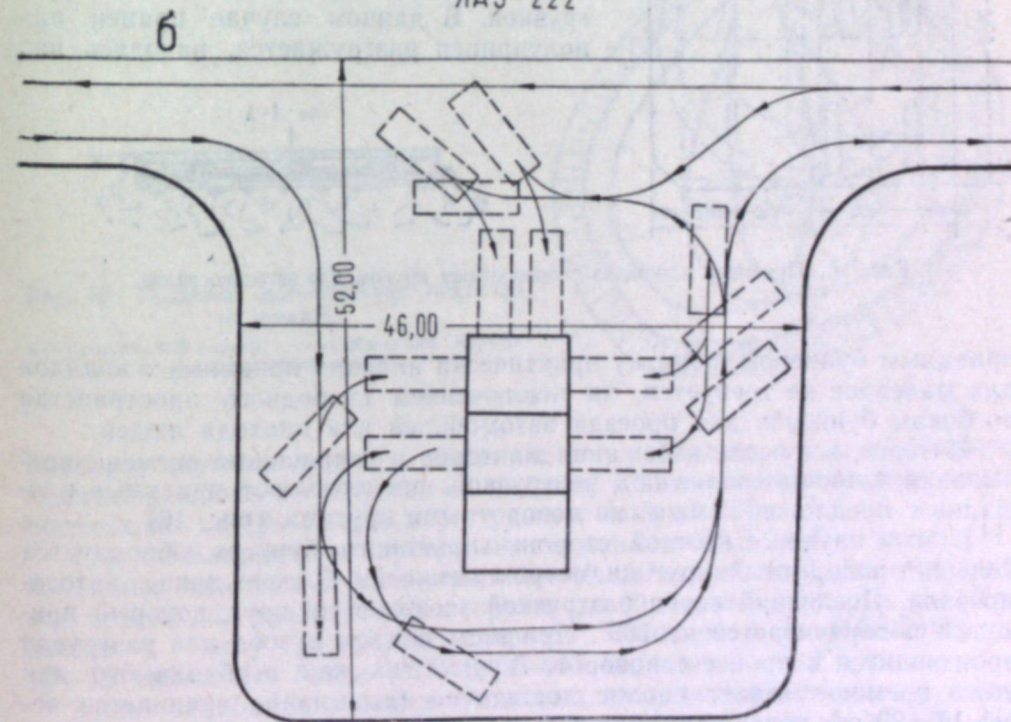
При проектировании приемных площадок следует предусматривать объезд автомобилей вокруг бункеров с тем, чтобы была возможность подачи автомобилей к любой из сторон приемных устройств. Площадки должны иметь бетонное покрытие.

На рисунках представлены размеры приемных площадок для автосамосвалов ЯАЗ-222 и МАЗ-525 и наиболее рациональные схемы маневров машин (рис. 15).

Построение схем сделано по минимальному радиусу наружного переднего колеса. Ввиду применения минимального радиуса, свободное расстояние габарита автомобиля до границы проезжей части принято 1,5 м.



ЯАЗ-222



МАЗ-525

Рис. 15. Размеры приемных площадок при автомобильном транспорте:
а — для автосамосвалов ЯАЗ-222; б — для автосамосвалов МАЗ-525.

Исходя из этих положений, размеры приемных площадок графически определены:

для автосамосвалов ЯАЗ-222 — 44×50 м,
 » » МАЗ-525 — 46×52 м

Для расчетов ширины приемной площадки (приведенной схемы) можно пользоваться выражением:

$$D = B_{\text{бун}} + 2R_{\text{сам. мин}} + 1,5l + 2d \quad (54)$$

где $B_{\text{бун}}$ — размер приемных бункеров, м;

l — длина автомобиля, м;

d — расстояние (до 1,5 м) от крайних частей автомобиля до границы проезжей части (приемной площадки).

Значительно меньших размеров могут быть площадки при использовании автосамосвалов с боковой разгрузкой кузова.

В этих случаях размеры приемной площадки определяются габаритами приемного бункера, шириной автомобиля и свободным пространством между кузовом автомобиля и границей проезжей части приемной площадки.

Еще меньших размеров приемные площадки требуются при использовании автомобильных агрегатов с донной разгрузкой. В данном случае прицеп или полуприцеп разгружается, находясь над

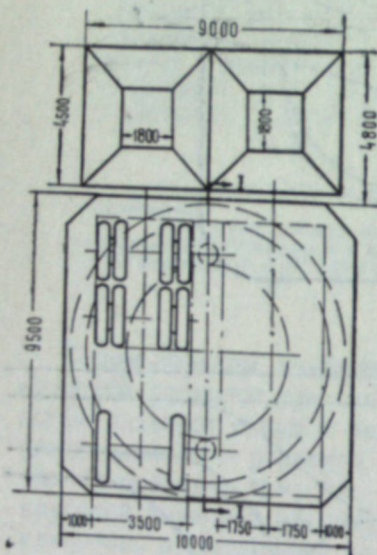


Рис. 16. Приемная площадка с поворотным кругом для автосамосвалов.

приемным бункером, поэтому практически никаких приемных площадок для маневров не требуется, за исключением свободного пространства по бокам бункеров для проезда автомобилей или прохода людей.

Интерес, в смысле избежания маневров и сокращения времени пребывания автосамосвалов под разгрузкой, представляют приемные площадки с предложенными нами поворотными кругами (рис. 16).

В этом случае с каждой стороны приемного бункера оборудуется большой поворотный круг диаметром немногим больше длины автосамосвала. Последний перед разгрузкой заезжает на круг, который при вращении поворачивается на 180° . При этом подъем кузова для разгрузки производится в процессе поворота круга, так как необходимого для этого времени бывает вполне достаточно (высыпание начинается через 17—20 сек после начала подъема кузова на разгрузку).

При использовании поворотных кругов размеры приемных площадок также будут незначительны, так как маневры автосамосвалов отсутствуют и последние, так же как и при боковой и донной разгрузке, подъезжают к бункерам без перемены направления движения.

Для приема пустых пород на отвалах приемные площадки имеют

свои особенности. Обыкновенно по отвалу, ближе к его бровке (8—10 м), устраивается кольцевая автодорога или на отвале располагается ряд петлевых подъездов (рис. 17). От главной автодороги или подъездов осуществляется заезд на разгрузку. Наиболее часто применяются тупиковые заезды, при которых автосамосвал после разворота подается к бровке отвала задним ходом, до упора колес в предохранительный вал.

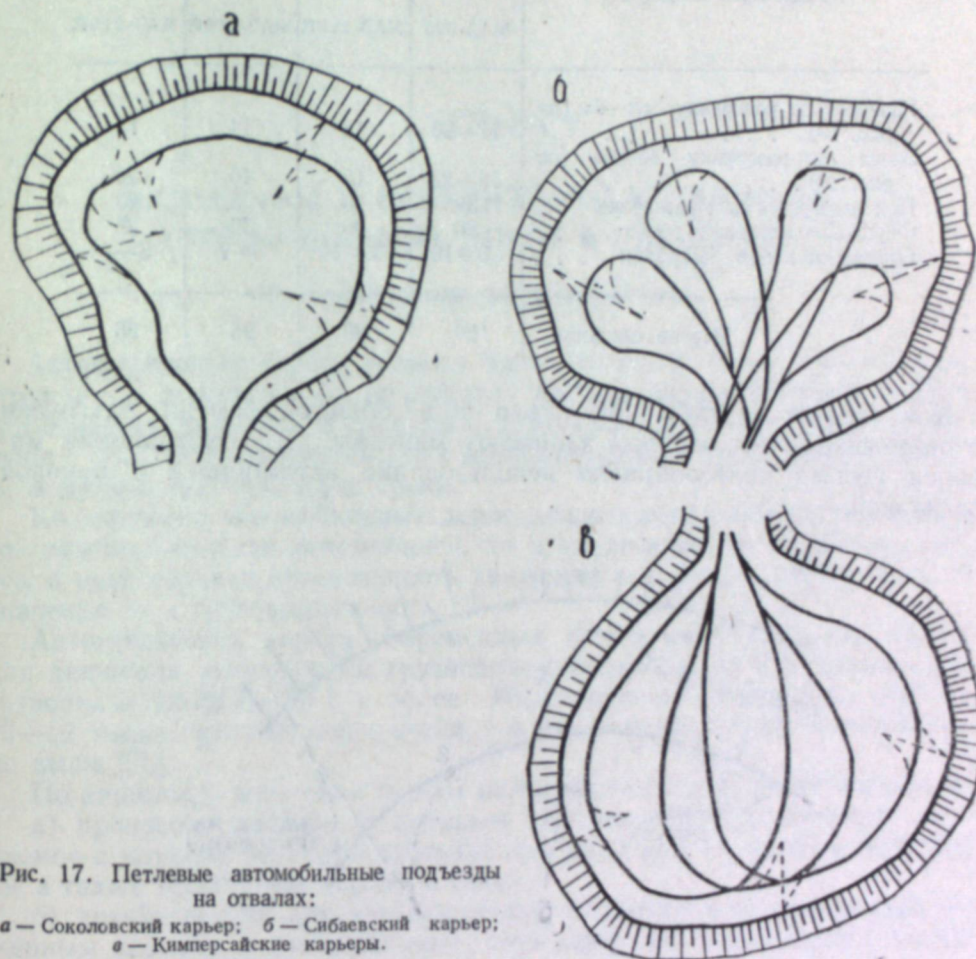


Рис. 17. Петлевые автомобильные подъезды на отвалах:

а — Соколовский карьер; б — Сибавский карьер; в — Кимперсайские карьеры.

Разворот осуществляется с минимальным радиусом, после чего происходит переключение скорости на низшую и автосамосвал задним ходом подъезжает на 10—15 м к месту разгрузки (рис. 18).

Так, на Блявинском карьере автосамосвалы ЯАЗ-210Е и Татра 111S выезжают на отвал со скоростью 38—40 км/час и подъезжают к главной дороге для разворота на скорости до 30 км/час (рис. 18, а). При заезде к месту разгрузки скорость снижается у ЯАЗ-210Е до 12—15 км/час и у Татра 111S до 15—17 км/час.

Более рациональна схема тупиковых заездов Сибавского рудника (рис. 18, б), используемая при работе автосамосвалов МАЗ-525. Несмотря на большую продолжительность времени маневров (скорость движения не превышает 15—18 км/час) время подачи автосамосвала задним ходом сокращается. Так, если по схеме Блявинского рудника задний ход продолжительнее переднего в 1,5 раза, то по схеме Сибавского рудника — только в 1,1 раза (табл. 20).

Таблица 20

Продолжительность маневров и операций разгрузки автосамосвалов на карьерах, сек

Наименование операций	Сибав-ский руд-ник	Блявин-ский руд-ник	Кимпер-сайский рудник	Учалин-ский руд-ник
	МАЗ-525	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е
Разворот на разгрузку «а—б» (по рис. 18)	17—20	12	14	15
Заезд на разгрузку «б—в» (по рис. 18)	18—22	18	16	20
Подъем кузова для разгрузки	30	20	25	20
Опускание кузова	20	30	35	25
Отъезд от места разгрузки	8—10	5—10	5—7	5—7
Итого средним:	100	90	95	86

Как следует из табл. 20, около 50% общего времени разгрузки автосамосвалов на отвалах занимают маневры. Для устранения маневров весьма целесообразно использование автомобилей с боковой разгрузкой.

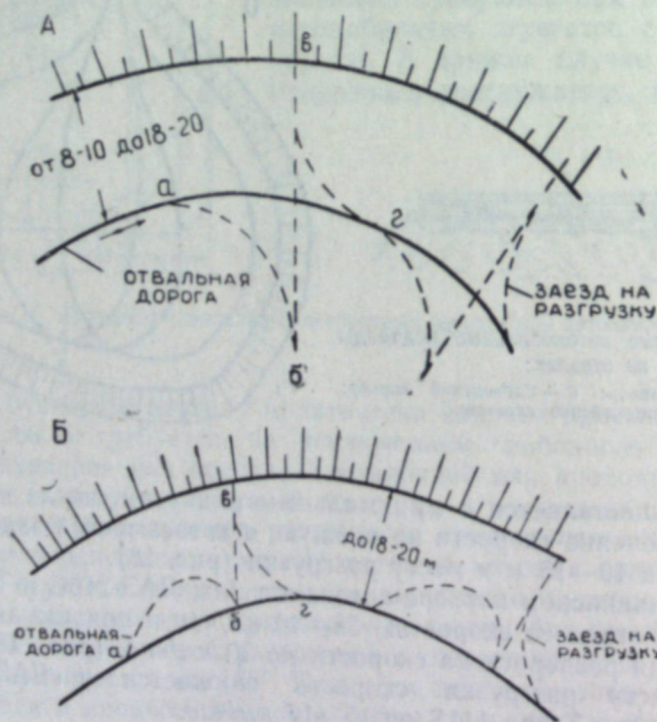


Рис. 18. Заезды автосамосвалов на разгрузку на отвалах: А — Блявинский карьер; Б — Сибавский карьер; а — б — положение автосамосвала.

ГЛАВА V

ПАРАМЕТРЫ И ОСОБЕННОСТИ УСТРОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В КАРЬЕРАХ

1. Техническая характеристика

Автомобильные дороги должны быть возможно более простой конструкции и дешевыми по устройству, достаточно прочными и износостойчивыми, ровными и гладкими, допускать движение мощных агрегатов с большими скоростями при минимальном износе их шин, строиться в минимально короткие сроки.

Конструкция автомобильных дорог должна соответствовать не только грузоподъемности автомобилей, но и интенсивности движения, причем в ряде случаев интенсивность движения в карьерах имеет большее значение, чем грузоподъемность.

Автомобильные дороги современных открытых разработок служат для движения автомобилей грузоподъемностью до 70 т и автопоездов грузоподъемностью 150 т и более. Интенсивность движения достигает 10—12 тысяч автомобилей в сутки, а в некоторых случаях и значительно выше [95].

По характеру движения дороги на карьерах следует подразделить на:

- производственные, по которым транспортируется полезное ископаемое с карьера на обогатительные фабрики или на пункты перегрузки, а также вскрышные породы в отвал;
- хозяйственные (на промплощадке, подъезды к отдельно расположенным зданиям и сооружениям), служащие для перемещения машин общего пользования.

Производственные дороги бывают двух видов: постоянные и временные.

К постоянным дорогам относят магистральные откаточные дороги, а также дороги на уступы карьера и отвалов, независимо от того, где они проложены — на поверхности или в глубине карьера.

Таким образом, к постоянным дорогам относятся:

- главные съезды и заезды в карьер, в том числе и съезды по капитальным траншеям;
- дороги от главных заездов в карьер до отвалов (дороги на поверхности);
- заезды на отвалы (дороги на поверхности);
- дороги на отработанных вышележащих уступах;
- дороги на законченных отсыпкой участках отвалов.

Постоянные дороги, как правило, имеют покрытие.

К временным дорогам относятся проезды непосредственно по уступам карьера и отвала, т. е.:

Таблица 21

Наименьшие радиусы закруглений в зависимости от дорожных условий для различных марок автомобилей

Марки автомобилей и дорожные условия	Величина радиусов при категории дорог, м			Примечание
	I	II	III	
МАЗ-530				1. Для временных карьерных дорог радиусы могут быть уменьшены на 20% 2. Приведенные в таблице радиусы меньше предусмотренных Н и ТУСП 101-58 в соответствии с уменьшенными для горно-рудных предприятий расчетными скоростями
а) в обычных условиях . . .	40	30	20	
б) на серпантинах, в траншеях, на откаточных бермах . . .	30	25	20	
МАЗ-525 и ЯАЗ-222				
а) в обычных условиях . . .	35	25	15	
б) на серпантинах, в траншеях, на откаточных бермах	20	15	15	
МАЗ-205 и ЗИЛ-585				
а) в обычных условиях . . .	35	20	12	
б) на серпантинах, в траншеях, на откаточных бермах	20	15	12	

Таблица 22

Размеры уширения проезжей части дороги

Марки автомобилей	Уширение, м						
	при радиусах закругления, м						
	10—15	16—20	21—30	31—50	51—70	71—100	101—150
МАЗ-205 и ЗИЛ-585	2,5	2,0	1,5	1,1	1,0	0,8	0,6
МАЗ-525, ЯАЗ-222	3,5	3,0	2,4	1,7	1,2	0,9	0,7
МАЗ-530	4,0	3,0	2,7	2,0	1,4	1,0	0,9

Примечание: При однопослонном движении уширение уменьшается вдвое.

Таблица 23

Технические показатели элементов серпантина

Элементы серпантина	Показатели при расчетных скоростях, км/час			
	20	25	30	35
Радиус закругления в плане, м	15	20	25	30
Наименьшая расчетная видимость, м				
поверхности дороги	25	35	40	40
автомобиля	45	65	70	70
Длина переходной кривой, м	20	30	35	40
Уклон виража, %	6	6	6	6
Наименьшие радиусы вертикальных кривых, м				
выпуклой	200	450	500	500
вогнутой	100	100	150	150
Наибольший продольный уклон в пределах серпантина, %	4,5	4,5	4,5	5,0

Примечание: Для автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530, а также для автопоезда следует принимать наибольшие значения.

а) забойные дороги у экскаваторов и на уступах, начатых отработкой;

б) дороги на отвалах, находящихся в отсыпке.

Временные дороги обыкновенно не имеют покрытия. Покрытия специального типа устраиваются только в случаях низкой несущей способности грунтов, слагающих основание дороги, сырых или быстро поддающихся размоканию.

Строительство и проектирование постоянных откаточных и хозяйственных дорог на открытых разработках производится в соответствии с «Нормами и техническими условиями проектирования промышленных автомобильных дорог» (Н и ТУСП-101-58) [97]. С учетом этих норм, а также специфики горных условий нами разработан ряд параметров постоянных автомобильных дорог в карьерах, представленных в табл. 21, 22, 23.

2. Установление оптимальных уклонов

Оптимальным принято считать такой уклон траншей, при котором производительность автосамосвалов будет наибольшей, а расходы на перевозку единицы горной массы, затраты на проходку траншей и строительство автомобильных дорог, а также дополнительный объем вскрышных работ будут наименьшими.

При установлении оптимального уклона следует учитывать расположение траншей относительно контура карьера, подразделяя их на внутренние и внешние. При внутренних траншеях изменение уклона сокращает или увеличивает длину транспортирования, при внешних — уклон практически не влияет на дальность транспортирования, поэтому оптимальный уклон автомобильных дорог следует определять отдельно для внутренних и внешних траншей.

Влияние уклона внутренних траншей на продолжительность движения, а следовательно, на производительность автомобилей можно исследовать по выражению

$$t' = \frac{1}{i} \left(\frac{1}{v_{гр}} + \frac{1}{v_{пор}} \right), \quad (55)$$

где t' — общая продолжительность движения автосамосвала при подъеме груза на высоту 1 м, сек;

i — уклон пути, ‰;

$v_{гр}$ и $v_{пор}$ — скорость движения автомобилей, соответственно груженого и порожнего, м/сек.

Исследования скоростей движения автосамосвалов, выполненные нами при различных уклонах на Сибавском руднике (рис. 19), а также результаты расчетов, произведенных по данной формуле [108], свидетельствуют о том, что для достижения наибольшей производительности автотранспорта необходимо принимать уклон внутренних траншей наибольшим, допускаемым по условиям безопасного движения.

Формула себестоимости транспортирования, по которой можно оценить влияние уклона на стоимость перевозки, без учета дорожных расходов, имеет вид

$$S = \frac{L_r \left(S_{пер} + \frac{S_{пост}}{v_r \cdot k} \right) + S_{пост} \frac{t_{пр}}{k}}{Q_{п}}, \quad \text{руб/т}, \quad (56)$$

где L_r — дальность транспортирования в грузовом направлении, км;

β — коэффициент использования пробега;
 $S_{\text{пер}}$ — переменные расходы, руб/км;
 $S_{\text{пост}}$ — постоянные расходы, руб/час;
 v_t — техническая скорость движения, км/час;
 k — коэффициент использования сменного времени автосамосвала на чистой работе;
 $t_{\text{пр}}$ — суммарная продолжительность простоев автосамосвала в течение рейса (погрузка, разгрузка, ожидание погрузки, маневрирование), час;

Q_n — вес груза, перевозимого автосамосвалами, т.

Так как $L_t = \frac{H}{i}$, а правая часть числителя не зависит от уклона, то формулу можно преобразовать, получив выражения для исследования стоимости 1 т (S_t) и 1 ткм ($S_{\text{ткм}}$) при подъеме груза на высоту 1 м, в зависимости от уклона траншеи

$$S_t = \frac{1}{1000 \cdot i \cdot \beta \cdot Q_n} \left(S_{\text{пер}} + \frac{S_{\text{пост}}}{v_t \cdot k} \right), \text{ руб/т} \quad (57)$$

$$S_{\text{ткм}} = \frac{1}{i \cdot \beta \cdot Q_n} \left(S_{\text{пер}} + \frac{S_{\text{пост}}}{v_t \cdot k} \right), \text{ руб/ткм.} \quad (58)$$

Результаты расчетов по этим формулам приведены на рис. 20. Из этих данных видно, что хотя стоимость 1 ткм с увеличением уклона внутренних траншей возрастает, стоимость перевозки 1 т в конечном счете уменьшается.

Продолжая исследование, мы убедились также в том, что расход топлива на движение автосамосвала при увеличении уклона внутренних траншей сокращается, уменьшается и дополнительный объем вскрыши на устройство съездов, расположенных на борту карьера, что подтверждается анализом формулы

$$v_{\text{доп}} = \frac{b \cdot H^2}{2i} \cdot k_t, \quad (59)$$

где $v_{\text{доп}}$ — дополнительный объем вскрыши, м³;

b — ширина съезда, м;

k_t — коэффициент развития трассы;

i — уклон траншеи.

Исходя из сказанного, наивыгоднейшим уклоном внутренних траншей является, как правило, максимальный, допустимый по условиям безопасного движения. Таким предельным уклоном, как подтверждают проведенные нами исследования на Сибавском руднике, является уклон 10—11%.

При работе в тяжелых климатических условиях, особенно при обледенении дорог, что представляет частое явление в условиях Урала и Сибири, для обеспечения наиболее рациональных скоростей движения необходимо устраивать автомобильные дороги с уклонами не более 7—8%.

В этих случаях уклоны, превышающие 7—8%, в капитальных траншеях, на затяжных выездах из карьера должны чередоваться с горизонтальными площадками длиной не менее 50 м, устраиваемыми через 300—400 м, или длиной не менее 20—25 м через каждый уступ высотой 10—12 м.

Уклоны более 10%, как резко ускоряющие износ ходовой части автомобилей и авторезины, вызывающие буксование автомобилей при ухудшении дорожных условий в карьерах (особенно при большой длине уклона), допускаться не должны.

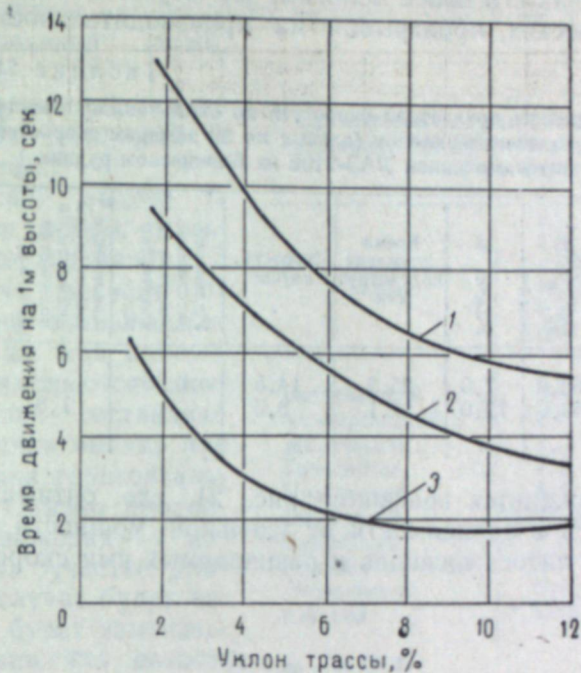


Рис. 19. Время движения автосамосвала по внутренней траншее на высоту 1 м по исследованиям на Сибавском карьере:

1 — общее время движения; 2 — груженого на подъем; 3 — порожнего на спуск.

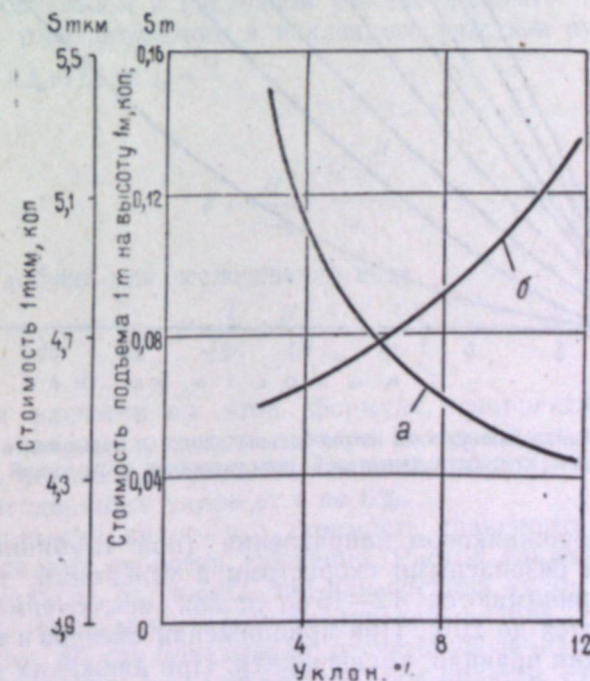


Рис. 20. Влияние уклона внутренней траншеи на стоимость 1 т (а) и 1 ткм (б).

Кроме этого, в ряде случаев, как видно из табл. 24, выгоднее удлинить съезд, сделав его более пологим, чем осуществлять откатку на пониженных скоростях, проигрывая на производительности транспорта.

Таблица 24

Средние показатели скоростей по скользящему съезду с различным уклоном (данные по 30 замерам скоростей автосамосвалов ЯАЗ-210Е на Блявинском руднике)

Длина съезда, м	Уклон, %	Время движения по съезду, сек	Скорость, км/час	Удлинение расстояния откатки, в количестве раз	Увеличение скорости при движении, в количестве раз
100,0	7,0	25,2	14,5	1,65	—
60,0	12,0	27,1	8,0	—	1,8

Это подтверждается графиком рис. 21, где оптимальные уклоны устанавливаются в зависимости от удельной мощности отечественных большегрузных автосамосвалов и развиваемых ими скоростей.

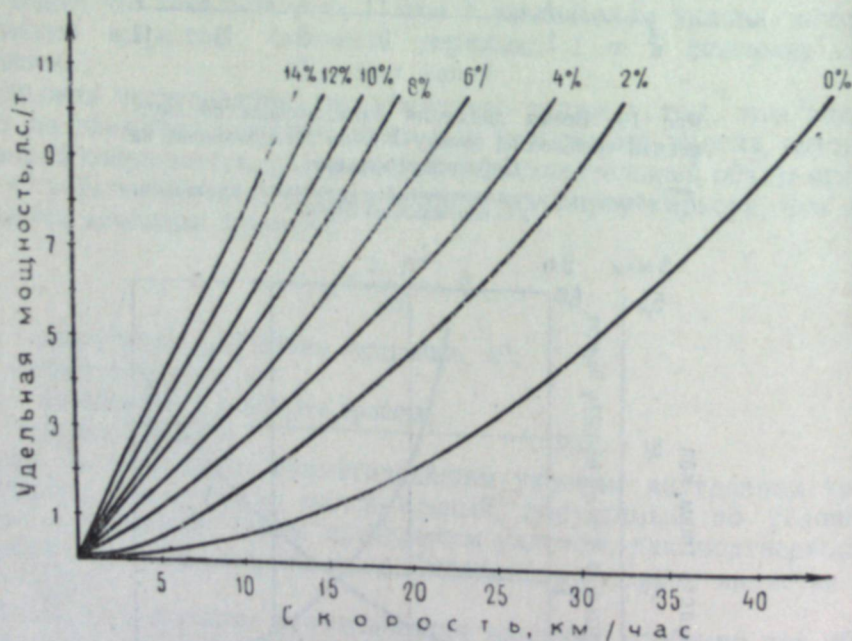


Рис. 21. Оптимальные уклоны автомобильных дорог в карьерах в зависимости от удельной мощности двигателей автосамосвалов и скоростей движения.

Уклоны в порожняковом направлении (при глубинных карьерах) ограничиваются безопасными скоростями и условиями торможения и обыкновенно принимаются 12—15%, и, как исключение, предельный уклон принимается до 20%. При приближении съездов и дорог к поверхности уклоны, как правило, уменьшаются. При движении в карьерах автомобилей с седельными и буксирными прицепами продольный уклон съездов должен приниматься в пределах 4,5—5%.

В табл. 25 приведены данные об уклонах на некоторых карьерах СССР.

Как показывает практика, в конце затяжных съездов с предельными уклонами радиус кривой в плане должен приниматься не менее удвоенной величины наименьшего радиуса, при этом необходимо устройство ограждений (тумб, надолб, валов).

Рассмотрим оптимальные уклоны внешних траншей и выездов на отвал.

При заданной высоте H подъема груза общая дальность транспортирования L практически не зависит от уклона внешней траншеи или выезда на отвал, при изменении уклона изменяются соответственно лишь составляющие L , т. е. длина выезда или траншеи и длина горизонтального участка. Однако продолжительность движения — t' автосамосвала на участке длиной L в этом случае будет изменяться, т. е. будет изменяться скорость движения автосамосвала, как функция уклона пути:

$$t' = \frac{L_r}{v_r} + \frac{L_n}{v_n}, \quad (60)$$

где v_r и v_n — скорость движения автосамосвала, соответственно на горизонтальном и наклонном участке дороги;

L_r и L_n — длина горизонтального и наклонного участков пути, м.

Так как $L_r + L_n = L$, а $L_n = \frac{H}{i}$,

то

$$t' = \frac{H}{i \cdot v_n} + \frac{L - \frac{H}{i}}{v_r}, \quad (61)$$

или в более удобном для исследования виде

$$t' = \frac{L}{v_r} + \frac{H}{i} \left(\frac{1}{v_n} - \frac{1}{v_r} \right). \quad (62)$$

Результаты расчетов по этой формуле, скорректированные конкретными условиями (трудность заездов на отвалы и движение по их поверхности в период распутиц, обледенения дорог и т. д.) позволяют считать наивыгоднейшим уклон от 4 до 6%.

Из этой формулы видно, что стоимость транспортирования обратно пропорциональна скорости движения. Расход топлива при внешних траншеях не зависит от уклона, так как средний уклон при заданных H и L остается постоянным. При увеличении уклона траншей уменьшается их объем, но как показывают расчеты увеличивается время движения автосамосвалов, а следовательно, повышается стоимость транспортирования и падает производительность автотранспорта.

Учитывая это, величина оптимального уклона должна находиться путем совместной оценки всех факторов в каждом конкретном случае.

Таблица 25

Фактические уклоны съездов, принятые на карьерах, эксплуатирующих автомобильный транспорт

Наименование карьера	Величина уклона в грузовой зоне направления	Величина уклона в порожняковом направлении	Число полос движения
Балаклавский . . .	8,0	8,0—12,0	Одна
Кимперсайский . . .	6,0	14,0	»
Жирновский . . .	7,5	15,0	»
Блявинский . . .	7,5	7,5	Две
Учалинский . . .	8,0	8,0	»
Сибавский . . .	7,0—8,0	7,0—8,0	»
Сарбайский . . .	8,0	8,0	»
Гороблагодатский . . .	10,0	10,0	»
Лебединский . . .	7,0	7,0	»
Гайский . . .	7,5—8,0	7,5—8,0	»

В общих случаях оптимальные уклоны внешних траншей, как и внутренних, должны быть возможно большими, допустимыми по требованиям техники безопасности, однако с учетом влияния климатических и дорожных условий они должны приниматься не более 6%.

Высказанное подтверждается проведенными нами экспериментами зимой 1957—1958 гг. на Сибавском карьере. Наблюдения производились на хорошо укатанной щебеночной дороге, покрытой незначительным слоем слегка обледелого снега, с поверхности посыпанного шлаком.

Заезд на отвал (участок для наблюдения) имел уклон 5%, который преодолевался на четвертой передаче новыми автосамосвалами МАЗ-525 без особых затруднений, однако автосамосвалы, имевшие пробег более 20 тыс. км, на отвал выезжали с большим трудом. Это позволило судить, что уклон 5% для четвертой передачи является предельным.

Скорость движения на четвертой передаче была 18—20 км/час, в то же время, когда автосамосвал переходил на уклон 5,5—6%, возникала необходимость переключения на третью передачу, при этом скорость снижалась почти вдвое и составляла лишь 11—12 км/час.

Выбор оптимальных и предельных уклонов автомобильных дорог в карьерах должен приниматься с учетом типа дорожного покрытия (см. табл. 26).

Таблица 26

Продольные и поперечные уклоны дорог в зависимости от типов покрытий

Тип покрытия	Продольные уклоны		Поперечные уклоны	
	наибольшие	исключительные	наибольшие	исключительные
Цементно-бетонное и асфальтобетонное	6	7—8	1,5	3
Щебеночное, шлаковое, гравийное, грунтоцементное, обработанное черными вяжущими материалами	8	10	2	3
Булыжная мостовая	8	11	3	4
Белое щебеночное и гравийное	7	10	2,5	3,5
Грунтовое, стабилизированное черными вяжущими материалами	5	7	2	3
Грунтовое улучшенное, грунтовое	4	6	4	5

3. Установление оптимальной ширины карьерных дорог

В соответствии с государственными техническими нормами (Н и ТУСП 101-58), разработанными для автодорог и автомобилей общего пользования и с учетом специфики карьерных условий, нами (табл. 27 и 28) определена ширина постоянных автодорог.

В табл. 29 приведена ширина постоянных автомобильных дорог согласно проектным данным.

В практике зарубежных карьеров в последнее время наметилась тенденция строительства автодорог увеличенной ширины. В частности, значительная ширина проезжей части автодорог характерна для большинства американских карьеров.

Благодаря увеличенной (против обычных размеров) ширине автодорог на карьерах США (табл. 30) наиболее полно используются высокие скоростные качества современных большегрузных автосамосвалов и снижается стоимость транспортирования горной массы.

Наблюдениями английской дорожно-исследовательской лаборатории было установлено, что при интенсивности движения 10 000 автомобилей в сутки пропускная способность дороги с тремя полосами движения на 20% выше, чем двухполосной, т. е. примерно соответствует повышенной стоимости такой дороги.

Существующие методы расчета ширины автодорог в карьерах, предложенные канд. техн. наук Л. Г. Тымовским, проф. доктором техн. наук Д. П. Великановым и другими авторами, аналогичны с методами расчетов автодорог общего пользования. Они, хотя и учитывают в некоторой степени влияние скорости движения, но не учитывают ряда других факторов, специфических для карьеров.

Известно, что ширина земляного полотна как постоянных, так и временных автодорог в карьере определяется шириной проезжей части и обочин. Ширина проезжей части автодороги определяется габаритными размерами автосамосвалов, скоростью их перемещения и числом полос движения.

С увеличением скорости движения в целях безопасности становится необходимым увеличивать зазоры между встречными автосамосвалами и между автосамосвалами и границей проезжей части автодороги.

Существует несколько формул для определения ширины проезжей части автодороги. По одной из них [57]

$$B=0,015 v+a+0,3,$$

Таблица 27

Ширина проезжей части автомобильных дорог, м

Марка автосамосвалов	Ширина автомобиля, м	Зазор между автомобилями, м	Полоса наката, м	Ширина проезжей части при движении, м	Ширина проезжей части при двухполосном движении				Ширина проезжей части при трехполосном движении, м		
					категория дорог						
					жени, м						
					III	II	I	I			
МАЗ-530	3,40	0,60—1,70	0,5—1,0	5,0	8,5—9,0	9,0—9,5	9,5—10	1,70	2,20	2,70	14,0
МАЗ-525	3,22	0,60—1,60	0,5—1,0	4,5	8—8,5	8,5—9,0	9—10	1,80	2,10	2,80	13,0
ЯАЗ-222	2,65	0,7—1,70	0,42—1,0	3,5	7—7,5	7—7,5	8—8,5	1,70	1,70	2,70	11,5
МАЗ-205	2,64	0,7—1,70	0,42—1,0	3,5	7	7	8	1,70	1,70	2,70	11,5
ЗИЛ-585	2,29	0,7—1,22	0,6—1,0	3,5	6,5	7	—	0,90	1,40	—	—

Примечание: 1. Меньшие значения при двухполосном движении относятся к временным дорогам, большие — к постоянным.
2. Данные для дорог I категории при автомобилях ЗИЛ-585 не приводятся, так как при большой производительности карьера применить эти автомобили нецелесообразно.

Таблица 28

Ширина земляного полотна постоянных автомобильных дорог

Марка автомобиля	Ширина земляного полотна, м				Трехполосное движение
	однопольное движение	двухполосное движение			
		III категория	II категория	I категория	
МАЗ-530 . .	8,0—7,5	12,5—9,5	13—11	13,5—11,5	18—17
МАЗ-525 . .	7,5—7,0	12—10	12,5—10,5	13—11	17—15
ЯАЗ-222 . .	6,5—6,0	11—9	11—9	12—10	15,5—13,5
МАЗ-205 . .	6,5—6	11—8	11—9	12—10	15,5—13,5
ЗИЛ-585 . .	6,5—6	10,5—8,5	11—9	—	—

Примечание. Большие значения даны для нормальных условий, меньшие — для стесненных и горных.

Таблица 29

Ширина постоянных автомобильных дорог в карьерах (по проектным данным)

Карьер	Транспортируемые породы и полезные ископаемые	Тип автосамосвалов	Ширина автомобильных дорог, м		По данным проектных институтов
			земляного полотна	проезжей части	
Сибавский	Вскрыша и медная руда	МАЗ-525	12,0	9,0	Унипромедь
Учалинский	То же	МАЗ-530			
Блявинский	»	МАЗ-525			
Софроновский	Уголь	ЯАЗ-210Е	11,0	8,0	»
Эстонский	Сланец	ЯАЗ-210Е			
Дашкесанский	Вскрыша и железная руда	МАЗ-205	9,0	8,0	Гипрошахт
Атасуйский	То же	МАЗ-525	12,0	8,0	
Ковдорский	»	МАЗ-530	12,5	8,0	
Ждановский	Вскрыша и никелевая руда	МАЗ-525	11,5	9,0	Гипроцветмет
Тургайские карьеры	Вскрыша и бокситовая руда	МАЗ-525	11,5	8,5	
Джезказганский рудник	Медная руда	МАЗ-530	11,5	8,5	
Акджальский	Вскрыша и руда	МАЗ-525	12—12,5	8,5—9,0	Унипромедь
Гайский	То же	МАЗ-525	9—10	7,0	
Алтын-Топканский	Вскрыша и руда	МАЗ-530	11,5	7,5	
Сорский	То же	ЯАЗ-210Е	10,5	8,0	Унипромедь
Абаканский	»	МАЗ-525	9,5	7,0	
Шерегешский	»	ЯАЗ-210Е			»

где B — ширина полосы дороги, м;
 a — ширина автомобиля, м;
 v — скорость движения автомобиля, км/час.

По другой формуле [102]

$$B = 2(m + n + k_1 + k) + m_1, \quad (64)$$

Таблица 30

Ширина постоянных автомобильных дорог на американских карьерах

Карьер	Местоположение карьера	Добываемое полезное ископаемое	Применяемое автомобильное оборудование	Грузоподъемность автомобильных агрегатов, т	Ширина автодорог (земляного полотна), м	Число полос движения
Ривер-Кинг	Шт. Иллинойс	Уголь	Полуприцепы	55	13,5—15,5	Две
Вест-Хилл	Шт. Миннесота	Железная руда	Автосамосвалы	24	7,0	Одна
Интерпрайс	»	То же	»	35	7,5	»
Борон-Краммер	Шт. Калифорния	Борно-натриевая руда	»	24	18,3	Две
Иллинойс	Шт. Иллинойс	Уголь	Полуприцепы	80	17,0—18,2	Две
Игл-Маунтин	Шт. Калифорния	Железная руда	Автосамосвалы и прицепы	22, 36, 64	21,3	Две
Ханна-Колл	»	То же	Полуприцепы	45	15,3	Две
Квебек	Район Блэк Лейк-Канада	Асбест	Автомобили	22	15,3	»
Тибо	Шт. Кентукки	Уголь	Полуприцепы	25	14,0	»
Чайно	Район Санта Рита	Медная руда	Автосамосвалы	25, 27	16,8	»
Болт	Шт. Западная Виргиния	Уголь	Полуприцепы	60	18,0	»
Ноб	Район Лабрадор (Канада)	Железная руда	Автосамосвалы	34, 40	18,3	»

где m — расстояние от края полосы наката до кромки проезжей части (0,4—0,6 м);

n — ширина полосы наката (0,4—1,0 м);

k — свес кузова (0,5—0,75 м) [102];

m_1 — расстояние между кузовами встречных автомашин, м; $m_1 = 0,031v^{0,71}$ или $m_1 \approx 0,4 \div 0,7$ м;

k_1 — ширина колеи, м.

В этом случае ширина проезжей части постоянных и временных карьерных автодорог (расчетная) при двухполосном движении будет равной для автосамосвалов МАЗ-530—8,0, а для МАЗ-525 и ЯАЗ-210Е—7,0 м [102].

По упрощенной формуле ширина проезжей части составит: при однопольном движении

$$B = b_a + 2n; \quad (65)$$

при двухполосном движении

$$B = 2b_a + m_1 + 2n, \quad (66)$$

где b_a — ширина автосамосвала по задним колесам, м;

m_1 — зазор между встречными автомобилями, м;

n — ширина полосы наката, м.

Ширина обочин для внутрикарьерных автодорог обычно принимается для двухполосного движения равной 1,0—1,5 м [12].

Условность рекомендуемых значений n , m , m_1 не позволяет правильно решить задачу определения величины B для карьерных условий. Значения этих величин не отражают влияния скоростей движения автосамосвалов на ширину проезжей части автодорог и не способствуют прогрессивному росту производительности работающих в карьерах современных большегрузных автосамосвалов.

По нашему мнению, ширина проезжей части внутрикарьерных автодорог должна определяться:

- 1) габаритными размерами современных автосамосвалов с учетом возможной замены их в будущем агрегатами с большими параметрами,
- 2) возможностью эффективной работы транспорта в различных метеорологических условиях, а также в дневное и ночное время суток,
- 3) наибольшими скоростями движения автосамосвалов,
- 4) безопасностью движения,
- 5) требованиями равномерного и возможно меньшего износа покрытия (для постоянных автодорог).

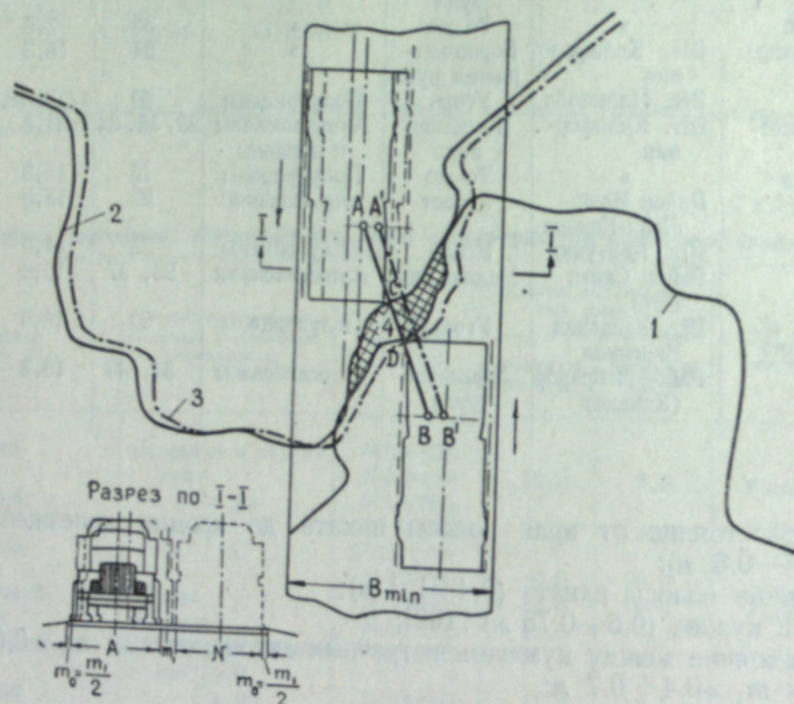


Рис. 22. Графическое определение величины минимального зазора между встречными автосамосвалами МАЗ-525:
1, 2 — границы мертвой зоны, не просматриваемой одним из водителей автосамосвала; 4 — границы мертвой зоны, не просматриваемой обоими водителями в момент встречи автосамосвалов.

Исследованиями, проведенными в ГДР, установлена зависимость между скоростью движения автомобиля и суммарной величиной зазоров s исходя из условий безопасности [106]. Суммарная величина зазоров

$$s \geq 2m_0 + m_1, \quad (67)$$

где m_0 — расстояние от кузова автосамосвала до края проезжей части, м.

Для установления необходимой суммарной величины зазоров нами предлагается графический метод определения минимальных безопасных зазоров между движущимися встречными автосамосвалами при двухполосном движении, изображенный на рис. 22.

Конструкция и размеры современных большегрузных автосамосвалов ограничивают для водителя обзорность, что оказывает влияние на возможную реализацию высоких скоростей при безопасных условиях движения. Обзорность можно характеризовать размерами так называемой «мертвой зоны», в пределах которой водителем не просматривается поверхность дороги и ситуация. Мертвая зона для автосамосва-

ла может быть установлена графически по габаритам кабины водителя, передней части автосамосвала относительно некоторой постоянной точки A (B), которая условно показывает положение глаза водителя в пространстве (рис. 22).

Графическое построение, представленное на рис. 22, a , позволяет установить минимальный зазор по условию безопасности между автосамосвалами МАЗ-525 (m_1), при наличии которого автосамосвалы могут разъезжаться на минимальной скорости. Основой этого построения является такое положение автосамосвалов, при котором водитель, расположенный в точке A , еще может видеть указатель габарита встречного автосамосвала в точке D и указатель габарита своего автосамосвала в точке C одновременно, что позволяет ему ориентировать машину при дальнейшем движении. Минимальное расстояние между автосамосвалами m_1 , определенное таким построением, составляет для автосамосвалов МАЗ-525—0,52 м, для МАЗ-530—0,47 м.

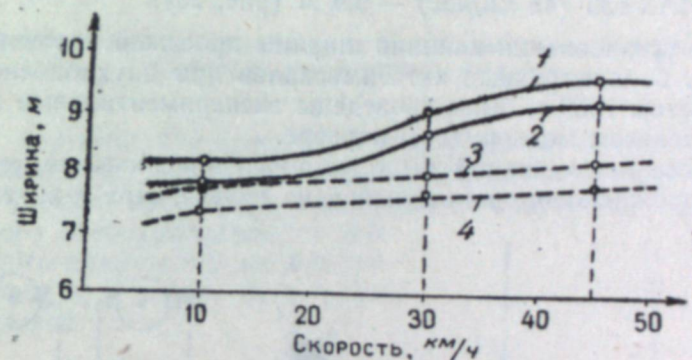


Рис. 23. Зависимость ширины проезжей части карьерных автомобильных дорог от скорости движения автосамосвалов:
1 — для МАЗ-530 по условиям безопасности движения; 2 — для МАЗ-525 по условиям безопасности движения; 3 — для МАЗ-530 по расчетной формуле Д. П. Великанова; 4 — для МАЗ-525 по расчетной формуле Д. П. Великанова.

В расчетах для большегрузных автосамосвалов m_1 принимается равным 0,5 м. По опыту работы автосамосвалов МАЗ-525 безопасная скорость движения их в стесненных условиях (соответственно минимальному зазору) не превышает 5 км/час.

Принимая при скорости движения автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 в 5 км/час величину зазора между краем проезжей части дороги и автосамосвалом m_0 , равной половине зазора m_1 , получим минимальную суммарную величину зазора по формуле (67).

Подставив в формулу принятые значения ее членов, имеем суммарную величину зазоров при двухполосном движении, одинаковую для МАЗ-525 и МАЗ-530 и равную

$$s = 2 \cdot 0,25 + 0,5 = 1,0 \text{ м.}$$

Используя зависимость $s = f(v)$, полученную исследованиями в ГДР, построим график (рис. 23) зависимости ширины проезжей части автодороги от скорости движения большегрузных автосамосвалов при соблюдении условий безопасности движения по данным табл. 31. Для сравнения приводим кривые аналогичной зависимости, определенные по формуле (63). Полученные зависимости показывают, что ширина проезжей части автодороги, определенная по формуле (63), имеет мень-

Таблица 31

Ширина проезжей части автодороги в зависимости от скорости движения автосамосвалов, м (движение двухполосное)

Автосамосвал	Скорость движения автосамосвала, км/час									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
МАЗ-525	7,8	7,9	8,0	8,1	8,4	8,8	9,2	9,4	9,5	9,6
МАЗ-530	8,2	8,3	8,4	8,5	8,8	9,3	9,6	9,8	9,9	10,0

шую величину, чем определяемая по условиям безопасности движения. Последняя составляет для максимальной скорости автосамосвалов:

МАЗ-525 (30 км/час) — 8,8 м,

МАЗ-530 (45 км/час) — 9,9 м (рис. 23).

С целью установления влияния ширины проезжей части автодороги на скорость большегрузных автосамосвалов при двухполосном движении, нами летом 1959 г. были проведены экспериментальные исследования на Сибавском меднорудном карьере.

В процессе исследований было установлено снижение скорости их только в порожняковом направлении, на спуске. При движении с гру-

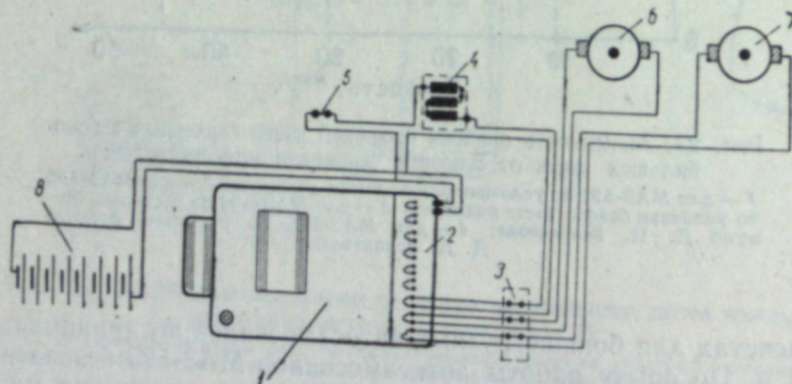


Рис. 24. Принципиальная схема установки для осциллографической записи параметров движения большегрузных автосамосвалов:

1 — осциллограф ПОБ-14; 2 — блок гальванометров осциллографа; 3 — панель включателей датчиков; 4 — магазин сопротивлений; 5 — контакты датчика тормозной педали; 6 — датчик переднего колеса; 7 — датчик заднего колеса; 8 — аккумуляторная батарея.

зом на подъем снижения скоростей не наблюдалось. Для установления абсолютной величины снижения скорости и времени движения порожних автосамосвалов на сниженной скорости было выбрано несколько участков автодороги с примерно одинаковым уклоном (7—8%), но с различной шириной проезжей части (от 7 до 12 м).

С помощью осциллографа ПОБ-14 (рис. 24), установленного на одном из автосамосвалов МАЗ-525, определялось изменение скорости движения груженых и порожних автосамосвалов при их встрече на каждом из участков дороги. Включение осциллографа производилось за 40—50 м до момента встречи автосамосвалов друг с другом. По данным осциллограмм (рис. 25) было установлено, что снижение скорости порожнего автосамосвала происходит, как правило, до момента встре-

чи автосамосвалов друг с другом. Снижение скорости при недостаточной ширине проезжей части дороги может достигать значительной величины и колеблется в пределах от 20 до 50% от первоначальной (рис. 26).

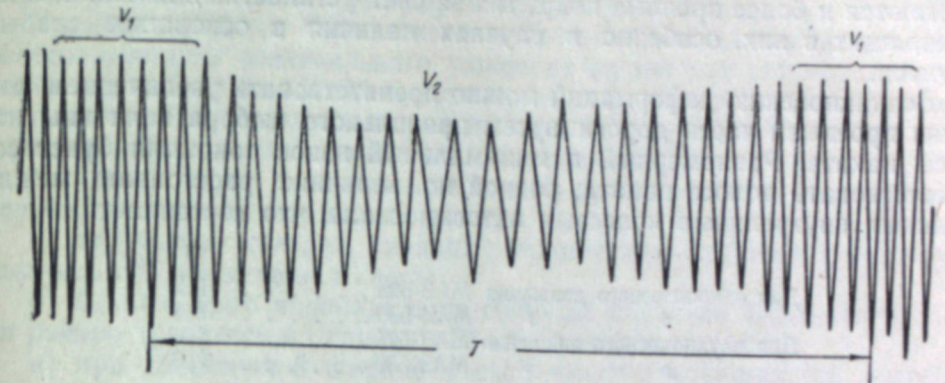


Рис. 25. Осциллограмма записи скорости движения автосамосвалов МАЗ-525 в момент их встречи при двухпутном движении.

Время, теряемое при каждой встрече за счет снижения скорости автосамосвалов, определяется разностью времени, необходимого для прохождения участка автодороги с пониженной скоростью, и времени, затрачиваемого автосамосвалом на преодоление того же участка, но без снижения скорости, и может быть выражено формулой

$$T_n = T \left(1 - \frac{v_1}{v_2} \right), \quad (68)$$

где T_n — время, теряемое при встрече за счет снижения скорости порожним автосамосвалом, сек;

T — время прохождения участка встречи с пониженной скоростью, сек;

v_1 — нормальная скорость до и после встречи, км/час;

v_2 — пониженная скорость в момент встречи, км/час;

Экспериментально было установлено, что потери времени на одну встречу составляют в среднем 10—15 сек.

Наблюдения на автодорогах Сибавского, Учалинского и Соколовско-Сарбайского карьеров показали, что при установлении ширины проезжей части дороги должен также учитываться фактор неравномерности износа покрытия.

Большегрузные автосамосвалы в карьерных условиях при значительной интенсивности движения (20—50 машин в час) вынуждены двигаться по одной полосе дороги. В этом случае при прохождении тяжелых самосвалов по одному и тому же месту, вследствие периодического

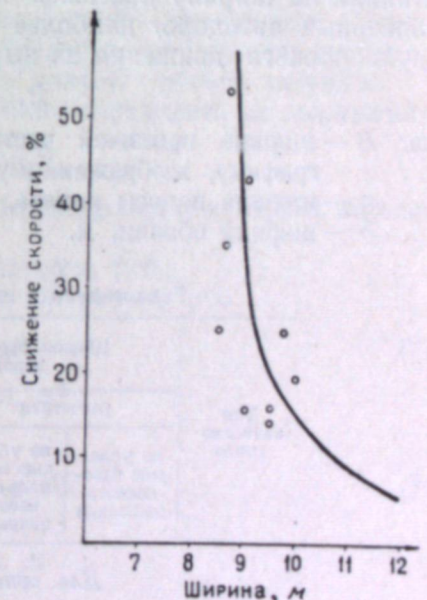


Рис. 26. Снижение скорости движения автосамосвалов МАЗ-525 в зависимости от ширины проезжей части автомобильных дорог.

приложения нагрузки происходит разрушение покрытия автодороги и начинают наблюдаться значительные деформации проезжей части (выбоины, колея). При значительной интенсивности движения (100 и более машин в час), характерной для крупных карьеров, деформациям подвергаются и более прочные покрытия за счет усталостных явлений, происходящих в них, особенно в случаях наличия в основании слабых грунтов.

Возникновению деформаций можно препятствовать увеличением ширины проезжей части дороги путем правильного выбора величины полосы наката. Равномерный и минимальный износ покрытия будет соответствовать полосе наката, равной по величине расстоянию между задними внутренними колесами автосамосвала, что составляет:

	м
Для однопослонного движения МАЗ-525	1,2
» » МАЗ-530	1,3
Для двухполосного движения МАЗ-525	2,4
» » МАЗ-530	2,6

Таким образом, величину ширины проезжей части дороги, определенную по табл. 31, следует увеличить на ширину полосы наката. Только в этом случае рекомендуемая ширина проезжей части (табл. 32) будет удовлетворять не только условиям безопасности движения, но и требованиям минимального равномерного износа покрытия карьерных автодорог. На основании рассмотренных выше факторов, оказывающих влияние на ширину проезжей части, ширина земляного полотна для карьерных автодорог наиболее правильно может быть определена для двухполосного движения из выражения

$$B_1 = B + 2b + 2n, \quad (69)$$

где B — ширина проезжей части автодороги, м, принимаемая согласно графику, изображенному на рис. 23 (табл. 31);

n — ширина полосы наката, м;

b — ширина обочин, м.

Таблица 32

Рекомендуемая ширина карьерных автодорог

Тип автосамо- свала	Ширина проезжей части дороги, м			Рекомендуемая ширина, м	
	расчетная		фактическая	проезжей части автодороги	автодороги (общая)
	по усло- вию безо- пасного движения	по усло- вию мини- мального износа покрытия			
Для однопослонного движения					
МАЗ-525	4,4	5,6	4,5—5,0	5,5	7,5
МАЗ-530	5,0	6,3		6,0	8,0
Для двухполосного движения					
МАЗ-525	8,8	11,2	9,0—12,0	11,0	13,0—15,0
МАЗ-530	9,9	12,5		12,0	14,0—16,0

Примечание: В графе рекомендуемой ширины двухполосных карьерных автодорог большие значения относятся к магистральным, главным автодорогам с длительным периодом существования. При коротком сроке службы и дорогах временного характера можно пользоваться меньшими значениями.

Произведенные расчеты ширины автодорог в карьерах для средних условий позволяют сравнить полученную расчетную ширину автодороги с фактической (табл. 32).

С увеличением глубины карьеров и снижением интенсивности движения ширина главных автодорог может уменьшаться на 10—15%.

Практика работы Сибавевского и Блявинского карьеров показала целесообразность значительного уширения временных автодорог на отвалах и в забоях до 15—20 м, благодаря чему обеспечивается безопасность движения, удлиняется срок их службы при незначительном увеличении затрат на их устройство и содержание.

Уширение дорог особенно необходимо при устройстве съездов, подверженных снежным заносам, так как:

а) на главных съездах, имеющих ограниченную ширину, отсутствует возможность размещения снега;

б) больше всего накапливается снега на въездной части съезда, где он распространяется на глубину 30—40 м от поверхности;

в) при достаточной ширине съезда имеется возможность отгрести снег к обочинам и кюветам без уменьшения ширины проезжей части дороги, и лишь в необходимых случаях вывозить его.

Однако всякое увеличение ширины проезжей части автодороги в карьерных условиях ведет к уширению транспортных берм, что в свою очередь вызывает увеличение затрат на горнокапитальные работы, на строительство и эксплуатацию автодорог. В то же время увеличение скорости движения автосамосвалов за счет уширения автодорог позволяет повысить производительность карьерного транспорта. Поэтому установление экономически целесообразного значения ширины проезжей части внутрикарьерных автодорог является весьма важным.

Затраты на уширение автодороги можно определить из выражения:

$$S_0 = (S_b + S_k) + S_c, \quad (70)$$

где S_b — затраты на дополнительный объем вскрыши в контурах карьера, руб.;

S_k — затраты на строительство автодороги, руб.;

S_c — затраты на годовое содержание автодороги, руб.

$$S_b = v_{\text{доп}} \cdot c, \quad (71)$$

где $v_{\text{доп}}$ — дополнительный объем вскрыши, м³

c — стоимость 1 м³ вскрыши, руб.

$$v_{\text{доп}} = \frac{b' \cdot H^2}{2 \cdot i} \cdot k_t \quad [113], \quad (72)$$

где b' — величина уширения автодороги, м

H — глубина карьера, м;

k_t — коэффициент развития трассы автодороги;

i — уклон автодороги.

Так, по данным Сибавевского карьера, суммарные удельные капитальные затраты на уширение 1 м отрезка дороги длиной 1 км с уклоном 7% составляет:

при $H = 100$ м — 30,46 тыс. руб.

при $H = 200$ м — 59,86 тыс. руб.

В том числе на дополнительный объем вскрыши соответственно 29,3 и 58,7 тыс. руб., на строительство дороги с щебеночным покрытием 0,75 тыс. руб., а годовые затраты на содержание такого участка будут

равны 0,41 тыс. руб. Как было установлено выше, при двухполосном движении и недостаточной ширине проезжей части автодороги порожние автосамосвалы при встрече вынуждены снижать скорость, а затем снова ее набирать. Потери времени при каждой встрече порожнего автосамосвала с груженым в среднем составляют 15 сек. Количество встреч в зависимости от интенсивности движения автосамосвалов:

$$N = I(I - 1) \approx I^2 \text{ встреч/час,} \quad (73)$$

где I — интенсивность движения, автомашин/час.

Автосамосвал в течение суток находится в работе

$$T_p = T_{см} \cdot n \cdot k_n \text{ час} \quad (74)$$

где $T_{см}$ — продолжительность смены, час;

n — количество рабочих смен в сутки;

k_n — коэффициент использования автосамосвала в течение смены (по данным Сибавеского карьера $k_n = 0,8$).

При этом каждый автосамосвал находится в движении в течение суток

$$T_{дв} = T_p \cdot k_{ц} \text{ час,} \quad (75)$$

где $k_{ц}$ — коэффициент использования цикла автосамосвала ($k_{ц} = 0,85$) или «фактор движения».

Определив количество встреч автосамосвалов, при ширине проезжей части автодороги равной 8 м, в течение года, по формулам (73—75) можем найти потери времени, выраженные в машино-часах.

Срок окупаемости уширения проезжей части автодорог определяется отношением величины затрат, расходуемых на уширение (S_0) к затратам, связанным с потерей времени на встречи (S_n):

$$t = \frac{S_0}{S_n}, \text{ лет.} \quad (76)$$

Расходы, связанные с уширением автодорог в карьерах на 1 м при интенсивности движения более 20 автосамосвалов в час, оказываются экономически оправданными (срок окупаемости расходов на уширение составит менее 1 года) [98].

Уширение проезжей части магистральных автодорог на 4 м, согласно рекомендуемой методологии расчета, против общепринятой ширины, равной 9 м, также экономически целесообразно при интенсивности движения более 20 автосамосвалов в час, так как при этом срок окупаемости уширения проезжей части составляет менее 5 лет.

Обобщая изложенное, следует отметить:

1. В зарубежной практике и на некоторых отечественных карьерах, применяющих автомобильный транспорт, в последние годы наметилась тенденция к уширению величины проезжей части автодорог против норм, существующих для автотранспорта общего пользования, в связи с увеличением грузоподъемности и технической скорости движения автомобильных агрегатов.

2. Существующие методы расчета ширины проезжей части карьерных автодорог, используемые при их проектировании, недостаточно учитывают специфику условий движения большегрузных автосамосвалов на уклонах со значительными скоростями, интенсивность движения и эксплуатацию дорог и транспорта в различных метеорологических условиях.

3. Предлагаемая методология для определения оптимальной ширины автомобильных дорог позволяет при расчетах учитывать габаритные

размеры автомобилей, безопасную скорость движения при любых метеорологических условиях и минимальный износ покрытия автодороги.

4. Экспериментальные исследования и экономические расчеты показывают целесообразность уширения карьерных дорог против существующих норм для дорог общего пользования. Экономически оправданные пределы уширения проезжей части карьерной дороги зависят от интенсивности движения автосамосвалов и потерь времени на их встречи.

4. Типы покрытий главных откаточных дорог и их выбор

Выбор типа материала и конструкций покрытия автомобильных дорог производится с учетом следующих данных:

- а) назначения дороги;
- б) срока эксплуатации дороги;
- в) типа подвижного состава и интенсивности движения;
- г) особенностей грунтового основания дороги и его водного режима;
- д) наличия местных дорожностроительных материалов;
- е) климатических условий района;
- ж) возможности стадийного (постепенного) усиления покрытия в связи с перспективой увеличения интенсивности движения;
- з) возможности применения передового индустриального метода строительства, обеспечивающего поточный способ производства;
- и) наличия механизмов;
- к) технико-экономических показателей.

При решении вопросов о конструкции покрытия необходимо проверить возможность использования местных строительных материалов как естественного происхождения (песок, глина, гравий, щебень, известняк, песчаник и т. д.), так и искусственного (отходы обогащательных фабрик, отсортированные породы вскрыши и т. д.), поскольку в зависимости от рационального использования этих материалов в значительной степени зависит стоимость строительства дорог. Окончательный выбор типа покрытия производится после сравнения основных технико-экономических показателей двух конкурирующих покрытий дорог.

Типы покрытий, в соответствии с которыми устанавливаются конструкции дорожных одежд, можно подразделить на следующие группы:

- а) покрытия усовершенствованные, капитального и облегченного типа;
- б) покрытия переходного типа;
- в) покрытия простейшего типа.

Строительство автомобильных дорог с усовершенствованными покрытиями обходится во много раз дороже, чем с покрытиями простейшего типа, но затраты на текущие и средние ремонты и на содержание дорог при простейших покрытиях значительно больше. Исследования показывают, что чем совершеннее типы покрытий, тем меньше переменные расходы на топливо, смазку, ремонт автомобилей и покрышек и тем выше скорости движения.

Типы покрытий автомобильных дорог приведены в табл. 33. При принятом подвижном составе и интенсивности движения важное значение имеет срок службы дороги. Примерный срок службы покрытий автомобильных дорог на карьерах приводится в табл. 34.

Относительные удельные показатели расходов при различных типах дорожных покрытий представлены в табл. 35 [2].

Относительная экономичность дорожных покрытий автомобильных дорог в карьерах представлена в табл. 36.

Таблица 33

Типы покрытий автомобильных дорог и интенсивность движения

Типы покрытий дорог	Интенсивность движения, число автомобилей в сутки	Работоспособность дорог между капитальными ремонтами, тыс. автомобилей	Скорость движения, км/час	Допустимая грузоподъемность автосамосвалов, т	Общий вес перевозок горючей массы, млн. т
<i>Постоянные капитальные дороги с усовершенствованным покрытием</i>					
Цементно-бетонное . . .	Свыше 3000	До 3500	До 100	25—50 и более	10 и более
Железобетонное инвентарное	» 3000	» 3500	До 100	25—50	10 и более
Асфальтобетонное	» 3000	» 2500	До 100	25—35	10 и более

Постоянные дороги с облегченным усовершенствованным покрытием

Холодноасфальтобетонное	1000—1500	До 600	До 80	От 10—25, со специальной проверкой расчетами	До 10—15
Черное, щебеночное, гравийное					
а) с пропиткой . . .	1000—1500	До 600	До 80	То же	До 10—15
а) смешанное по дороге	800—1000	До 600	До 80	От 10—25, со специальной проверкой расчетами	До 10—15
в) смешанное в установке	1000—2000	До 600	До 80	От 10—25, со специальной проверкой расчетами	До 10—15
Щебеночное, гравийное с поверхностной обработкой	До 1000	До 400	До 70—80	От 10—25, со специальной проверкой расчетами	До 10—15

Постоянные и временные дороги

Грунтовое, обработанное по способу смешения . . .	До 600	До 400—300	До 70—80	От 10—25, со специальной проверкой расчетами	До 2—5
Грунтовое с поверхностной обработкой дегтями . . .	До 500	До 400—300	До 70—80	То же	До 2—5
Щебеночное, гравийное и шлаковое	До 400	До 300	До 60	До 10—25, со специальной проверкой расчетами	До 2—5 и более
Гравийное	До 500	До 200	До 50	То же	Менее 1,5—2
Бульжное мощное	До 1000	До 1000	До 40	»	До 2—5 и более

Временные дороги простейшего типа

Грунтовое, улучшенное скелетными добавками . . .	До 300	До 175	До 40	Преимущественно до 5—10	Менее 1
Грунтовое, улучшенное песчаноглинистыми добавками	До 100	До 125	До 25	То же	Менее 0,5—1

Таблица 34

Примерный срок службы покрытий автомобильных дорог на карьерах (в годах) [81]

Тип покрытий	МАЗ-525			ЯАЗ-210Е		
	Суточная интенсивность движения машин					
	200	500	1000	200	500	1000
Черное щебеночное шоссе	2,5	—	—	5,6	2,3	2,0
Мостовая из булыжного или коло- того камня	3,4	—	—	7—8	4—5	2—2,5
Асфальтобетон на булыжной мосто- вой	6—7	3—4	2,5	14—15	7—8	4—5
Асфальтобетон на бетонном осно- вании	11—12	5—6	3—4	20—22	12—13	6—8
Цементно-бетонные покрытия с по- верхностной обработкой	20—22	10—11	5—6	30—35	20—22	12—13

Таблица 35

Удельные показатели расходов при различных типах дорожных покрытий

Тип покрытия	Технические скорости	Расход горючего	Расход резины	Расход на ремонт автомобиля	Стоимость автомобильных перевозок
Бетонное	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Черное щебеночное	0,75	1,05	1,15	1,10	1,1—1,3
Щебеночное и гравийное	0,75	1,10	1,25	1,20	1,2—1,6
Бульжная мостовая	0,65	1,30	1,80	1,60	1,4—1,8
Грунтовая дорога	0,40	1,70	2,10	2,00	1,7—2,0

Таблица 36

Относительная экономичность дорожных покрытий автомобильных дорог в карьерах

Тип покрытия	Относительная стоимость строительства	Относительная стоимость текущего ремонта
Бетонное	1,0	1
Черное щебеночное	0,75—0,80	8
Щебеночное	0,35—0,60	20
Гравийное	0,20—0,40	40
Бульжное	0,60—0,80	6
Грунтовое улучшенное	0,05—0,10	40—50

Данные о расходах строительных материалов на 1 км дорожных покрытий приведены в табл. 37.

5. Оценка дорог со щебеночным покрытием и методы их усовершенствования в условиях карьеров

Наши исследования и опыт эксплуатации автомобильных дорог на отечественных и зарубежных карьерах показывают, что при использо-

Таблица 37

Расход строительных материалов на 1 км дорожных покрытий
карьерных дорог (ориентировочно)

Покрытие	Камень, м³	Щебень, м³	Гравий, м³	Песок, м³	Запол- нитель, т	Битум, т	Цемент, т
Гравийное	—	—	1200	—	—	—	—
Мостовая из булыжного камня	1400	30	—	1800	—	—	—
Белое шоссе (щебеночное)	170	2000	—	1700	—	—	—
Черное гравийное	—	—	1200	—	—	50	—
Асфальтобетон на щебе- ночном основании	—	500	—	200	100	85	—
Бетон	—	1200	—	1000	—	2	400

вании автомобилей-самосвалов грузоподъемностью до 25 т (нагрузка на ось 23—25 т) и интенсивности движения до 2500—3000 автомобилей в сутки при наличии в основании плотных, крепких, непереувлажненных грунтов вполне удовлетворяют дороги со щебеночным покрытием.

Щебеночные покрытия устраивают в один или два слоя, обычно на песчаном основании; песчаное основание устанавливается при земляном полотне из песчаных и супесчаных грунтов толщиной 5—10 см, а при земляном полотне из суглинистых грунтов 15—25 см. Дренарующий песчаный слой под каменное основание принимается на 5—10 см меньше.

При двухслойной дороге нижний слой делается из щебенки 50—80 мм в поперечнике, а для верхнего покрытия применяется щебень 25—50 мм.

В некоторых случаях при большом движении щебеночные дороги устраивают на каменном основании (пакеляж).

Для укрепления верхнего слоя щебня производят уплотнение его укаткой с поливкой водой и заполнением (расклиновкой) пустот между щебнем клинцом и каменной мелочью (5—12 мм).

Количество заполняющего материала ориентировочно должно составлять 15—20% от объема верхнего слоя щебня.

На карьерах США для устройства дорог преимущественное распространение получил щебень известняковых пород, песчаников и горелого глинистого сланца. Наиболее часто встречаются дороги с покрытиями из известнякового щебня.

На угольных карьерах штатов Пенсильвания, Кентукки, Иллинойс и Индиана, где автомобильный транспорт является основным видом транспорта, обычно строят двухслойные покрытия. Нижний слой делается из щебня 50—100 мм в поперечнике, а для покрывающего слоя применяется щебень 25—50 мм.

Заполняющим материалом при укатке щебеночного покрытия служат расклиновка и мелкие высевки. Нижний слой имеет толщину 0,2—0,6 м, а верхний 0,15—0,35 м. Щебень, как правило, фракционированный, более твердый для верхнего слоя и более мягкий для нижнего.

На рудных карьерах штата Миннесота (США) щебеночные дороги обычно однослойные, с толщиной покрытия, укладываемого на прочном основании, до 40—50 см.

С поверхности слой щебня покрывается мелкодробленой кристаллической породой. Как на угольных, так и на рудных карьерах дороги строятся с послойной укаткой и поливкой.

Характеристика покрытий автомобильных дорог на зарубежных карьерах приводится в табл. 38.

Таблица 38

Характеристика покрытий автомобильных дорог на зарубежных карьерах

Карьер	Местоположе- ние карьера	Транспорти- руемое полезное ископаемое	Грузоподъем- ность автомо- бильных агре- гатов, т	Протяжен- ность дороги, км	Тип покрытия
Тарамана	Шт. Огайо, США	Уголь	12	3,2	Укатанное из местных скаль- ных пород вскрыши
Эндерби- Уоррен	Шт. Аризо- на, США	Гранито- порфир	10 и 15	0,4	Щебеночное асфальтирован- ное
Вест-Хилл	Шт. Минне- сота, США	Железная руда	24	24	Щебеночное из мелких фрак- ций, хорошо укатанное
Иллинойс	Шт. Илли- нойс, США	Уголь	50—80	5,0	Двухслойное щебеночное, об- работанное вяжущими
Холл-Раст	Шт. Минне- сота, США	Железная руда	22—35,45	2,0	Гравийное и бетонное с ас- фальтовым покрытием
Британо-Ка- надские рудники	Канада	Асбест	22	2,1	Укатанное щебеночное по- крытие
Тунстед Болт	Англия	Известняк	30 и 50	3,0	Бетонное без асфальта
	Шт. Запад- ная Вирги- ния, США	Уголь	60	4,0	Двухслойное щебеночное на основании из крупного па- келяжного камня
Ривер-Кинг	Шт. Илли- нойс, США	Уголь	55	8,0	Двухслойное из известняко- вого щебня на слое круп- нокусовой скальной по- роды
Беркли	Шт. Монта- на, США	Медная руда	34	4,0	Грунт, смешанный с лигнин- сульфитным раствором, покрытый сверху асфаль- том

На отечественных карьерах наиболее распространенными являются также щебеночные дороги, однако в большинстве случаев строительство выполняется без соблюдения основных технических условий, при этом [84]:

а) плохо готовят основания и не выполняют дренажные работы и водоотвод от основания дороги;

б) используют нефракционный щебень без его послойной укатки специальными укаточными средствами и без полива;

в) не заполняют поверхностное покрытие расклиновочным материалом и не посыпают его каменной мелочью и не укатывают.

На Сибавском меднорудном карьере, использующем большегрузные (25 т) автосамосвалы МАЗ-525, главная магистральная дорога была построена на спланированном бульдозером и профилированном грейдером основании [48]. Нижний слой толщиной 40—50 см был выполнен из скальных вскрышных пород с крупностью кусков до 250—300 мм. Верхние 25—30 см покрытия состояли из мелкого щебня крупностью до 50 мм. Укладка щебня производилась с поливом и укаткой движущимися по дороге автосамосвалами. Дорога с незначительными ямочными ремонтами и профилированием грейдером в весеннее и осеннее время служит на протяжении 5 лет, пропуская в сутки до 4000 самосвалов. На Блявинском меднорудном карьере при эксплуатации автосамосвалов ЯАЗ-222 строительство щебеночных дорог производится из разрушенных и выветрившихся диабазов с толщиной слоя покрытия 35—40 см. Распад и размокание щебенки диабаз в ве-

сеннее и осеннее время вынуждают удалять с дороги верхний слой покрытия, заменяя его россыпью свежего щебня и одновременно укатывая его автосамосвалами. На Уфалейском никелевом руднике, эксплуатирующем автосамосвалы МАЗ-205 и ЯАЗ-222, для строительства дорог используется горная порода — серпентинит. Толщина покрытия 60—70 см.

Невыполнение основных технических правил при строительстве дорог приводит к быстрому ухудшению их состояния, необходимости снижения скоростей движущегося по ним автотранспорта, а следовательно, к снижению его производительности и ускорению износа автомобилей. Кроме несоблюдения технических условий при строительстве автодорог нередко не производят расчетов толщины дорожных покрытий. Расчетами должен устанавливаться фактический эквивалентный модуль деформации [75, 72], который, как известно, характеризует фактическую прочность дорожной одежды E_f . Зная по условиям движения и типу покрытия требуемый эквивалентный модуль деформации $E_{тр}$ (табл. 39) можно определить фактический запас прочности одежды.

Таблица 39

Требуемый модуль деформации для карьерных щебеночных дорог, $кг/см^2$

Марка автосамосвала	Интенсивность движения автомобилей в сутки	Ширина дорожного покрытия, м				
		4,5	5,5—6	6,5—7	9—10	12—14
ЯАЗ-222	2500	550	520	510	500	490
»	5000	590	570	550	540	530
МАЗ-525	2500	500	490	470	460	450
»	5000	540	520	500	490	480

Расчеты, произведенные по методике «СоюздорНИИ», показывают, что толщина дорожного покрытия при большегрузных автосамосвалах и многократных воздействиях больших движущихся нагрузок в решающей степени зависит от прочности щебня и удельной нагрузки на покрытие.

Как правило, при строительстве дорог на карьерах не уделяется также должного внимания основанию дорожного покрытия. Несущая способность щебеночных покрытий непостоянна и зависит от влажности породы основания. Как видно из рис. 27, толщина покрытий резко изменяется в зависимости от модуля деформации породы основания. Необходимо отметить, что модуль деформации одной и той же породы может многократно изменяться в течение года в соответствии с изменением влажности и степени уплотнения породы основания, что весьма характерно для карьерных условий. При строительстве важно знать возможные интервалы значений модуля деформации и ориентироваться на возможный худший случай.

Толщина слоя щебеночного покрытия и расход щебня в зависимости от его прочности приводятся на рис. 28.

В целях укрепления покрытия от быстрого разрушения, создания гладкой поверхности, уменьшения пылеобразования и повышения водонепроницаемости за последнее время широко применяют обработку и пропитку щебня жидкими вяжущими битумами, каменноугольными

дегтями, нефтяным маслом, хлористым кальцием и другими веществами. Пропитка производится на толщину слоя покрытия до 8 см.

Так, на одном из меднорудных карьеров района Таксана (США) [121, 128] главная откаточная дорога длиной 3,5 мили соединяла карьер с обогатительной фабрикой. Дорога имела уплотненное гравийное основание толщиной 300 мм, поверх которого был уложен слой щебня толщиной 60—70 мм фракции 25—50 мм, который пропитывал-

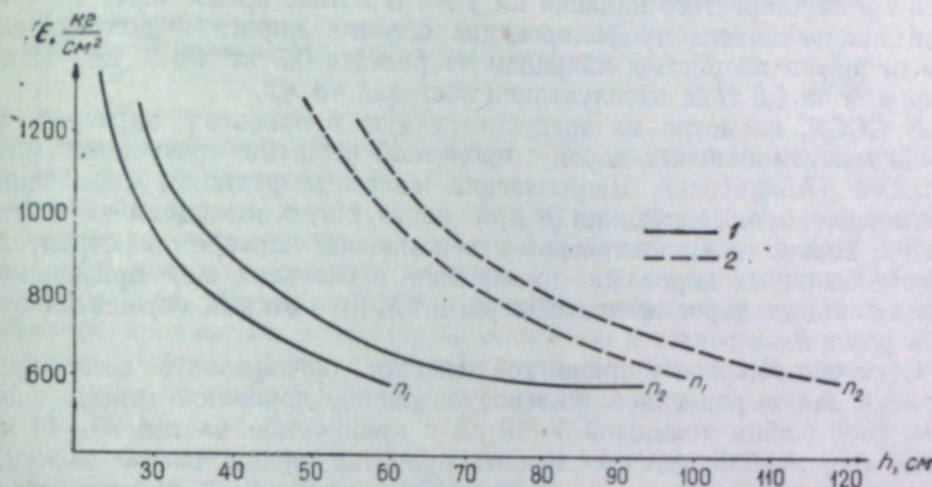


Рис. 27. Толщина щебеночного покрытия в зависимости от прочности основания для автосамосвалов МАЗ-525:

1 — модуль деформации основания $E_0 = 300$ $кг/см^2$; 2 — то же $E_0 = 150$ $кг/см^2$; n_1 — интенсивность движения 2500 автосамосвалов в сутки; n_2 — то же 5000 автосамосвалов в сутки.

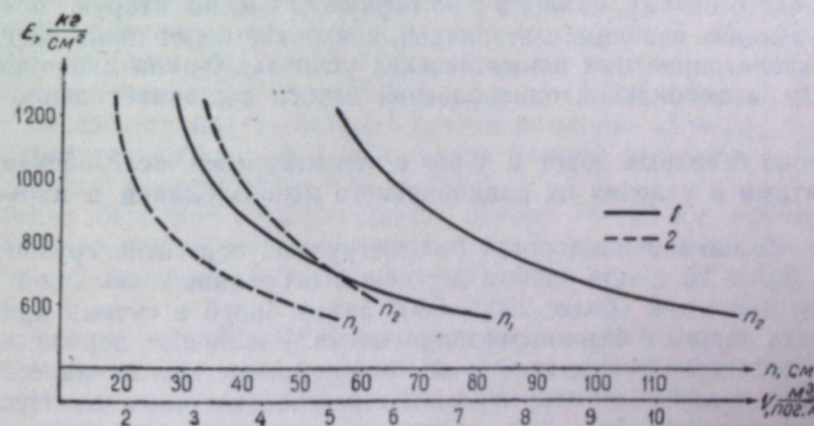


Рис. 28. Расход щебня и толщина покрытия в зависимости от его прочности: 1 — автосамосвал МАЗ-525; 2 — то же ЯАЗ-222; n_1 — интенсивность движения 2500 автосамосвалов в сутки; n_2 — то же 5000 автосамосвалов в сутки.

ся битумом и тщательно укатывался. По дороге транспортировалась руда в 50-тонных полуприцепах, имеющих нагрузку на ось 24—25 т, а также трехосными 36—39-тонными автосамосвалами. После перевозки 1,9 млн. т груза дорога находилась в хорошем состоянии и требовала лишь незначительного ямочного ремонта.

По данным других американских карьеров, такие дороги нуждаются в капитальных ремонтах через 2—3 года. Толщина возводимых щебеночных покрытий с поверхностной обработкой назначается с за-

пасом на износ 2—3 мм в год на каждые 500 автосамосвалов, проходящих по дороге в сутки. Расход вяжущих материалов при текущих ремонтах дорог составляет около 20 т на 1 км в год.

На угольных карьерах Ханна Коул главные откаточные дороги имеют щебеночные покрытия из мелкого известнякового щебня (крупностью до 30 мм) и крошки с пропиткой хлористым кальцием. Для стабилизации верхнего слоя покрытия (толщиной 150 мм) расходовалось 1,5 кг хлористого кальция на 1 м². В летнее время через 3—4 недели производилось профилирование полотна дороги и дополнительная пропитка хлористым кальцием из расчета 0,5 кг на 1 м². Износ покрытия за 1,5 года эксплуатации составил 48 мм.

В СССР, несмотря на предусмотренную в проектах карьеров постройку автомобильных дорог с пропиткой черными вяжущими материалами (Абаканский, Шерегешский железные рудники, Сибаяевский, Учалинские медные рудники и др.) почти нигде последние не применяются. Только на Балаклавском известняковом карьере при строительстве щебеночных дорог на протяжении нескольких лет применяется полив главных дорог жидким битумом (М-5), который осуществляется один раз в 2—3 года.

Постройку дороги с пропиткой следует организовать следующим образом. На выровненное скальное основание дорожной трассы насыпают слой щебня толщиной 5—10 см с крупностью частиц 25—40 мм, после чего необходимо произвести пропитку специальными вяжущими материалами. Затем насыпают щебень слоем 2—5 см крупностью от 5 до 15 мм и укатывают его 5-тонным катком (за 5—6 проходов). После этого необходимо вторично провести пропитку слоя общей толщиной около 10 см. О расходе битума можно судить из того, что на участке дороги длиной 200 м и шириной 8 м на пропитку расходуется 15 т жидкого битума, из них 9 т на первую и 6 т на вторую пропитку. Расход жидких вяжущих материалов, как показывают наши исследования, в неблагоприятных климатических условиях Урала для обработки 1 пог. м автомобильной однополосной дороги составляет около 60 кг.

6. Оценка бетонных дорог и дорог с инвентарными железобетонными плитами и условия их рационального использования в карьерах

При обращении на дорогах большегрузных агрегатов грузоподъемностью более 25 т, при слабом дорожном основании и большой интенсивности движения (более 2500—3000 автомобилей в сутки) приходится строить дороги с бетонными покрытиями. Различают дороги: с монолитным бетонным покрытием, со сплошным покрытием из железобетонных плит, с колежными покрытиями из железобетонных плит. Использование монолитных бетонных дорог нами рекомендуется при весьма больших грузооборотах, длительном сроке службы и автомобилях грузоподъемностью 40 т и более.

Бетонные дороги существуют на ряде карьеров за рубежом. Так, в Чехословакии на железорудном Эйповицком карьере, эксплуатирующем автосамосвалы МАЗ-525, на отвал пустых пород недавно построена бетонная автодорога шириной 8 м [53]. Дорога в основании имеет пакеляж из камня крупностью до 150 мм (слой 200—250 мм), покрытый щебнем крупностью 15—25 мм (толщина слоя 30 см), тщательно укатанным. На щебень уложен бетон слоем 150 мм в виде плит 3,5×3,5 м и температурными швами между ними. На ряде известняковых карьеров Чехословакии по проектам предполагается строить дороги с покрытием из брусчатки 10×10 см, но с укладкой ее вместо паке-

ляжного камня на бетон (толщиной 15 см), покоящийся на выровненной песком (слой 15—25 см) поверхности. Стоимость 1 км дороги определяется в 0,9—1,1 млн. крон. Предполагается, что такая дорога оправдывает себя в течение 4 лет. В Чехословакии считают, что такие бетонные мощеные дороги экономичнее гравийных из-за меньших расходов на ремонт и уход, что видно из следующих цифр:

	Бетонная	Гравийная
Строительные расходы на 1 км дороги, крон . . .	1171,20	694,40
Затраты на ремонт и уход на 1 км дороги в месяц, крон	1,12	16,50

В эти данные не включена экономия автопокрышек и экономия по ремонту автомобильного парка.

Бетонные дороги отличаются гладкостью, обеспечивают интенсивное движение автомобилей, длительное время сохраняют свои первоначальные эксплуатационные качества, нуждаются в незначительном ремонте и уходе. Кроме этого, они отличаются небольшим износом поверхности, прочностью, водонепроницаемостью и отсутствием пыли. Бетонные покрытия в условиях карьеров оправдывают себя на магистральных дорогах и главных выездах из карьеров с длительным сроком службы (более 5—8 лет).

Для изготовления дорожного бетона следует применять высококачественные портландцементы, чтобы обеспечить в однослойных и верхних слоях двухслойных одежд прочность бетона порядка 330—400 кг/см².

Ориентировочный расход цемента составляет при этом для верхнего слоя 300—350 кг/м³ бетона, а для нижнего 250—270 кг/м³. Крупность щебня для однослойных одежд необходимо принимать не более 50 мм в поперечнике, а для верхнего слоя двухслойной одежды — не более 25 мм. Бетонные одежды обычно имеют вид плит, отделенных друг от друга температурными швами определенной ширины. В зависимости от свойств подстилающего грунта бетонные одежды устраивают непосредственно на грунте или подстилающем песчаном слое, толщина которого принимается от 5 до 20 см.

Толщина бетонной одежды обычно бывает 18—20 см, причем толщину нижнего слоя бетона при двухслойной одежде следует принимать равной половине общей конструктивной толщины одежды, но не меньше 6 см.

Недостатком монолитных бетонных дорог является:

- возможность строительства их только в летний период года;
- необходимость организации на месте строительства энергоснабжения и водоснабжения;
- возможность открытия движения не ранее как через 10 дней после укладки бетона и потребность в специальном уходе в период набора прочности бетона (поливка, укрытие);
- необходимость для удешевления строительства применения специальных дорожно-строительных машин, которые после постройки дороги становятся ненужными для карьера.

Инвентарные железобетонные плиты обладают высокой прочностью и надежностью в эксплуатации. На них можно прокладывать дорогу в любое время года, при любом состоянии грунтов и сразу же открывать по ней движение, что является важным их преимуществом для карьеров. Особенно целесообразно использование сборно-разборных железобетонных покрытий при устройстве скользящих съездов и выез-

дов из карьера и заездов на отвалы, где устройство постоянной бетонной дороги редко себя оправдывает. Процесс изготовления и укладки плит может быть полностью механизирован.

Сборно-разборные железобетонные покрытия в зависимости от назначения и условий службы бывают двух типов:

- а) со сплошным покрытием на всю ширину проезжей части;
- б) с покрытием колеиного типа в виде параллельных полос колесопроводов, укладываемых в местах прохода колес автомобилей.

Применение дорог со сплошным покрытием целесообразно в условиях высокоинтенсивного встречного и двухполосного движения автомобилей большой грузоподъемности.

Дороги с колеиным покрытием наиболее применимы в тех случаях, когда автомобильное движение является поточным строго в одном направлении (кольцевая откатка) или в двух направлениях с разъездами (при небольшой интенсивности).

В Советском Союзе дороги с бетонным монолитным покрытием на карьерах не строились. Сборные железобетонные покрытия на карьерных автодорогах стали применяться также сравнительно недавно.

За последние годы дороги с покрытиями из железобетонных плит были построены, например, на Соколовском карьере Соколовско-Сарбайского комбината, на Лебединском карьере Курской магнитной аномалии, на карьере Гайского горнообогатительного комбината, ЦГОКе Криворожского бассейна. Все дороги строились со сплошными покрытиями. На Соколовском и Гайском карьерах были использованы решетчатые плиты (рис. 29).

Характеристика конструкций дорог этих карьеров приведена в табл. 40.

Таблица 40

Характеристика конструкций дорог с покрытием из железобетонных плит на отечественных карьерах

Наименование карьера	Ширина проезжей части покрытия, м	Конструкция плит	Размеры плит, мм			Вес плиты, кг	Марка бетона, кг/см ³	Основание, мм	
			L	B	H			размер материала основания	толщина слоя основания
Соколовский	7,2	Решетчатая	3000	1200	200	1300	200—250	Горная масса	100—150
Лебединский	12,0	Сплошная	2400	1500	180	—	300—350	Песок и щебень 30—40	250—300
Гайский	9,0	Решетчатая	3000	1500	220	1800	300	Песок 1—10	160—180

Автомобильная дорога с покрытием из решетчатых плит на Соколовском карьере эксплуатировалась в 1957—1958 гг. и служила для вывозки вскрышных пород на отвал. Дорога строилась на глинистом основании, без необходимой подготовки его путем уплотнения и укладки распределительного слоя из песка, гравия или щебня. Плиты изготовлены были в полигонных условиях на открытой площадке из бетона М-200 и М-250. Укладка плит производилась без тщательного выравнивания подстилающего слоя. Все это привело к тому, что плиты быстро разрушились и дорога вышла из строя.

Значительно более качественно построена автомобильная дорога на Лебединском карьере. Дорога предназначена для вывозки из карьера железной руды на дробильнообогатительную фабрику автосамосвалами МАЗ-525. Длина ее около 1,2 км, максимальные уклоны 7—8%. Дорога построена на хорошо подготовленном, выровненном основании, покрытом 20 см слоем мелкого щебня. Сплошные прямоугольные плиты из высокомарочного бетона уложены в шахматном порядке (8 плит по ширине проезжей части дороги).

В феврале—мае 1960 г. была построена автомобильная дорога из решетчатых железобетонных плит на Гайском меднорудном карьере. Дорога представляет главный выезд из карьера на отвалы пустых пород и предназначена для движения автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530. Длина автодороги 1100 м, максимальный уклон (на участке длиной 150—200 м) 7—8%, ширина проезжей части дороги 9 м (6 плит по ширине).

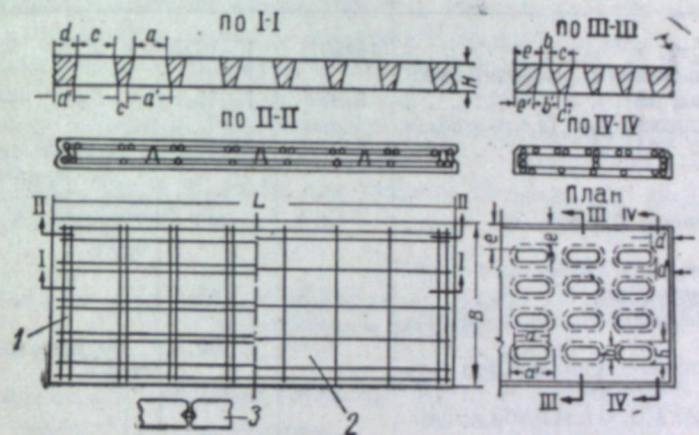


Рис. 29. Инвентарные железобетонные решетчатые плиты для покрытия карьерных автомобильных дорог:

1 — верхняя сетка арматуры; 2 — нижняя сетка арматуры; 3 — деталь стыка.

Тщательно подготовленное основание, высокое качество плит, изготовленных в заводских условиях, и их хорошая укладка позволили создать прочное дорожное покрытие, надежность которого проверена исследованиями, проведенными в течение истекшего года.

Строительные работы при сооружении автодороги включали следующие производственные процессы:

1) устройство земляного полотна дороги строительным экскаватором с ковшом емкостью 0,5 м³; вынимаемый грунт транспортировался автосамосвалами ЗИЛ-585 и МАЗ-205 на расстояние до 1 км; объем земляных работ на 1 м² проезжей части дороги составил 0,65 м³;

2) планирование и профилирование земляного полотна, формирование и выравнивание откосов насыпей и выемок бульдозером Д-271 и автогрейдером Д-144;

3) подвозка автосамосвалами песка и гранулированного шлака, укладка их слоем 18—20 см и разравнивание по поверхности подготовленного основания автогрейдером;

4) укатка подстилающего слоя легкими (пятитонными) самоходными катками с поливкой водой;

5) укладка плит на подстилающий слой с помощью автомобильного крана К-51, подгонка и выравнивание их ломами в процессе укладки

(плиты от железнодорожной станции подвозились автосамосвалами ЗИЛ-585);

6) соединение уложенных в покрытие плит путем забивки деревянных квадратных брусков размером 60×60 мм в полость, образованную треугольными желобками в торцовых гранях плит;

7) засыпка отверстий решетки плит песком и шлаком с тщательной утрамбовкой;

8) выполнение отделочных работ, включающее устройство обочин, кюветов с использованием автогрейдера, катков и других механизмов.

Таблица 41

Объем работ и стоимость строительства дороги длиной 1100 м на Гайском карьере

Наименование работ на строительстве автодороги	Объемы работ	Затраты, руб.	Примечание
Земляные работы, м ³	18450	15816,1	—
Подготовка основания и укладка подстилающего слоя, м ³	3736	17345,1	—
Доставка и укладка плит (с накладными расходами 20,3%), м ³	2207,6	179878,0	Включая стоимость плит и их транспортировки с завода по ж. д.
Забивка деревянных брусков, м ³	4,8	393,1	Включая стоимость брусков
Земляные работы по искусственным сооружениям вручную, м ³	42,8	85,4	—
Устройство щебеночного основания под трубы, м	6,6	61,3	Включая стоимость щебня
Устройство бетонного основания под трубопроводы и оголовки, м ³	30,5	245,8	—
Железобетонные фланцевые трубы длиной 1 м с поясковыми стыками, км	16,0	425,0	—
Всего	—	214249,8	—

Строительство автомобильной дороги из решетчатых плит на Гайском карьере продолжалось в течение 2,5 месяцев. В месяц укладывалось до 500 пог. м покрытия, или около 1000 плит.

Средняя производительность за смену составляла 150 м² покрытия. Выполненные объемы работ и стоимость строительства дороги длиной 1100 м представлены в табл. 41.

Высокая стоимость 1 км автомобильной дороги (около 200 тыс. руб.) объясняется:

- а) большой стоимостью плит (цена 1 плиты 65,6 руб.),
- б) дальним расстоянием транспортирования плит по железной дороге (свыше 900 км),
- в) неудовлетворительной организацией работ на строительстве дороги и недостатком опыта по сооружению сборных железобетонных покрытий.

В дальнейшем предполагается изготовление плит на местном заводе железобетонных изделий, что позволит снизить их стоимость на 25—30%, а с учетом улучшения организации работ на строительстве стоимость 1 км дороги со сплошным покрытием из железобетонных решетчатых плит не будет превышать 130,0 тыс. руб.

При исследовании состояния покрытия в конце декабря 1960 г. нами были обнаружены следующие недостатки:

а) продольный прогиб участка дороги на длине 20—25 м (стрела прогиба 0,4 м), вследствие некачественного устройства дренажа в месте наличия слабых переувлажненных грунтов основания дороги;

б) просадки около полутора десятков плит по 2—3 см, вследствие плохого уплотнения подстилающего слоя;

в) разрушение поверхности нескольких плит с обнажением арматуры, вследствие малого защитного слоя бетона, прикрывающего верхние прутки арматуры (слой 20 мм, вместо необходимого в 40—50 мм).

Основные недостатки дороги были обнаружены в процессе эксплуатации в весенне-осеннее время года (в период затяжных дождей) и зимой (при мокром снеге и обледенении поверхности покрытия).

При мокром покрытии на участках с максимальными уклонами наблюдались случаи проскальзывания колес груженых автомобилей, имели место слабые явления «юза», заносы автомобилей на закруглениях и соскальзывание их с полотна дороги в сторону обочины.

При обледенении покрытия некоторые из этих явлений настолько усиливались, что вынуждали водителей съезжать с полотна дороги и двигаться по обочине. То же имело место при аналогичных атмосферных условиях и на Лебединском карьере. Это вынуждало применять посыпку покрытий дорог шлаком или мелким щебнем, что несколько снижало буксование автомобилей.

Таблица 42

Скорость движения автосамосвалов на дорогах с щебеночным и железобетонным покрытиями

Направление движения	Характеристика участка движения	Скорость, км/час	
		Дорога со щебеночным покрытием	Дорога со сплошным покрытием из железобетонных решетчатых плит
Грузовое	Подъем при выезде из карьера 7%	9—10	12—14
	Горизонтальный участок на поверхности	16—18	18—25
	Подъем при въезде на отвал 7—8%	8—10	12—13
Порожн-ковое	Спуск с отвала при уклоне 7—8%	15—16	20—25, в отдельных случаях до 35
	Горизонтальный участок по поверхности	18—20	25—30
	Спуск в карьер при уклоне 7%	12—14	20—22

Посыпка дороги кварцитовым мелким щебнем на Лебединском карьере действовала более эффективно, однако это сильно отражалось на износе шин.

Несмотря на указанные недостатки дорог с железобетонным покрытием, движение автосамосвалов даже при неблагоприятных атмосферных условиях совершается по ним на больших скоростях, чем на дорогах со щебеночным покрытием.

Нами были произведены экспериментальные замеры скоростей автосамосвалов МАЗ-525 на дорогах со щебеночным и бетонным покрытием, имеющих слабое обледенение. Установленные при этом скорости движения представлены в табл. 42.

Как видно из табл. 42, скорости на дорогах с железобетонными покрытиями на 25—30% больше, чем на дорогах со щебеночными покрытиями. Это важнейшее достоинство дорог с железобетонными покрытиями позволяет окупить капитальные затраты на строительство автодороги при интенсивности движения 2,5 тыс. автосамосвалов в сутки за 3 года, а при интенсивности движения 5 тыс. автомобилей за период около 1,5 лет. Если же учесть, что при дорогах с железобетонным покрытием

Таблица 43

Характеристика конструкций дорог со сплошным и колеиным железобетонным покрытием

Показатели	Сплошное железобетонное покрытие из плит системы Яковлева	Предлагаемое железобетонное колеиное покрытие из сборных плит
Ширина земляного полотна, м . . .	11,0	15,0
Ширина полос наката и обочин, м	1,0×2	1,7×2
Ширина проезжей части дороги, м	9,0	12,6
Поперечный уклон проезжей части, %	2	2
Максимальный продольный уклон, %	6—7	7—8
Радиусы закруглений, м	200	100
Толщина подстилающего слоя, (гравий, песок, щебень, шлак), см	15—25	15—25
Тип железобетонных решетчатых плит	IV	IV
Размеры плит, мм	3000×1500×220	
Марка бетона	4300—350	
Марка стали	Ст3 периодического профиля	
Расход материалов на 1 м ² плиты		
а) бетон, м ³	—	0,17
б) сталь, кг	—	15,4
Количество плит на 1 км	2000	1340
Стоимость плиты и ее укладки (при изготовлении на местном заводе), руб.	50,0	50,0
Стоимость плит и их укладки на 1 км дороги, тыс. руб.	100,0	67,0
Полная стоимость 1 км дороги, тыс. руб.	130,0	105,0
Стоимость 1 м ² автомобильной дороги, руб. коп.	11—82	7—50

по сравнению с щебеночными значительно снижаются расходы на ремонт и содержание, уменьшается износ автомобилей, шин и т. д., капитальные затраты окупятся в течение не более одного года. Однако при всем этом автомобильные карьерные автодороги со сплошными железобетонными покрытиями являются еще весьма дорогими. В целях снижения стоимости, а также уменьшения трудоемкости их строительства целесообразно более широкое использование колеиных железобетонных покрытий.

Колеиные железобетонные покрытия на рудных карьерах применяют еще редко. Некоторый опыт их эксплуатации накоплен на строительстве Куйбышевгидростроя, при земляных работах треста Уралсибэкскавация, в тресте Севэнергострой, Донбассэнергострой и др.

Учитывая недостатки эксплуатации сплошных железобетонных покрытий, а также опыт сооружения и эксплуатации колеиных автодо-

рог, нами разработана конструкция двухколейной дороги из сборных железобетонных плит для автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530. На этой дороге во избежание буксования колес в сырое время года, при налипании глины на полотно дороги и на шины, а также зимой в периоды обледенения представляется возможность осуществлять движение автосамосвалов с таким расчетом, чтобы одно колесо двигалось по межполосному пространству, а второе — по межколейному, или одно по межколейному, а второе по обочине. Для этого межполосное и межколейное пространства выполняются как щебеночные покрытия. Щебнем с хорошей укаткой покрываются также обочины. Это дает возможность автосамосвалам в случае буксования съезжать с плит и на особо крутых подъемах (где только и следует устраивать щебеночные заполнения) перемещаться по уплотненному щебню.

Характеристика конструкций дорог со сплошным и колеиным железобетонным покрытием дается в табл. 43.

Исследование описанных нами дорог со сплошными железобетонными покрытиями, а также изучение опыта эксплуатации дорог с колеиными покрытиями позволяет нам сделать некоторые выводы и рекомендации:

1. Наиболее дешевым и менее трудоемким из бетонных покрытий является тип колеиного покрытия из сборных решетчатых железобетонных плит, который при хорошо укатанном щебеночном заполнении межполосного и межколейных пространств может быть рекомендован как для постоянных (главных) с уширенным поперечным профилем, так и временных (забойных и отвальных) карьерных автодорог.

2. Максимальные уклоны дорог с железобетонными покрытиями при транспортировании скальных пород не должны превышать 7% (учитывая меньший коэффициент сцепления шин с покрытием, чем при щебеночных дорогах), а при транспортировании глинистых пород, вызывающих неизбежное загрязнение дороги, налипающим на шины и просыпающимся из кузовов материалом — не более 5,5—6%.

3. Поперечные уклоны железобетонного покрытия не должны быть более 1,5, уклоны обочин — до 4%.

4. Особое внимание должно быть обращено на очистку дорог от грязи и льда. Для очистки должны использоваться автогрейдеры, колесные на резиновом ходу бульдозеры (типа МАЗ-528) и на таком же ходу проволочные щетки для борьбы с обледенением, посыпка мелким песком и шлаком.

5. Для приготовления плит должен применяться морозостойкий бетон марки не ниже 300, щебень с сопротивлением сжатию не менее 800 кг/см² и износом в барабане Деваля 6—7%. Диаметр арматуры следует принимать 12—16 мм. Защитный слой бетона, покрывающий ее, должен быть не менее 50 мм.

6. Поверхности бетонных плит должна придаваться некоторая шероховатость. Плиты, изготовленные в металлических формах на заводах, быстро приобретают полированную, почти зеркальную поверхность, усиливающую скольжение.

7. Отверстия решетки в плитах должны заполняться песком с тщательной механической утрямкой его и заливкой сверху цементным раствором, во избежание заполнения их глиной, которая выволакивается колесами автомобилей и загрязняет дорогу.

8. Для обеспечения между стыками плит необходимого зазора в 1—1,5 см забиваемые деревянные бруски должны входить туго и иметь строго определенное сечение (обычно 60×60 мм). Стыковые швы следует заполнять песком и заливать цементным раствором или битумной мастикой.

9. Использование поперечных трапецидальных плит, обычно рекомендуемых для создания закруглений, как показывает практика, при радиусах более 50 м не вызывает необходимости.

10. Многократная оборачиваемость сборных плит в карьерах маловероятна ввиду трудности их извлечения и неизбежных при этом поломок.

Имеющийся опыт применения покрытий из железобетонных плит (на строительных площадках, лесозаготовках и т. д.) показывает, что они обеспечивают бесперебойное движение в любое время года, при этом скорость движения повышается в 1,2—1,3 раза, увеличиваются межремонтные пробеги автомобилей, сокращается их износ. Производительность автомобильного транспорта при покрытиях из железобетонных плит может быть увеличена почти в 1,5 раза, а стоимость перевозок снижена на 15—18% [118].

Покрытия из железобетонных плит весьма перспективны и представляют наиболее передовой индустриальный метод строительства автомобильных дорог в карьерах.

Таким образом, на основании сделанной оценки покрытий карьерных автодорог следует констатировать, что:

1. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог в карьерах имеет свои особенности, вызванные спецификой горнотехнических условий.

2. При работе в карьерах автомобилей средней грузоподъемности и при небольшой интенсивности движения удовлетворяют дороги со щебеночным покрытием.

3. В целях создания гладкой поверхности, уменьшения пылеобразования и повышения водонепроницаемости покрытий целесообразна поверхностная обработка их органическими вяжущими.

4. При работе в крупных карьерах большегрузных автомобилей и при слабых грунтах в основании главные, а местами и временные дороги целесообразно строить с бетонными монолитными или сборными инвентарными покрытиями в зависимости от конкретных условий эксплуатации.

Характеристика автомобильных дорог на отечественных карьерах по проектным и фактическим данным приведена в табл. 44 и 45.

7. Вопросы комплексной механизации дорожно-строительных работ, содержание дорог и рекомендуемые для этого комплекты машин

Строительство и содержание автомобильных дорог на отечественных карьерах механизировано весьма слабо.

Наиболее распространенным механизмом являются бульдозеры (типа Д-157, Д-272, Д-259, Д-275 и др.).

Бульдозеры работают на устройстве земляного полотна, проходке неглубоких выемок, устройстве скользящих съездов, расчистке дорожных трасс и площадок вокруг экскаваторов, разравнивании дорожно-строительных материалов, очистке дорог, на сталкивании под откос разгруженной на отвалах породы и т. д.

Несмотря на большое разнообразие выполняемых бульдозерами работ, большие возможности этого механизма полностью не используются.

Необходимо работающие на карьерах бульдозеры снабжать следующим навесным оборудованием:

а) уширителями (открылками) при работе на отвалах, что позволит увеличить производительность бульдозеров на 20—25%;

Таблица 44

Техническая характеристика главных откаточных дорог на карьерах (по проектным данным)

Показатели	Карьеры					
	Сибирский	Сорский	Учалинский	Абаканский	Баянск	
	Медная руда	Молибденовая руда	Медная руда	Железная руда	Медная руда	
Марка автосамосвалов	МАЗ-525	МАЗ-525	МАЗ-525, ЯАЗ-210Е	МАЗ-525	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е
Скорость движения по главным откаточным дорогам, км/час.	18	16—20	12—20	20—25	18—20	20—25
Среднее расстояние транспортирования, км.	2,2	1,85	8,2	2,3	1,4	1,5
Продольные уклоны автодорог (предельные), %	7	7—8	7	8—10	8	7
Радиусы закруглений, м	—	25—30	25—30	20	20—30	20—25
Ширина земляного полотна, м	12,0	11,5	11,0	10,5	9,5	10,5
Ширина проезжей части дороги, м	8,0	7,5	8,0	8,0	7,0	7,5
Ширина обочины, м	2,0	2,0	1,5	1,0—1,5	1,0—1,5	1,5
Поперечный уклон проезжей части, %	3,5	3	2	2	2—3	3—5
Характеристика основания	Скальный грунт	Крупный щебень 30—50 см, средний щебень 30 см, обработанный на 10 см черными вяжущими материалами	Суглинок и поруды	Крупнозернистый песок и суглинок	Суглинок	Скальная порода и глина
Дорожное покрытие	Крупный щебень 50—60 см, бетон 20 см	Крупный щебень 30—50 см, средний щебень 30 см, обработанный на 10 см черными вяжущими материалами	Пакляжный камень 15 см. Крупный щебень 5 см. Мелкий щебень, покрытый асфальтом 7 см.	Щебень крупный 14 см и средний 10 см. Щебень, пропитанный вяжущими, 7 см	Щебень крупный 22 см, средний 8 см	Крупный щебень 50 см, покрытый мелким, с поверхностями обработки вяжущими материалами

Техническая характеристика главных откаточных

Показатели	Карь					
	Медная руда			Свинцово-цинковая руда	Никелевая руда	Железная
	Сибав-ский	Учалин-ский	Блявин-ский	Алтын-Топкан-ский	Уфалей-ский	Соколов-ский
Марка автосамосвалов . . .	МАЗ-525 МАЗ-530	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е Татра 111S	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е МАЗ-205	МАЗ-525
Скорость движения по глав-ным откаточным дорогам, км/час.	20	18—25	15—30	10—18	20—28	15—18
Среднее расстояние транспор-тирования, км	1,8 и 4,2	1,2	1,12	0,5—2,0	1,2	1,8
Продольные уклоны автодо-рог (предельные), % . . .	7—10	7	7,5	8—12	7—8	8
Радиусы закруглений, м . .	15—30	25—30	40	20—30	20—30	30—35
Ширина земляного полотна, м	12,0	11,0	9,0	9—10	9—10	14—15
Ширина проезжей части до-роги, м	9,0	8,0	8,0	7,0	8,0	12—13
Ширина обочин, м	1,5	1,5	0,5	0,5—1,5	0,5—1,0	1,0
Поперечный уклон проезжей части, %	4	3—5	2—3	2—3	2—3	1—2
Характеристика основания . .	Вскрышные скальные породы			—	Крупный щебень 60 см	Вскрыш-ные скальные породы
Дорожное покрытие	Щебень 20—60 см с присып-кой грун-том 5—10 см	Щебень 30—40 см; укатано	Щебень 20—30 см; укатано	Щебеноч-ное в 2 слоя 10 и 12 см, об-работан-ное битумом на 5 см	Щебень с присып-кой мел-кой породой 5—10 см	Щебень; укатано

автодорог на карьерах (по фактическим данным)

Таблица 45

еры									
руда		Известняки			Уголь			Железная руда	
Сарбай-ский	Балаклав-ский	Жиринов-ский	Карьеры Куйбышев-гидростроя (гора Мо-гутовая, Яблоновый овраг и Сокский)	Красно-бродский	Южный (Черемхов-уголь)	Кимов-ский № 1	Лебедин-ский	Криворож-ский (ЦГОК)	
МАЗ-525 ЯАЗ-210Е МАЗ-205 Татра 111S	ЯАЗ-210Е МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-210Е	МАЗ-205	МАЗ-205 ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е	МАЗ-525 ЯАЗ-222 МАЗ-205	МАЗ-525 ЯАЗ-222 МАЗ-205	
15—27	15—20	20	12—22	8—30	18—25	20—25	15—20	12—18	
2,2	0,8 и 2,5	2,2 и 2,9	1,5	2,5	1,9	—	3,0	2,5	
8	8—12	7,5—15	8—15	4—10	4—5	4—5	7—8	8—9	
—	30	40	17—20	15—50	40—60	30	25—30	30—35	
—	6,5—5,5	7,0	11,0	10,0	18,0	11,0	11,0	10,0	
—	4,5—3,5	5,0	8—9	8,0	12,0	7,0	9,0	9,0	
—	1,0	1,0	1,0—1,5	1,0	1,0	2,0	2,0	1,0	
—	3	2—3	4	3	3	3	2—3	3—4	
—	Щебень 30—60 см	—	Горная масса с крупн. камня до 40 см, 30—45 см	—	—	—	Разрушен. железистые кварциты	Горная масса	
Укатанное грун-товое	Известня-ковая крошка 20 см, цементи-рованная или обра-ботанная битумом	Щебеноч-ное ука-танное, улучшен-ное грун-товыми добавками	Известня-ковая крошка круп-ностью 3-10 мм, слой 5—7 см	Щебеноч-ный грунт с гравий-ным по-крытием 30 см	Каменная мостовая на песча-ной под-готовке	Гравий-ное ука-танное	Щебень слой 30 см, песок 5 см, ука-танное	Сланце-вый ще-бень круп-ностью до 30—50 мм, слой 25—30 см	

б) кюветокопателями навесными для строительства мелких канав и кюветов на временных дорогах, что позволит механизировать эти работы, без применения прицепных кюветокопателей [5];

в) рыхлительными зубьями для рыхления основания дорог, щебеночных покрытий при строительстве и ремонте дорог и т. д., что сделает также излишним приобретение специального типа прицепных рыхлителей [7];

г) снегоочистителями — для производства снегоочистительных работ, что позволит отказаться от применения снегоочистителей на автомобилях, а также грейдеров и сделать снегоочистку более эффективной;

д) откосниками — для планировки откосов выемок и насыпей;

е) грейферными челюстями* — для перемещения строительных материалов при ремонте и содержании дорог и разравнивания их [11].

Наши многолетние наблюдения позволяют утверждать о необходимости оснащения карьеров бульдозерами по числу работающих экскаваторов. При незначительных расстояниях откатки (до 0,5 км) бульдозер производит планировку и очистку дороги и работу на отвале, так как расчистка площадки у экскаватора обычно производится после погрузки 10—15 автосамосвалов и более.

Если расстояние откатки превышает 0,5 км, на отвале и автодороге следует использовать самостоятельные бульдозеры, а в карьере один бульдозер может обслуживать два, а иногда даже три смежно работающих экскаватора, общее же количество бульдозеров, находящихся в работе, сохраняется равным числу действующих экскаваторов [9].

Списочный парк бульдозеров следует принимать на 25—30% больше рабочего (считая резерв и пребывание в ремонте).

При наличии полускальных и скальных пород необходимо применять мощные бульдозеры (140—180 л. с.). При работе более крупных экскаваторов с ковшом емкостью 6—8 м³ необходимы бульдозеры мощностью в 250—350 л. с. [15].

Вторым не менее важным механизмом при производстве дорожно-строительных и ремонтных работ на автомобильных дорогах в карьерах являются грейдеры. К сожалению, большинство карьеров еще не оснащено автогрейдерами и продолжает пользоваться прицепными грейдерами.

Грейдеры осуществляют профилирование дорожного полотна, очистку его от просыпающихся при движении автомобилей кусков породы, разравнивание сыпучих дорожно-строительных материалов, устройство дорожного корыта и боковых канав и другие работы на строительстве и содержании автомобильных дорог.

Для эффективного использования автогрейдеров в карьерах необходимо использовать наиболее крупные их модели. В СССР начали выпускать автогрейдеры Д-395 с двигателем мощностью 140 л. с. и Д-426 — 110 л. с.

Карьеры небольшой производительности с малоразвитой дорожной сетью (до 3—5 км) должны иметь не менее двух мощных автогрейдеров, крупные карьеры с большой протяженностью дорог (более 5 км) — от 3 до 5 автогрейдеров.

Целесообразно оборудование автогрейдеров дополнительным навесным оборудованием: кирковщиками, откосниками, уширителями корыта, бульдозерами и снегоочистителями.

Кроме названных двух видов оборудования, имеющих универсальное применение в карьерах, для проведения комплексной механизации

* Кюветокопатели КВС-3 и грейферные челюсти предложения и конструкции автора. (совместно с В. П. Самохваловым).

Таблица 46

Комплекты основного оборудования для строительства щебеночных автодорог в карьерах

Протя- женность дорог	Для подготовительных работ			Для земляных работ			Для профилирования и укладки			Для устройства покрытий			Для ремонта и содержания дорог
	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	
1 км	Кусторез 174В	0,3	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-265	1,3	1	Каток Д-399	11,0	1	1. Автогрейдер Д-265 2. Каток ДМ-85 3. Рыхлитель Д-162 4. Распределитель щебня и гравия Д-336 5. Поливочная ма- шина МП-8 6. Снегопогрузчик Т-105 7. Снегоочиститель Д-185Б Пескоразбрас- ыватель МП-1
	Корчеватель Д-210Г	1,4	1	Кюветокопа- тель КВС-3	47	1	Каток Д-399	3,5	1	Распределитель щебня Д-337	9,0	1	
	Рыхлитель Д-162	0,3	1				Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Поливочная ма- шина МП-8 Автогудронатор Д-351		1	
5 км	Кусторез 174В	1,5	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-265	7,0	1	Каток Д-399	55,0	2	1. Автогрейдер Д-265 2. Каток ДМ-85 3. Рыхлитель Д-162 4. Распределитель щебня и гравия Д-336 5. Поливочная ма- шина МП-8 6. Снегопогрузчик Т-105 7. Снегоочиститель Д-185Б Пескоразбрас- ыватель МП-1
	Корчеватель Д-210Г	7,0	1	Кюветокопа- тель КВС-3	238	2	Каток Д-399	17,0	1	Распределитель щебня Д-337	45,0	2	
	Рыхлитель Д-162	1,2	1				Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Поливочная ма- шина МП-8 Автогудронатор Д-351		1	
10 км	Кусторез 174В	3,0	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-426	14,0	1	Каток Д-400	55,0	3	1. Автогрейдер Д-265 2. Каток ДМ-85 3. Рыхлитель Д-162 4. Распределитель щебня и гравия Д-336 5. Поливочная ма- шина МП-8 6. Снегопогрузчик Т-105 7. Снегоочиститель Д-185Б Пескоразбрас- ыватель МП-1
	Корчеватель Д-210Г	14,0	2	Кюветокопа- тель КВС-3	238	3	Каток Д-400	25,0	2	Распределитель щебня Д-337	90,0	2	
	Рыхлитель Д-162	2,5	1	Бульдозер Д-395 Скрепер Д-357Г	92 36	1 1	Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Поливочная ма- шина МП-8 Автогудронатор Д-351		1	
20 км	Кусторез 174В	6,0	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-426	14,0	1	Каток Д-399	110,0	1	1. Автогрейдер Д-265 2. Каток ДМ-85 3. Рыхлитель Д-162 4. Распределитель щебня и гравия Д-336 5. Поливочная ма- шина МП-8 6. Снегопогрузчик Т-105 7. Снегоочиститель Д-185Б Пескоразбрас- ыватель МП-1
	Корчеватель Д-210Г	28,0		Кюветокопа- тель КВС-3	238	4	Автогрейдер Д-395	12,0	1	Каток Д-400	55,0	2	
	Рыхлитель Д-162	5,0	1	Бульдозер Д-395 Скрепер Д-357Г Экскаватор Э-505	185 70	2 2	Планировщик откосов Бульдозер Д-271 Каток Д-400	45 3	2 1	Распределитель щебня Д-337 Поливочная ма- шина МП-8 Автогудронатор Д-351	180,0	3 1 1	

Комплекты основного оборудования для строительства карьерных дорог из железобетонных плит

Протя- женность дорог	Для подготовительных работ			Для земляных работ			Для профилирования и укладки			Для устройства покрытия			Для ремонта и содержания дорог
	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	вид оборудо- вания	число машин- но-смен	рабочее число машин	
1 км	Кусторез 174В	0,3	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-265	1,3	1	Распределитель щебня Д-337	7,5	1	1. Автогрейдер Д-265
	Корчеватель Д-210Г	1,4	1	Кюветокопа- тель КВС-3	47	1	Каток Д-399	3,5	1	Каток Д-399	6,0	1	2. Каток ДМ-85
	Рыхлитель Д-162	0,3	1				Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Поливочная ма- шина Автокран К-52	25	1	3. Рыхлитель Д-162
5 км	Кусторез 174В	1,5	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-265	7,0	1	Распределитель щебня Д-337	37,0	1	4. Распределитель щебня и гравия Д-336
	Корчеватель Д-210Г	7,0	1	Кюветокопа- тель КВС-3	238	2	Каток Д-399	17,0	1	Каток Д-400	30,0	2	5. Автокран К-52
	Рыхлитель Д-162	1,2	1				Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Поливочная ма- шина МП-8 Автокран К-52	125	2	6. Поливочная ма- шина МП-8
10 км	Кусторез 174В	3,0	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-426	14,0	1	Распределитель щебня Д-337	75	2	7. Снегопогрузчик Т-105
	Корчеватель Д-210Г	14,0	2	Кюветокопа- тель КВС-3	238	3	Каток Д-400	25,0	2	Каток Д-400	37,0	2	8. Пескоразбрасы- ватель МП-2
	Рыхлитель Д-162	2,5	1	Бульдозер Д-395 Скрепер Д-357Г	92 36	1	Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Поливочная ма- шина МП-8 Автокран К-52	250	2	
20 км	Кусторез 174В	6,0	1	Бульдозер Д-275			Автогрейдер Д-426	14,0	1	Распределитель щебня Д-337	150,0	2	
	Корчеватель Д-210Г	28,0	2	Кюветокопа- тель КВС-3	238	3	Автогрейдер Д-395	12,0	1	Каток Д-399	60,0	2	
	Рыхлитель Д-162	5,0	1	Бульдозер Д-395 Скрепер Д-357Г	185 70	2	Планировщик откосов Бульдозер Д-271		1	Каток Д-400	37,0	1	
				Экскаватор Э-505		1	Каток Д-400 Каток Д-302	45 3	2	Поливочная ма- шина МП-8 Автокран К-52	500	3	

Таблица 48

Расходы на содержание автомобильных дорог на Сибавском карьере (1958 г.), тыс. руб.

Месяцы	Расходы цеха горного транспорта	Заработная плата		Начисле- ния на зарплату	Услуги автотранс- порта	Амортиза- ция	Услуги транспорт- ного цеха	Итого
		основная	дополни- тельная					
I	1,50	0,51	0,05	0,07	1,08	0,84	1,99	6,33
II	1,00	0,62	0,04	0,05	3,52	1,04	2,43	8,70
III	0,60	0,65	0,04	0,05	0,54	1,04	2,79	6,35
IV	1,00	0,63	0,04	0,05	1,07	0,96	1,01	2,13
V	0,50	0,70	0,04	0,06	1,49	0,96	6,51	10,27
VI	0,50	0,31	0,05	0,08	1,35	0,74	3,93	7,46
VII	1,00	0,65	0,04	0,06	0,78	0,85	3,32	6,70
VIII	1,00	0,57	0,03	0,05	1,10	0,36	4,04	6,43
IX	—	0,51	0,03	0,04	—	0,79	3,77	5,14
X	1,10	0,75	0,04	0,06	—	0,64	2,15	5,99
XI	1,50	0,84	0,05	0,07	—	0,63	—	3,09
XII	1,00	0,81	0,05	0,07	—	0,63	0,80	3,36
								71,66

Примечание: Общая протяженность автомобильных дорог в карьере — 10 км. Наибольшие затраты относятся к летним и осенним месяцам (V, VI, VII, VIII, IX, X), главным образом, за счет большого объема бульдозерных работ, поливки дорог и ремонтов. Зимой наибольшие расходы приходятся на январь-март за счет очистки снега и посыпки автодорог шлаком (статья — услуги автотранспорта).

работ карьеры должны быть оснащены специальными дорожными машинами:

а) для уплотнения дорожного полотна и покрытий (катками, преимущественно самоходными, и различного рода трамбовочными машинами);

б) машинами для постройки усовершенствованных дорог (распределителями щебня и высевок, гудронаторами, бетоноукладочными и бетоноотделочными машинами, укладчиками асфальтобетона и т. д.);

в) машинами для содержания и ремонта дорог (поливочными машинами, пескоразбрасывателями, дорожными щетками, снегоочистителями и т. д.) * [12].

При исследовании комплексной механизации дорожно-строительных работ в карьерах нами определены и рассчитаны комплекты дорожных машин в зависимости от протяженности автомобильных дорог и типов их покрытий (табл. 46 и 47).

Если в настоящее время на крупных карьерах, применяющих железнодорожный транспорт, на путевых работах занято до 60—75% [28] всех рабочих, обслуживающих транспорт, а на карьерах с авто-транспортом до 15—20%, то применение в полном объеме комплексной механизации дорожно-строительных работ позволит этот процент значительно снизить, так чтобы число рабочих на строительстве и содержании дорог не превышало 5—7% от общего числа занятых на транспорте рабочих.

Для эффективного использования автомобильного транспорта в карьерах особенно важное значение имеет содержание и ремонт дорог.

Кроме специфичных ремонтных работ, к содержанию и текущему ремонту дорог относятся следующие работы: а) содержание дорог

* Более подробно эти вопросы рассмотрены в нашей книге «Автомобильный и тракторный транспорт на карьерах», Металлургиздат, 1957.

в чистоте и очистка их проезжей части; б) обеспыливание дорог, а также мероприятия по защите от снежных заносов и обледенения.

Особенно важное значение имеет чистота проезжей части дорог. Очистку проезжей части дорог производят утюгами, бульдозерами. Забойные подъезды очищают бульдозерами, скреперами и грейдерами.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт эксплуатации большегрузных автомобилей, при плохой очистке дорог сокращается срок службы шин минимум на 25—33% и снижаются скорости движения автомобилей на 10—15%.

По данным американских и французских карьеров нерудных ископаемых расходы на содержание временных дорог в карьерах составляют 15—18% от стоимости содержания постоянных дорог [134].

Расходы на содержание и текущий ремонт дорог на отечественных карьерах еще очень высоки. Так, на Уфалейском руднике эксплуатационные расходы на 1 км дороги в 1959 г. составили около 0,6 тыс. руб. в месяц, при более совершенном устройстве покрытия на Сибавском руднике расходы на 1 км дороги в 1958 г. превысили 7 тыс. руб. (табл. 48) и на Сорском 10 тыс. руб.

Основные расходы при эксплуатации дорог в летнее время приходятся на полив, а в зимнее время на снегоочистку.

Движение автотранспорта по щебеночным дорогам в карьерах связано с возникновением пыли в таких количествах и в такой концентрации, что это заметно ухудшает видимость, делает небезопасным движение и влияет на здоровье обслуживающего персонала. Кроме того, эксплуатация оборудования, работающего в пыльной атмосфере, приводит к ускорению выхода его из строя.

Для борьбы с пылью на карьерах широко используется поливка их водой. На Сибавском руднике, например, в месяц расходуется на 1 км дороги более 1300 м³ воды. В летнее жаркое время поливку производят регулярно через 2—2,5 часа. Дороги, пропитанные вяжущими материалами, являются значительно менее пыльными при регулярной обработке и практически не нуждаются в поливке водой.

За рубежом в последние годы для обеспыливания автомобильных дорог в карьерах широко используют лигнин, являющийся продуктом сульфатации древесины [122]. В США и Канаде вырабатывается 113,5 млн. л сульфитного лигнина. На карьеры он доставляется железнодорожными цистернами в виде 50% раствора. При поливке дорог используется 10% раствор. Перед поливкой выравненное и сухое покрытие для лучшего впитывания лигнина разрыхляется на глубину 2—3 см. Удовлетворительные результаты получаются при расходе 400 г раствора на 1 м² покрытия.

На карьере Санта-Рита (США) [131], имеющем производительность 70 тыс. т горной массы в сутки и использующем 25-тонные автосамосвалы, щебеночные дороги для уменьшения пылеобразования поливали водой. Расход воды составлял 83,8 млн. л в год при общей длине дорог 9 км. Поливку производили через 1—2 часа.

В зимнее время вода замерзала, создавая опасность для движения автосамосвалов, а летом приводила к образованию колеи, что вызывало необходимость частого грейдерования полотна дороги. Кроме того, поливка дорог обходилась дорого ввиду высокой стоимости воды. С 1958 г. дороги стали обрабатывать лигнином. Обработка производилась при скорости опорожнения цистерны емкостью 5700 л за 4 мин. Всего производилось три поливки, время между обработками составляло 2 месяца. Расход 50% раствора лигнина на 1 км дороги в год

составлял 20 тыс. л. Стоимость обработки лигнином была на 25% дешевле поливки дорог водой.

Наряду с обработкой дорог лигнином против пылеобразования используют поливки их раствором хлористого кальция.

На карьере Ханна Колл (США), использующем тягачи с полуприцепами грузоподъемностью в 45 и 57 т, при интенсивности движения 2200 агрегатов в сутки применяли дороги с покрытием из известнякового щебня, обрабатываемого раствором хлористого кальция.

Перед обработкой верхнюю часть покрытия (имеющую толщину 15 см) взрыхляли на 2,5—3 см, затем осуществляли поливку, смешение и, наконец, укатку поверхности дороги катками. При ширине проезжей части дороги 15 м на каждый километр покрытия расходовалось 4600 кг хлористого кальция. В результате обработки хлористым кальцием щебеночная смесь стабилизировалась, что создавало плотное покрытие с гладкой поверхностью. Пылеобразование на такой дороге в летнее время года почти отсутствовало.

В Советском Союзе на карьерах поливку дорог растворами сульфитного лигнина и хлористого кальция пока не применяют. Хотя на ряде наших целлюлозно-бумажных комбинатов (Красновишерский, Соликамский и др.) лигнин служит отходом и выбрасывается в отвал. По всем заводам ежегодно вывозятся сотни тысяч тонн лигнина. Хлористый кальций является побочным продуктом содового производства и также на ряде заводов в значительных количествах выбрасывается в отвал.

Опытная поливка автомобильных дорог осуществлялась нами при земляных работах (треста Уралсибэкскавация) в районе Стерлитамака [39]. Для поливки использовался 15—20% раствор. При трех поливках достигалась хорошая эффективность по стабилизации покрытия и снижению запыленности. Кроме этого, применение хлористого кальция позволило значительно сократить расход воды для поливки, уменьшить трудоемкость этой операции и снизить на 20—30% стоимость.

Крайне трудоемкой работой по обслуживанию карьерных дорог в зимний период, особенно в восточных районах страны, является борьба со снежными заносами. Для обеспечения непрерывной работы автомобильных дорог зимой необходимо своевременно принимать меры против образования снежных заносов, проводя при подготовке к зиме изучение направления ветров по отношению к автомобильным дорогам, выявление заносимых снегом мест, выбор мест для правильной установки снегозаградительных щитов и других устройств, их изготовление и установка, подготовка снегоуборочных машин и т. д., а также периодически производя уборку снега.

При съездах на крутых уклонах траншей (свыше 10%) в зимнее время необходимо принимать меры для устранения буксования автомобилей и их заноса при торможении. При обледенении дорог на уклонах их следует посыпать шлаком, золой, песком. Для оттаивания корки льда дорожку следует посыпать хлористым кальцием или хлористым натрием, смешанным с песком (30—40 кг на 1 м³ песка), или поливать раствором хлористого кальция.

Расход шлака на посыпку дорог, по данным Блявинского рудника, составляет 40—50 т на 1 км дороги в месяц.

ГЛАВА VI

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ СОВРЕМЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

1. Состояние и основные тенденции развития автомобильной техники за рубежом

По внедрению автомобильного транспорта на открытых горных разработках Соединенные Штаты Америки занимают ведущее место. В настоящее время в США на открытых горных разработках эксплуатируется около 25 тыс. большегрузных карьерных автомобилей.

Остановимся на отдельных этапах развития техники автомобильного карьерного транспорта в США и на современном ее состоянии.

Довоенный период автомобильной промышленности США характеризуется выпуском автомобилей для открытых горных работ малой и средней грузоподъемности. Большинство выпускаемых американскими фирмами автомобилей-самосвалов в то время строилось с использованием базовых автомобилей и только в начале сороковых годов стало широко развиваться специальное автомобилестроение.

Бурное развитие специального автомобилестроения с выпуском различного рода автомобилей для открытых горных работ в США начинается с 1945—1947 гг. В значительной степени этому способствовало то, что во время войны автомобильная промышленность США была перестроена на выпуск мощных грузовых машин, а производство легковых автомобилей было резко сокращено.

Характерен для послевоенного периода неуклонный рост грузоподъемности выпускаемых средств автотранспорта.

Рост грузоподъемности автомобильного парка карьеров диктовался вводом более мощных экскаваторов с емкостью ковшей 6—10 м³, которым по емкости кузова и грузоподъемности ранее выпускавшиеся автотранспортные средства не удовлетворяли.

Так, например, в угольной промышленности мощность применяемых автомобильных агрегатов в основном ограничивается в 1946 г. 32 т автомобилями с двигателями 250 л. с., в 1948 г. — 40 т с мощностью двигателей 275—300 л. с., а в 1954—1955 гг. уже 51 т с двигателями 360—400 л. с. [119].

Стремление увеличения экономически выгодных расстояний откатки, повышения производительности и снижения стоимости перевозок вызывает появление автосамосвалов грузоподъемностью 30 и 34 т с двумя ведущими осями и как модификацию их 40—45 т автомобиль.

Но для работы в стесненных и тяжелых карьерных условиях эти автомобили оказались малопригодными, поэтому в 1959—1960 гг. начат

выпуск короткобазных автомобилей грузоподъемностью 20, 24 и 29 т с широким кузовом и низко расположенным центром тяжести, что позволило иметь весьма устойчивую и маневренную машину с низкими весовыми показателями. Увеличение ширины автомобилей (до 4 м), помимо сокращения базы и длины машины, улучшает условия загрузки их экскаваторами. Однако для рудных карьеров большой производительности выпускаются значительно более мощные автомобили.

Так, фирмой Дарт в 1955 г. были выпущены, а в 1956 г. применены на медном руднике Багдат трехосные автомобили-самосвалы грузоподъемностью 60 т, имеющие задние оси ведущие, а переднюю ось, оснащенную двойными скатами. Новый автосамосвал был оборудован двумя восьмицилиндровыми дизелями мощностью по 350 л. с.

В процессе эксплуатации автосамосвалов грузоподъемностью 50—60 т было установлено, что при погрузке их мощными экскаваторами при наличии благоустроенных дорог и правильно организованной службе ремонтов возможно снизить эксплуатационные расходы на 25—30%, по сравнению с используемыми до этого 25—30 т автомашинами.

Однако вместе с этим стало распространяться мнение о том, что дальнейшее увеличение грузоподъемности свыше 50—70 т нецелесообразно, так как у машин такой грузоподъемности усложняется решение основных узлов конструкции, в частности двигателей большой мощности, и наблюдается быстрый износ трансмиссии коробок передач и дифференциалов. С увеличением числа осей резко возрастает стоимость автомобиля, а следовательно, его вес и расходы на резину. Расчеты, произведенные фирмой Эвклид для расстояний транспортирования от 8 до 200 км и грузоподъемности машин до 125 т, показали, что стоимость перевозок резко снижается в интервале грузоподъемности от 25 до 50—55 т, а затем начинает возрастать [91].

Но дальнейшие усовершенствования в технологии автомобилестроения, улучшение и облегчение конструкций, получение большей надежности в устройстве передач, в повышении качества и износоустойчивости резины, снижение стоимости выпускаемых автомобилей позволили в значительной степени опровергнуть мнение о нецелесообразности производства автомобилей для открытых горных работ большой грузоподъемности.

Самым крупным автосамосвалом является автосамосвал грузоподъемностью 70 т, мощностью 700 л. с., выпущенный французской фирмой Маррел на базе трехосного автомобиля Берлио. Однако все указанные автомобили особо большой грузоподъемности не являются типичными, выпускаются в индивидуальном порядке, по специальным заказам, для конкретных условий работы. Наряду с выпуском новых, непрерывно проводится модернизация машин, работающих на карьерах. Многие двухосные самосвалы путем усиления рамы, кузова, введения третьей оси, установки большего по мощности двигателя превращаются в машины большей грузоподъемности: так 22 т самосвалы становятся грузоподъемностью 25—27 т, а 25 т — грузоподъемностью 30—34 т и т. д.

Модернизация автомобилей-самосвалов, как правило, производится силами эксплуатирующих предприятий.

В последние годы автомобили-самосвалы выпускаются в основном небольшим числом фирм. Среди них машины Эвклид, Дарт, Макк, Кенворт, Ле-Турно и Керинг (табл. 49) [55]. Всего выпускается более 30 марок автосамосвалов.

Характерными для автомобильной промышленности США, выпу-

Технические характеристики карьерных автосамосвалов, выпускаемых в США

Фирма	Модель	Материал кузова	Грузоподъемность, т	Собственный вес, т	Емкость кузова, м³	Коэффициент тары	Двигатель		Максимальная скорость движения, км/час	Размер шин		Количество осей	Нагрузка на ведущую ось, т	Колесная база, мм	Габаритные размеры, мм		
							полная мощность, л. с.	удельная мощность, л. с./т		передних колес	задних колес				длина	ширина	высота
Эвклид	10D	Сталь	9,0	9,8	4,9	1,08	128	6,8	58,5	11,00×24 (24 са)	12,00×24 (16 са)	2	12,5	3760	6485	2515	2910
»	P-10	»	9,0	9,8	4,9	1,09	128	6,8	58,5	11,00×25 (14 са)	12,00×25 (16 са)	2	12,6	3760	6465	2515	2235
»	S-7	»	10,8	12,0	—	1,1	143	6,3	50,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	15,5	—	—	—	—
»	80-FD	»	13,5	13,56	7,6	1,01	165	6,1	39,5	12,00×24 (16 са)	14,00×24 (20 са)	2	—	3975	6930	2660	3020
»	»	»	13,5	14,90	8,3	1,1	165	5,8	39,5	12,00×24 (18 са)	14,00×24 (20 са)	2	—	3975	6970	3250	2360
»	R-18	»	16,3	14,6	7,9	0,9	218	7,1	42,9	13,00×25 (18 са)	16,00×25 (24 са)	2	—	3936	7505	3100	3175
»	»	»	16,3	15,4	7,9	0,9	220	7,1	42,9	13,00×25 (18 са)	16,00×25 (24 са)	2	—	3936	7505	3100	3175
»	R-18	»	20,0	19,91	11,9	1,0	300	7,5	43,1	14,00×24 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	30,0	4495	8360	3980	3380
»	TD	»	20,0	20,2	11,5	1,05	320	8,0	47,9	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	20,5	4190	8025	3480	3380
»	36-TD	»	20,0	20,2	11,0	1,05	320	8,0	47,9	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	28,5	4190	8025	3480	3380
»	36-TD	»	20,0	19,6	11,5	0,99	320	8,1	49,5	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	28,6	4190	8050	3480	3380
»	46-TD	»	20,0	20,28	11,0	1,02	320	7,9	49,5	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	28,6	4190	8050	3480	3380
»	46-TD	»	20,0	19,6	11,5	0,98	320	7,5	47,3	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	28,6	4495	8360	3480	3380
»	60-TD	»	20,0	20,3	11,0	1,01	300	7,5	47,3	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	28,6	4495	8360	3480	3380
»	63-TD	»	20,6	19,7	12,35	0,98	300	7,45	43,1	14,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	2	29,1	4495	8360	3480	3380
»	65-TD	»	24,5	21,8	13,7	0,89	360	7,25	50,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	30,8	4200	—	—	—
»	»	»	24,5	22,5	—	0,92	335	7,1	50,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	31,4	4200	—	—	—
»	66-TD	»	32,6	35,3	20,0	1,08	500	7,4	45,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	3	27,2	4740	3630	3475	3540
»	FFD	»	31,0	32,25	18,2	1,04	400	6,3	45,0	16,00×25 (24 са)	16,00×25 (24 са)	3	28,8	—	—	—	—
»	4FFD	»	36,0	35,4	18,0	0,97	470	6,55	48,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	3	28,8	—	—	—	—
»	9FFD	»	36,0	35,4	18,0	0,97	500	6,95	48,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	3	28,8	—	—	—	—
»	10FFD	»	36,2	35,5	20,0	0,98	470	6,56	45,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	3	—	4570	9880	3770	3630
»	R-40	»	45	44,5	24,8	0,99	600	6,7	58,7	18,00×33 (32 са)	18,00×33 (32 са)	3	—	5560	11125	4180	3130
»	R-50	»	50	52,6	24,4	1,07	670	6,56	50,0	18,00×33 (32 са)	18,00×33 (32 са)	3	—	5560	11125	4180	3130

Таблица 49 (окончание)

Фирма	Модель	Материал кузова	Грузоподъемность, т	Собственный вес, т	Емкость кузова, м³	Коэффициент тары	Двигатель		Максимальная скорость движения, км/час	Размер шин		Количество осей	Нагрузка на ведущую ось, т	Колесная база, мм	Габаритные размеры, мм		
							полная мощность, л. с.	удельная мощность, л. с./т		передних колес	задних колес				длина	ширина	высота
Дарт	10S	Сталь	9,3	8,6	—	0,93	160	9,1	—	12,00×20	12,00×20	2	11,8	—	—	—	—
»	10S-L	»	9,4	9,0	—	0,96	160	8,9	—	12,00×20	12,00×20	2	12,1	—	—	—	—
»	15S-L	»	13,6	14,7	—	1,08	175	6,2	—	13,00×25	13,00×25	2	18,7	4470	—	—	—
»	30S-L	»	27,2	21,1	15,2	0,78	425	7,43	45,0	16,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	38,0	—	—	—	—
»	35S-L	»	32,0	31,4	—	0,98	335	5,3	45,0	16,00×25 (24 са)	16,00×25 (24 са)	3	25,3	5235	—	—	—
»	40T	»	36,4	36,1	19,9	0,99	450	6,2	48,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	—	—	—	—	—
»	Сиксти	»	60	43,5	—	0,73	700	6,75	32,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	—	—	9906	3569	3505
Макк	—	»	13,6	14,9	7,5	1,1	200	7,00	—	12,00×24	14,00×24	2	—	—	7500	3300	3150
»	LRX	»	14,4	14,9	7,45	1,03	200	6,8	—	14,00×24 (16 са)	14,00×24 (24 са)	2	—	—	7400	3290	3150
»	LVX	»	22,5	20,4	11,15	0,91	330	7,8	—	14,00×24 (16 са)	18,00×25 (24 са)	2	—	—	4250	3360	3490
»	LRSW	»	30	30,0	15,9	1,0	330	5,5	—	14,00×24 (20 са)	16,00×25 (20 са)	3	—	—	8100	3350	3470
»	LRVSW	»	34	34,0	18,2	1,0	450	6,6	—	16,00×25 (20 са)	16,00×25 (20 са)	3	—	—	4830	3350	3340
»	LISW	»	37,4	34,7	—	0,93	450	6,25	—	16,00×25 (20 са)	18,00×25 (24 са)	3	—	—	9500	—	—
»	552	Легир. сталь	14,2	10,2	—	0,72	220	9,0	—	13,00×24	13,00×24	2	15,3	5280	—	—	—
Кенворт	953	Сталь	17,7	15,8	—	0,9	320	9,6	—	21,00×25	21,00×25	5	22,0	—	—	—	—
»	984	»	17,7	15,8	—	0,9	320	9,6	—	21,00×25	21,00×25	2	22,0	—	—	—	—
Кенворт-Дарт	25S-L	»	22	20,8	—	0,92	320	7,44	—	14,00×25 (16 са)	18,00×25 (24 са)	2	—	—	—	—	—
»	25S	»	22	20,8	—	0,92	320	7,44	—	14,00×25 (16 са)	18,00×25 (24 са)	2	—	—	—	—	—
»	50T	»	45,5	36,3	—	0,8	450	6,25	—	16,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	3	—	5280	—	—	—
Карлис-Райт	CWD-214	»	22	20,1	10,7	0,84	240	5,6	—	29,5×25—22	29,5×25—24	2	28,5	—	—	—	—
»	CWD-221	»	31,7	31,6	16,0	1,0	375	5,9	—	33,5×33—32	33,5×33—32	2	42,0	—	10800	3600	—
»	CWD-321	»	31,7	29,0	16,0	0,92	300	4,95	—	29,5×20—28	29,5×29—40	2	40,5	—	10700	3600	—
»	LW-22	Легир. сталь	19,8	18,2	11,5	0,92	320	8,4	—	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	—	—	—	—	—
»	LW-27	То же	24,5	19,6	13,8	0,8	335	7,7	57,0	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	30,4	3300	7000	3700	—
»	LW-32	»	29	20,5	16,0	0,7	375	7,6	62,5	18,00×25 (24 са)	18,00×25 (24 са)	2	32,9	3300	7000	3700	—

скающей средства автотранспорта для открытых горных работ, являются: [42].

а) непрерывное улучшение конструкций выпускаемых автомобилей, перенесение на конструкции карьерных машин новейших достижений в области общего автомобилестроения и технологии производства;

б) концентрация производства большегрузных автомобилей для открытых горных и земляных работ на небольшом числе специализирующихся на этом автомобильных фирм;

в) широкая кооперация основных автомобильных фирм с рядом вспомогательных, специализированных, поставляющих отдельные агрегаты и узлы (двигатели, трансмиссии и гидравлические подъемники);

г) многообразие выпускаемых типов автомобилей, отличающихся по грузоподъемности, емкости, скоростным и маневровым качествам, а также выпуск специального типа автомобилей применительно к конкретным горнотехническим условиям;

д) изготовление отдельных особо мощных конструкций автомобилей-тягачей и полуприцепов по специальным заказам предпринимателей для определенного, узкого использования.

Основными направлениями в создании новых конструкций автомобилей в США являются:

а) увеличение грузоподъемности и мощности автомобилей для повышения производительности транспорта, увеличения провозной способности, снижения трудоемкости, уменьшения числа обращающихся в карьере транспортных единиц и получения более дешевой стоимости тонна-километра перевозок;

б) снижение мертвого веса автомобиля или автомобильного агрегата в целях увеличения тоннажа перевозимого полезного груза при той же мощности двигателя, экономия металла, удешевление стоимости агрегата;

в) увеличение маневренности автомобиля или автомобильного агрегата для возможности удобного применения в стесненных условиях открытых горных работ, при селективной разработке месторождений, для работы в глубоких карьерах, при проходке траншей и т. д.;

г) улучшение тяговых и скоростных качеств автомобилей для работы на крутых уклонах при выездах с горизонтов и из карьера, для ускорения перемещения на ровных участках дорог и на поверхности между карьером и фабриками и приемно-складскими устройствами;

д) усиление и упрочнение конструкций автомобильных агрегатов для погрузки их мощными экскаваторами, для повышения надежности в работе в тяжелых горных условиях при наличии малоблагоустроенных дорог, для удлинения срока службы;

е) обеспечение равнопрочности отдельных узлов, деталей в целях сокращения заявочных ремонтов, упрощения ремонтных работ и повышения надежности автомобилей в эксплуатации, что способствует повышению производительности;

ж) упрощение конструкции, сокращение числа деталей, облегчение съемки и монтажа узлов и деталей для сокращения продолжительности и снижения трудоемкости ремонтов и технического обслуживания;

з) облегчение управления агрегатом при трогании с места, в процессе движения и при торможении для меньших затрат усилий водителя на вождение машины, а следовательно для уменьшения его усталости в течение рабочего дня при работе за рулем;

и) создание более совершенных условий для обслуживающего персонала, обеспечение более плавного движения с меньшими толчками, приспособление рабочего места (кабины) для работы в различных

климатических условиях, в целях повышения выработки автомобилей и улучшения условий труда.

Разнообразие применяемых на карьерах США автомобильных агрегатов в значительной степени способствовало снижению стоимости автомобильных перевозок, поскольку для каждого конкретного условия представляется возможность подобрать наиболее соответствующие им автомобильные агрегаты.

При большом числе типов выпускаемых промышленностью США машин существует все же тенденция развития трех групп автомобилей, предназначенных для работы в карьерах [26]: маломаневренных автосамосвалов большой и средней грузоподъемности, работающих на умеренных скоростях; автосамосвалов средней грузоподъемности, высокоскоростных, отличающихся большой подвижностью и маневренностью; в третью группу могут быть объединены все карьерные автомобили специальных конструкций, в том числе разнообразные тягачи с полуприцепами и прицепами.

Автомобили и автомобильные агрегаты имеют значительные конструктивные отличия, которые вызваны характером транспортируемых пород и полезных ископаемых и дорожными условиями. В связи с этим подразделяются автомобили и автомобильные агрегаты, предназначенные для транспортирования:

- 1) скальных пород и тяжелых руд,
- 2) мягких наносных пород и полезных ископаемых,
- 3) угля.

Из перечисленных типов автомобилей, выпускаемых в настоящее время в США для открытых горных работ, преобладающими являются автомобили грузоподъемностью 30—34 т, используемые для перевозок руд, вскрышных пород, а в отдельных случаях и угля. Расстояние перевозок, как правило, не превышает 4—6 км, чаще до 2,5—3 км.

В Англии на карьерах применяются преимущественно автомобили-самосвалы, выпускаемые в стране и получаемые из Америки. Преимущественное распространение получили автомобили грузоподъемностью от 5—7 до 20—25 т (фирм Бэрдфорд, Авелинг, Дамптрак, Фоден), работающие обычно при расстояниях транспортирования до 2,0 км.

Большинство английских карьерных автомобилей отличается тихходностью, громоздкостью и менее совершенной конструкцией, чем американские автомобили.

На крупнейшем английском карьере «Экорт Бэнк» [124] наряду с английскими 17 т автомобилями-самосвалами работают американские «Эвклид» грузоподъемностью 15 т.

Давая оценку английским автомобилям для открытых горных работ, следует отметить, что они не только не отличаются совершенством конструкции, но и не отражают передовых тенденций в этой отрасли специального автомобилестроения.

В Западной Германии автомобильный транспорт преимущественное развитие получил на земляных строительных работах, на карьерах нерудных материалов и частично на вскрышных работах небольших карьеров. Более часто он встречается на открытых разработках Рейнско-Вестфальской известняковой промышленности. В большинстве случаев это автомобили-самосвалы малой и средней грузоподъемности, от 6 до 15 т, используемые при расстояниях транспортирования до 1—1,5 км. Автосамосвалы большой грузоподъемности, 19 и 22 т, выпускаемые фирмами Крупп, Фаун, Кельбле (см. табл. 50), применяются реже, при расстояниях откатки до 5 км.

В последнее время на некоторых карьерах ФРГ стали использовать

Техническая характеристика автосамосвалов, выпускаемых в Западной Германии, Франции и Англии

Таблица 50

Фирма	Модель	Материал кузова	Грузоподъемность, т	Собственный вес, т	Емкость кузова, м³	Коэффициент тары	Двигатель		Скорость движения, км/час	Размер шин		Количество осей	Нагрузка на ведущую ось, т	Колесная база, мм	Габаритные размеры, мм	
							Мощность, л. с.	Удельная мощность, л. с./т		передних колес	задних колес				длина	ширина
ФРГ	Крупн	Сталь	5,5	4,95	—	0,9	115	11,0	71	9,00×20"	9,00×20"	2	—	4150	6425	2350
	»	»	6,0	5,94	—	0,99	125	10,4	72	10,00×20"	10,00×20"	2	—	4400	6900	2420
	»	»	11,0	10,6	6,3	0,96	160	7,4	58	12,00×24"	12,00×24"	3	—	3850	6870	2500
	»	»	13,0	11,0	—	0,85	210	8,8	46,5	12,00×24"	12,00×24"	2	16,0	4000	7900	2500
	»	»	15,0	12,3	8,15	0,86	185	6,7	50	12,00×24"	12,00×24"	2	—	4000	7500	2760
	»	»	13,5	12,7	8,0	0,95	185	7,0	48,7	12,00×24"	8,5×24"	2	17,5	4000	7500	2800
Франция	Гигант	Легир.	20	14	10,0	0,7	210	6,2	56,0	14,00×24"	14,00×24"	2	—	4000	7800	2760
	»	Сталь	19,0	15,0	10,0	0,79	210	6,2	48	14,00×24"	16,00×24"	2	—	3850	7730	2850
	»	»	22,0	17,0	11,0	0,78	280	7,2	52	14,00×24"	18,00×25"	2	—	4000	8000	3400
	»	»	20	17,5	11,0	0,88	250	6,66	46	14,00×24"	18,00×25"	2	—	3800	7100	3500
Англия	Фоден	Сталь	20	16,0	12,0	0,8	250	6,95	46	14,00×24"	18,00×25"	2	—	3800	7600	3400
	»	»	25,4	21,8	13,7	0,86	300	6,35	39	18,00×25"	18,00×25"	2	—	4120	—	—
	»	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

автосамосвалы грузоподъемностью до 32—45 т, получаемые из США.

Выпускаемые за последние годы Западно-Германской автомобильной промышленностью автомобили-самосвалы конкурируют на внешнем рынке с автомобилями США.

На карьерах Чехословакии автомобильный транспорт используют главным образом на рудных, известняковых и магнетитовых разработках для перевозок на расстояние до 1,5—2 км.

Чехословакия, имея собственную развитую автомобильную промышленность, выпускает большое число разнообразных типов и марок автомобилей для открытых горных и земляных работ, главным образом средней грузоподъемности (см. табл. 51). До 1957 г. в основном выпускались автосамосвалы грузоподъемностью 6 и 10 т, в настоящее время ассортимент значительно пополнен, выпускаются автосамосвалы 7, 8, 9, 10, 12 т (Шкода, Татра, Прага) [53].

Большинство выпускаемых автосамосвалов Чехословакии имеет опрокидывание на три стороны.

На автомобилях устанавливаются двигатели с воздушным охлаждением, отличающиеся высокими эксплуатационными качествами и хорошо работающие как при высоких, так и при низких температурах.

Автосамосвалы отличаются быстротходностью (скорость до 90 км/час). В последнее время выпущена новая модель автосамосвала грузоподъемностью 12 т, предназначенная для открытых рудных разработок, в которой устранены ранее имевшиеся конструктивные недостатки в устройстве подъемников и кузова.

Интересное конструктивное решение (короткая база) имеет также вновь выпущенный 10 т автосамосвал. Предполагается выпуск автосамосвалов грузоподъемностью 35 т и тягача-самосвала грузоподъемностью 20 т.

Новые модели автосамосвалов Чехословакии могут считаться лучшими машинами средней грузоподъемности. Они производятся заводами Шкода и Татра.

Кроме собственного производства, Чехословакия в последние годы получала автомобили-самосвалы из СССР (МАЗ-525) и думпторы из Венгрии.

Таблица 51

Техническая характеристика автосамосвалов, выпускаемых в Чехословакии

Модель	Число осей	Грузоподъемность, т	Емкость кузова, м³	Собственный вес, кг	Размер шин		Мощность двигателя, л. с.	Максимальная скорость движения, км/час	База, мм	Габариты, мм	
					передних	задних				длина	ширина
Прага	2	5,2	3,6	4600	9,00—20"	9,00—20"	98	75	4090	6550	2334
Шкода	2	7,0	4,6	7200	12,00—22"	12,00—22"	135	55	5000	7870	2550
»	2	9,0	4,0	6750	11,00—20"	11,00—20"	160	65	4000	7070	2350
»	2	8,0	4,6	7000	8,00—20"	9,00—20"	135	55	5000	7870	2500
Татра	3	10,0	5,19	9650	11,00—20"	11,00—20"	180	61	4120	6000	2500
Думпкар	3	10,0	4,4	9460	11,00—20"	11,00—20"	180	61	5040	7480	2500
»	2	7,0	4,0	6500	11,00—20"	11,00—20"	180	90	3725	5950	2350
»	3	12,00	5,5	8000	11,00—20"	11,00—20"	220	72	4985	7400	2450
»	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Бурно развивающаяся автомобильная промышленность КНР в 1959 г. начала выпуск собственных большегрузных автомобилей. Для производства земляных работ на строительстве гидроузла Санься на реке Янцзы первым автомобильным заводом в Чан-Чуни и Нанкинским автозаводом начат выпуск автомобилей-самосвалов грузоподъемностью 40 и 60 т, оборудованных дизелями мощностью 500 и 650 л. с.

Наиболее распространенными автомобилями современных карьеров являются автосамосвалы. Несмотря на распространение за последние годы за рубежом различного рода тягачей с прицепными агрегатами и машин специального типа, около 70% автоперевозок в карьерах выполняется автосамосвалами.

К современным карьерным автомобилям-самосвалам предъявляются следующие требования, которые должны находить отражение в конструктивном исполнении автомобилей:

1. Повышенная прочность элементов ходовой части машин, рамы, подвесок, осей, кузова, амортизирующих устройств, вызываемая работой в тяжелых дорожных условиях и погрузкой мощными экскаваторами с большой емкостью ковша. Повышенная прочность за счет применения специальных конструкционных, легированных сталей, разнообразных профилей проката из высокопрочных и легких металлов и их сплавов (для изготовления кузовов) при общем значительном снижении веса.

2. Соответствие геометрических размеров кузова свойствам транспортируемых пород и полезных ископаемых: объемному весу, крупности отдельных кусков и т. д., а также соблюдение кратности и необходимого соотношения между емкостью ковша и кузова для достижения наилучшего использования грузоподъемности автомобиля и получения наиболее высоких показателей производительности автосамосвала и экскаватора.

3. Высокие маневровые качества автомобиля, характеризующиеся малыми радиусами поворота, небольшими радиусами проходимости, значительными дорожными просветами, большими углами переднего и заднего свесов и т. д., для удобного маневрирования в местах погрузки и отвалообразования, а также для работы в стесненных условиях горных разработок.

4. Высокая удельная мощность, достаточные тягово-динамические качества обеспечиваются за счет специального подбора двигателей, снабжения автомобиля трансмиссиями с легким управлением, обеспечивающими устойчивое движение автомобиля с полной нагрузкой на затяжном подъеме, движение на уклонах без переключения передач, сглаживание рывков и крутильных колебаний, преимущественное применение гидropередач и реже гидротрансформаторов, позволяющих автоматически изменять крутящий момент на ведущих колесах в зависимости от сопротивления дороги и сохраняющих непрерывный подвод мощности к ведущим колесам.

Повышенная мощность и динамичность необходимы для преодоления больших сопротивлений на крутых подъемах и при трогании с места, для получения высоких тяговых качеств, малого времени и не большого пути разгона и для достижения необходимой скорости при движении на коротком плече.

5. Обеспечение легкого управления автосамосвалом в карьерных условиях путем снабжения машин усилителями руля, механизмами, позволяющими производить легкое переключение передач и включение сцепления, усилителями в приводе колесных тормозов для облегчения вождения автомобиля в тяжелых дорожных условиях со значительными

уклонами путей и малыми радиусами закруглений, а также при неровной поверхности дорог.

6. Увеличение эффективности системы охлаждения двигателя путем установки в системе охлаждения жалюзи радиатора и термостатов для поддержания необходимого теплового режима двигателя в холодное время года, применения воздушного охлаждения, введения охлаждения масла, усиления фильтрации воздуха, поступающего в двигатель, и других мероприятий, позволяющих обеспечить нормальную и продолжительную службу двигателя в тяжелых карьерных условиях с преодолением больших сопротивлений движению и повышенной запыленности воздуха.

7. Обеспечение быстроты подъема и опускания кузова при разгрузке, снабжение автомобиля быстродействующими многозвенными подъемниками двойного действия, придание кузову автосамосвала соответствующей формы и конструкции преимущественно ковшового типа (без заднего борта), оборудование его обогревом выхлопными газами против намерзания породы и ускорения разгрузки налипающих пород.

8. Оборудование кабины устройствами и приспособлениями, обеспечивающими нормальные и безопасные условия работы водителя, ограждение ее защитным козырьком, создание хорошей обзорности с рабочего места, оборудование комфортабельным и удобным сидением, введение обогрева кабины в зимнее время года и вентиляции в жаркое время, тепло- и звукоизоляции и обдув ветровых стекол теплым воздухом и т. д.

9. Оснащение автомобиля шинами, соответствующими условиям работы и претерпеваемым нагрузкам (применение для удлинения срока службы шин с особо прочными видами корда, бескамерных, и с усиленными и съёмными протекторами и со специальными рисунками, соответствующими дорожным условиям, очистителей шин от застревающих между ними камней), а также оснащение приспособлением для контроля давления воздуха в шинах.

Перечисленные требования являются типичными для современных автомобилей-самосвалов.

Современный технический уровень автомобилестроения машин для горной промышленности наилучшим образом представлен в конструкциях большегрузных автосамосвалов, выпускаемых в США.

В настоящее время в США выпускаются автосамосвалы грузоподъемностью 19, 15, 20, 22, 27, 34, 45 и 60 (70) т (рис. 30).

Автосамосвалы имеют как одинарные, так и двойные задние оси. Задние оси обыкновенно являются четырехскатными. При большой грузоподъемности переднюю ось иногда также снабжают двойными скатами. Ведущими являются задние оси. В некоторых машинах не большой грузоподъемности ведущими делают и передние оси. Для уменьшения радиуса поворота автосамосвалов стремятся возможно больше сократить расстояние между осями. Недостатки короткой базы компенсируются поддрессированием передней и задней осей.

В последние годы выпускаются автосамосвалы, у которых все четыре колеса поддрессированы специальными пневмогидравлическими цилиндрами, обеспечивающими независимое подвешивание с возможностью управления степенью поддрессирования. Кроме этого, пневмогидравлическая подвеска вдвое легче листовой рессорной, требует меньше ухода и создает хорошую амортизацию.

В то же время выпускаются большегрузные автосамосвалы без рессорного подвешивания. Этому в большой степени способствует при-

менение шин пониженного давления. Прочность их достигается применением в качестве каркаса высокопрочных синтетических тканей типа нейлон, а в последнее время с металлическим кордом. Шины колес автомобилей снабжаются приспособлениями для удаления застрявших камней и кусков породы. На некоторых машинах используют широкие односкатные шины, позволяющие значительно экономить резину и облегчающие ремонт и обслуживание. Трансмиссии — многоступенчатые, с применением дополнительных коробок или двухступенчатых задних мостов.

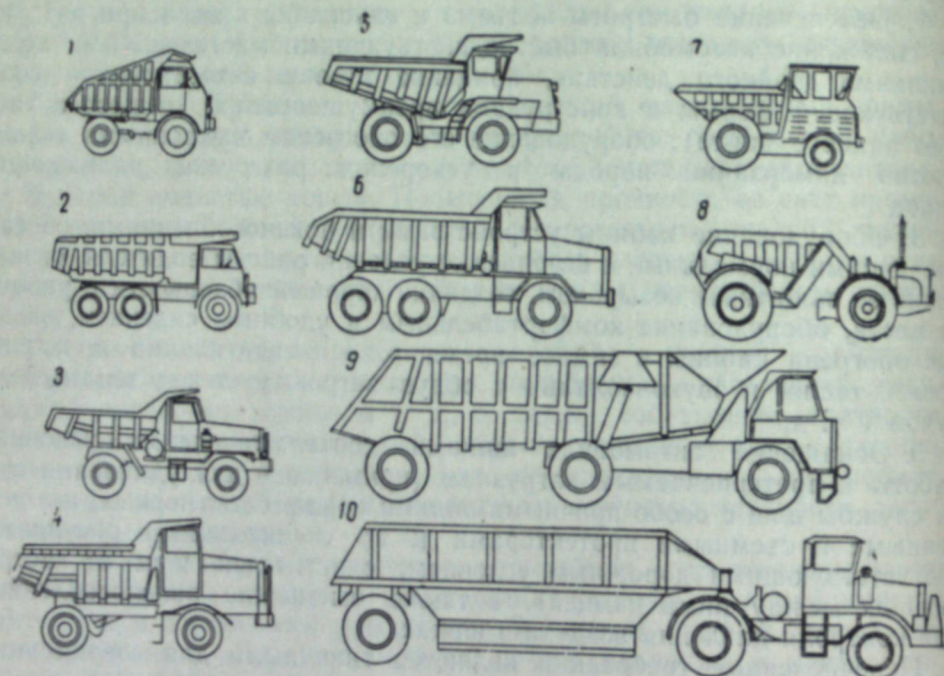


Рис. 30. Основные типы современных американских карьерных автомобилей грузоподъемностью 7—60 т:

1 — 10-тонный автосамосвал Фоден; 2 — 18-тонный автосамосвал Фоден; 3 — 22-тонный автосамосвал Макс; 4 — 27-тонный автосамосвал Эвклид; 5 — 32-тонный автосамосвал Ле-Турно; 6 — 35-тонный автосамосвал Дарт; 7 — 8-тонный думптор Керинг; 8 — 18-тонный полуприцеп Аллис-Чалмерс; 9 — 64-тонный полуприцеп Кенворт; 10 — 80-тонный полуприцеп Ле-Турно.

В качестве передач преимущественное распространение получили гидравлические, имеющие преобразователи крутящего момента, одно или несколько (3—4) ступенчатые гидротрансформаторы. Наряду с гидравлическими передачами начинают применять комбинированные, с использованием каждой из передач (гидравлической и механической) на различных участках пути. Коробки перемены передач, преимущественно планетарные, снабжаются гидравлическим переключением. Для торможения применяют гидравлические тормоза и пневматические дисковые на все колеса.

Для обеспечения безопасности движения на уклонах при скоростях до 28—30 км/час используют специальные гидравлические тормоза — гидрозамедлители, представляющие компактные центробежные масляные насосы, смонтированные непосредственно на трансмиссии.

Смазка автосамосвалов в большинстве случаев централизованная, автоматическая.

На автосамосвалах устанавливают двигатели внутреннего сгорания мощностью до 700 л. с. На мощных автомобилях в целях лучшей компоновки применяют два двигателя, устанавливая их по бокам рамы между передней и задней осями.

Двигатели обычно четырехтактные, реже двухтактные с восемью и двенадцатью цилиндрами мощностью 18—20 л.с./л. Для большей компактности вводятся дизели с горизонтальным расположением цилиндров, устанавливаемые под кузовом, чем уменьшается длина и вес автосамосвала. Для форсирования дизелей широко используют турбокомпрессорный наддув. Применяемая турбоподача топлива позволяет увеличить мощность двигателя на 30—40% и снизить расход топлива на 10—12%.

Применение турбонаддува со степенью повышения давления до 1,7:1—2:1 не сокращает работоспособности двигателя, увеличивает крутящий момент на 40—50%. При замене обычного дизеля дизелем с турбонаддувом равной мощности достигается уменьшение веса и стоимости двигателя на 30% и габаритного объема на 15%.

Двигатели имеют преимущественно водяное, реже воздушное охлаждение. Наряду с нефтяными двигателями некоторое распространение имеют двигатели, работающие на жидком газе. Вес двигателей на 1 л. с. — до 4—5 кг. Разгрузка кузовов выполняется преимущественно назад (автосамосвалы с боковой разгрузкой выпускаются грузоподъемностью не более 20—25 т).

Кузовам автосамосвалов обычно придают ковшовую форму (без заднего борта), встречается также яйцевидная форма. Но наиболее рациональной должны быть признаны кузова V-образной формы последних конструкций (Ле-Турно), отличающиеся большой шириной, глубиной и низким расположением центра тяжести. Кузова для большей прочности усилены ребрами жесткости, иногда имеют двойной или тройной пол с дубовыми прокладками. Изготавливают их из легированных сталей (лист 12—14 мм), для облегчения применяют различного вида алюминиевые сплавы. Считают, что вес автомобиля в этом случае уменьшается, а его производительность увеличивается на 10—15%. В результате требуется меньше транспортных единиц. Стоимость обслуживания также уменьшается ввиду неподверженности алюминиевых сплавов коррозии.

При высокой абразивности транспортируемых материалов кузова оборудуют дополнительными съемными днищами из высокопрочной марганцовистой стали, для обогрева отходящими газами их снабжают специальными устройствами. Кабины закрывают сверху мощными защитными козырьками, оборудуют устройствами для обогрева отработанными газами и установками для кондиционирования воздуха.

В последних конструкциях автосамосвалов встречаются кабины, расположенные впереди передней оси на значительном от нее расстоянии с левой стороны машины, рядом с двигателем. Благодаря этому уменьшаются общие габаритные размеры автомобиля и улучшается видимость из кабины водителя, обычно устраиваемой одноместной. В некоторых случаях кабину располагают непосредственно над двигателем, который устанавливают над передней осью. Автосамосвалы снабжаются специальным рулевым управлением с гидравлическими усилителями.

Технические показатели современных американских автомобилей-самосвалов приведены в табл. 52.

Как видно из табл. 52, основные конструктивно-технические показатели американских автосамосвалов изменяются в небольшом диапа-

зоне, особенно удельная емкость и удельная грузоподъемность. Более резко изменяется коэффициент тары, что зависит в большей степени от характеристики металлов, применяемых для изготовления машин, и главным образом от конструкции и веса кузова. В последних конструкциях автосамосвалов с введением турбоподдачи топлива увеличивается число оборотов двигателя и одновременно снижается вес двигателя на единицу мощности (обращает внимание высокая литровая мощность двигателей).

Таблица 52
Конструктивно-технические показатели современных автосамосвалов США

Наименование показателей	Показатели
Удельная емкость, $\text{м}^3/\text{т}$	0,52—0,58
Удельная грузоподъемность, $\text{т}/\text{м}^3$	1,75—1,90
Коэффициент тары, $\text{т}/\text{т}$	0,7—1,15
Удельная мощность двигателя, $\text{л. с.}/\text{т}$	6,0—9,6
Литровая мощность двигателя, $\text{л. с.}/\text{л}$	25—35
Вес двигателя на единицу мощности, $\text{кг}/\text{л. с.}$	3,5—4,0
Число оборотов двигателя, $\text{об}/\text{мин.}$	1800—2300
Динамический фактор	0,5—0,7
Нагрузка на ось до, т	35—40
Скорость движения до, $\text{км}/\text{час}$	55—65
Радиус поворота, м	7—20
Дорожный просвет до, мм	400—500

Удельная мощность двигателя современных автосамосвалов для возможности работы на крутых уклонах (8—10%) принимается не менее 6,5—7 л. с./т полного веса самосвала с грузом, а у новых большегрузных автосамосвалов достигает 7,4—9,6 л. с./т. Как правило, меньшие показатели относятся к более тяжелым машинам.

Динамический фактор, исходя из тех же условий, должен быть не менее 0,5.

Нагрузки на ось стремятся не увеличивать свыше 35 т, однако в автосамосвалах грузоподъемностью 50 т и более нагрузки на ось больше, так же как для этих машин приходится иметь и большие радиусы поворота.

Скорость автомобилей достигает 55—65 км/час, хотя, как показывает практика американских карьеров, рабочие скорости не превышают 40—45 км/час.

2. Специальное современное автомобильное оборудование для открытых разработок, его достоинства и недостатки

Максимальная грузоподъемность выпускаемых серийно американских автосамосвалов в настоящее время ограничивается в основном 45 т, дальнейшее увеличение грузоподъемности подвижного состава автотранспорта осуществляется путем применения седельных тягачей с различными полуприцепами и прицепами, главным образом за счет увеличения числа осей транспортных средств. Поэтому характерно, что при большом объеме работ в карьерах преимущественное применение получают мощные тягачи с 2—3 и большим числом осей. Преимущес-

вами тягачей с прицепами и полуприцепами при сопоставлении их с автосамосвалами являются:

- меньший собственный вес и следовательно меньший общий вес автопоезда;
- заменяемость прицепов при направлении их в ремонт, что исключает простой тягачей;
- простота конструкции, несложный и дешевый ремонт;
- возможность работы с большими скоростями на благоустроенных дорогах;
- большие экономически выгодные расстояния транспортирования;
- сокращение площадей автогаражей, так как прицепы в них не нуждаются;
- возможность использования тягачей с различными транспортными средствами и прицепными орудиями.

Недостатками тягачей с прицепами и полуприцепами являются:

- возможность применения, в основном, при наличии стационарных пунктов разгрузки;
- меньшая маневренность прицепов, чем автосамосвалов, трудность подъезда их к экскаватору и сложность подачи на разгрузку;
- повышение требований к дорожным условиям, меньшие преодолеваемые уклоны, потребность в больших кривых, худшее сцепление колес с дорогой при работе в непогоду, гололедицу и т. д.;
- полуприцепы и прицепы, позволяя значительно увеличить грузоподъемность автопоезда, приводят одновременно к снижению его тягово-динамических качеств, т. е. к снижению удельной мощности на 1 т полного веса (3,5—7,5 л. с./т).

Полуприцепы выпускаются с одной или двумя задними осями.

Две задние оси используют только в полуприцепах большой грузоподъемности.

Кузова полуприцепов имеют коробчатую форму или вид усеченной пирамиды и низкий центр тяжести. Последнее позволяет им передвигаться со скоростью до 60 км/час.

Выпускаемые в последнее время в США полуприцепы с донной разгрузкой снабжаются отвесными боковыми стенками и створками дна, раздвигающимися в стороны, что позволяет применять полуприцепы даже на вязких грунтах.

Полуприцепы с донной разгрузкой обладают меньшим собственным весом и меньшей первоначальной и эксплуатационной стоимостью на 1 т грузоподъемности, чем полуприцепы других типов (с боковым и задним опрокидыванием).

Удельная емкость их достигает 10—12 м^3 на 1 пог. м длины кузова.

Полуприцепы с донной разгрузкой имеют важное преимущество — быстроту разгрузки, которая может выполняться на ходу и занимать не более 0,2 мин.

В современных полуприцепах кузова выполняются из высокопрочных легированных сталей или алюминиевых сплавов, а также специализированно для определенных пород и полезных ископаемых, что позволяет облегчить общую конструкцию. Соотношение грузоподъемности и веса в новых полуприцепах доведено до 4.

Полуприцепы с донной разгрузкой имеют грузоподъемность 40, 50, 70 и 80 т. Отдельные образцы имеют грузоподъемность до 120 т. Особо тяжелые полуприцепы строятся, как правило, по специальным заказам для конкретных условий работы. Наиболее распространены полуприцепы с донной разгрузкой грузоподъемностью до 50 т, работающие на перевозке угля.

Техническая характеристика полуприцепов с донной разгрузкой, выпускаемых в США, дается в табл. 53.

Полуприцепы с боковой и задней разгрузкой выпускаются для перевозок крупнокузоватых скальных пород и руд. Обычно эти полуприцепы выпускаются грузоподъемностью до 30—40 т и редко более. Емкость кузова — от 10 до 25 м³.

За последние годы наряду с полуприцепами с боковой разгрузкой, осуществляемой гидравлическим способом, получили распространение полуприцепы с опрокидным кузовом без гидравлических механизмов для их разгрузки, что упрощает конструкцию и снижает их собственный вес. Разгрузка их осуществляется при помощи подъемных устройств (электрических лебедок или пневматических подъемников), смонтированных в стационарных приемных пунктах над бункерами. Такие полуприцепы строятся обычно безрамными, отличаются низким расположением центра тяжести и лучшей устойчивостью при движении с большими скоростями.

Откидной борт при разгрузке служит у них продолжением днища полуприцепа, что препятствует просыпанию груза под колеса. Полуприцепы с боковой разгрузкой строят, как правило, с односторонней разгрузкой, так как при двухсторонней разгрузке усложняется устройство гидравлической системы опрокидывания и трудно достигнуть желаемого (60—70°) угла опрокидывания кузова. Опорожнение кузова занимает не более 0,5 мин, что почти вдвое быстрее, чем при разгрузке назад.

Полуприцепы с разгрузкой назад работают с одноосными тягачами. Грузоподъемность их достигает 60—65 т [92], а емкость кузова до 30 м³. Наклон кузова их при разгрузке составляет 65—75°.

При недостаточности угла опрокидывания кузова у обычных разгружаемых назад полуприцепов в последние годы начали выпускать полуприцепы с принудительной разгрузкой, опорожнение кузова которых осуществляется заслонкой, перемещающейся в кузове и способствующей выталкиванию груза назад. Наличие заслонки позволяет удобно и быстро осуществлять разгрузку вязких и мерзлых пород.

Техническая характеристика полуприцепов с боковой и задней разгрузкой приводится в табл. 54.

Автопоезда, получившие достаточно широкое распространение в сороковых годах, в последнее время используются вследствие их малой маневренности значительно реже. Автопоезд формируется обычно из одного полуприцепа и одного-двух прицепов (буксирных). Буксирные прицепы имеют кузова и разгрузочные устройства такой же конструкции, что и полуприцепы, но в отличие от них вся нагрузка кузова прицепа полностью передается на его оси, вследствие чего тягачи, работающие с прицепами, имеют недостаточный сцепной вес, что является причиной буксования их на сырой дороге и ограничивает их применение при крутых подъемах. Большая длина автопоездов из прицепов затрудняет их работу на малых кривых. Особенно неудобно маневрировать ими в местах разгрузки и погрузки.

Общий вес поезда достигает 150 т. Буксирные прицепы, как правило, имеют донную разгрузку и реже боковую.

Тягачи (табл. 55) [55], работающие с полуприцепами и прицепами, снабжаются одной или двумя ведущими осями и дизельными двигателями мощностью до 600 л. с. Такие тягачи на горизонтальных участках дорог развивают скорость до 55—60 км/час. При подъемах около 5% эта скорость снижается до 20—25 км/час.

Таблица 53

Техническая характеристика полуприцепов с донной разгрузкой (США)

Фирма	Модель	Грузоподъемность, т	Собственный вес, т	Полный вес с грузом, т	Коэффициент тары, т/т	Наибольшая нагрузка на ось, т	Колесная формула	Емкость кузова, м ³	Расчетный объемный груз, т/м ³	Габариты, м		Фирма двигателя	Мощность, л. с. и число оборотов в минуту	Удельная мощность, л. с./т	Наибольшая скорость, км/час	Размеры шин	
										ширина	длина					передних	задних
Ле-Турино-Вестингауз	80Haul-pak	72,0	40,0	112,0	0,55	49,2	6×2	76,4	0,95	3,60	16,7	Cummins	450—2100	4,3	65	18,00×33	18,00×33
Дарт	70S-BDT	64,6	37,4	102,0	0,58	—	—	—	—	—	—	Cummins	425—2100	4,2	—	18,00×25	18,00×33
»	50S-BDT	45,5	29,5	75,0	0,65	—	—	—	—	—	—	Cummins	320—2100	4,2	—	14,00×25	18,00×25
Алис-Чалмерс	TW-360	25,4	21,3	46,7	0,84	—	—	—	—	3,50	10,9	Собственная	280—2100	6,2	—	24,00×29—(24 слоя)	24,00×29—(24 слоя)
Эвклид	28LDT-133W	36,2	28,8	65,0	0,79	29,8	6×2	40,0	0,90	3,50	16,3	Cummins	325—2000	5,0	—	14,00×25	27,00×25
»	LDT	35,4	27,4	62,8	0,77	19,2	6×2	19,5	1,82	3,40	14,7	Cummins	325—2100	5,3	—	14,00×25—(20 слоев)	27,00×33—(24 слоя)
»	TDT	23,6	20,3	43,9	0,86	—	—	13,0	1,81	3,30	13,7	Cummins	300—2100	6,8	—	14,00×25—(16 слоев)	24,00×25—(24 слоя)
»	77FDT-121W	22,7	20,2	42,9	0,89	19,7	6×2	37,1	0,63	3,30	13,3	Cummins	218—2100	5,1	50	12,00×25—(16 слоев)	24,00×25—(24 слоя)
»	То же	25,7	20,4	46,1	0,90	19,7	6×2	29,5	0,77	3,30	12,9	Cummins	218—2100	5,1	50	12,00×24	24,00×25
»	S-12	20,0	19,9	39,9	1,00	—	6×2	—	—	—	—	GMS	218—2100	5,5	—	24,00×25	24,00×25
»	FDT	18,1	16,4	34,5	0,90	—	—	—	—	3,30	12,7	GMS	218—2100	6,3	—	12,00×25—(14 слоев)	24,00×25—(16 слоев)
Катерпиллер	DW-15	12,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	—	26	—	—
»	DW-20	22,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	225	—	42,8	—	—
Интернейшнл	—	51,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	335	—	61,0	—	—

Фирма	Модель	Грузоподъемность, т	Собственный вес, т	Полный вес с грузом, т	Коэффициент тары, т/т	Наибольшая нагрузка на ось, т	Колесная формула	Емкость кузова, м³	Расчетный объемный вес груза, т/м³	Двигатель		Удельная мощность, л. с./т	Наибольшая скорость, км/час	Размер шин	
										фирма	мощность, л. с., число оборотов			передних	задних
Разгрузка назад															
Джонс-Эвклид-Вестерн (США)	LLD	149,0	70,5	219,5	0,47	48,7×2	10×4	84(61)	1,75(2,4)	Cummins	2×500	3,4	56	18,00×33"	18,00×33"
Кенворт (США)	803-B	57,5	45,3 (64)	103,0 (105)	0,79	41,2	6×2	—	—	Cummins	600	5,8	—	—	—
Эвклид (США)	S-18	31,8	28,2	60,0	0,89	40,0	4×2	17,6	1,80	GMS	300—2000	5,0	40	27,00×33"	27,00×33"
Аллис-Чалмерс (США)	TR-200	14,3	—	—	—	—	—	—	—	—	165	—	35	—	—
Ойник-Вестерн (Канада)	—	108,0	53,0	161,0	0,49	46,0×2	8×4	61	1,75	—	—	—	—	—	—
Разгрузка набок															
Аллис-Чалмерс (США)	TW-360	36,0	—	—	—	—	—	—	—	—	280	—	35	—	—
Эвклид (США)	46-TD	41,0	—	—	—	—	—	—	—	—	300	—	—	—	—

В США наиболее распространены тягачи с полуприцепами Эвклид (табл. 55), Аллис-Чалмерс, Катерпллер, Ле-Турно и др. Основным направлением технической политики в развитии специального автомобилестроения для карьерных работ в последнее время является создание мощных тягачей с полуприцепами особо большой грузоподъемности. К ним относятся:

1. Тягач Кенворт с безрамным полуприцепом с задним опрокидыванием, грузоподъемностью 64 т. Полный вес автопоезда 105 т. Коэффициент тары автопоезда 0,79. На тягаче применяется 12-цилиндровый дизель Камминс мощностью 400 л. с. или 600 л. с. Соответственно удельная мощность — 3,9 или 5,8 л. с./т.

Таблица 55
Техническая характеристика тягачей для прицепов и полуприцепов (США)

Показатели	Марки тягачей			
	77FDT	70FDT	23FDT	VTDT
Габаритные размеры, мм				
длина	5000	5000	5770	5680
ширина	2750	2750	2760	3470
высота	2850	2850	3140	2940
Мощность двигателя, л. с.	218	200	300	300
Собственный вес, кг	8500	9300	11500	12900
Число осей	2	2	2	2
База, мм	2875	2875	3350	3000

2. Автопоезд Вестерн [126] сконструирован и построен фирмой Джонс в Лос-Анжелесе по заказу строительной фирмы Вестерн. Для него сконструирован двухосный самосвальный полуприцеп рамной конструкции с задней разгрузкой. В качестве седельного тягача использовано модифицированное шасси трехосного самосвала Эвклид, грузоподъемность которого 45 т. Общая мощность двух установленных на тягаче двигателей — 1000 л. с. Скорость автопоезда по дорогам — 56 км/час. Полный вес автопоезда с грузом 180 т. Удельная мощность 4,15 л. с. на 1 т полного веса. Емкость кузова полуприцепа 61 м³.

Для изготовления полуприцепа применена конструкционная легированная сталь Т-1, что дало возможность уменьшить собственный вес полуприцепа на 25%, или на 11,3 т (коэффициент тары 0,47). Эта сталь поддается формовке и сварке и поэтому все части могут быть изготовлены из листа.

3. Тягач Ле-Турно-Вестингауз с полуприцепом для перевозки угля (с донной разгрузкой) грузоподъемностью 80 т. Емкость кузова 76,4 м³. Мощность двигателя — 450 л. с. Скорость автопоезда по дорогам — 64 км/час. Коэффициент тары около 0,7, полный вес поезда с грузом равен 122 т и удельная мощность составляет 3,69 л. с./т.

4. Полуприцеп, построенный в 1957 г. фирмой Марион (США) для перевозки угля [27], имеет кузов емкостью 100 м³. Вес автопоезда — тягача с полуприцепом 50 т. Удельная мощность — меньше 4 л. с./т.

Удельная мощность других известных зарубежных автопоездов также низкая. Так, например, автопоезд Эвклид грузоподъемностью 36 т для перевозки угля имеет удельную мощность 4,8 л. с./т; автопоезд Крупн грузоподъемностью 40 т — удельную мощность 3,7 л. с./т; автопоезд Марион грузоподъемностью 64 т для перевозки угля имеет удельную мощность 3,67 л. с./т.

По маневренности вновь создаваемые большегрузные автопоезда значительно уступают единичным самосвалам: увеличивается радиус поворота и затрудняется подача задним ходом, из-за возможности подвертывания полуприцепа.

Для уменьшения радиуса поворота сколь возможно уменьшают колесную базу тягачей. Для устранения второго недостатка фирма Кенворт соединяет ось полуприцепа с тягачом системой штанг таким образом, что при поворотах автопоезда ось полуприцепа всегда идет по следу оси тягача. В этом случае при движении автопоезда задним ходом никаких трудностей не возникает, но поворачиваемость его еще ухудшается.

За последние годы в США широкое распространение получили оригинальной конструкции одноосные тягачи с полуприцепами, спаренными в один агрегат, за которыми установилось название турнороккеров (по названию фирмы Ле-Турно, начавшей их выпуск [29]).

В отличие от автосамосвалов, полуприцепов и прицепов, эта машина не имеет основной рамы и подрамника, рессорной подвески, у нее отсутствуют соединительные тяги рулевого управления. Передняя ось (тягача) и задняя (прицепа) соединены между собой при помощи кузова, ведущего дышла, опорно-поворотного устройства и короткой рамы тягача. Все это упрощает конструкцию и увеличивает ее надежность.

Безопасность движения турнороккеров обеспечивается надежными тормозными устройствами на ведущих (передних) и ведомых (задних) колесах, представляющими многодисковую муфту сцепления между колесом и осью. Площадь тормозной поверхности у турнороккеров в 4 раза больше, чем у автосамосвалов того же класса.

При движении на спусках торможение осуществляется с помощью электрозамедлителя, обеспечивающего резкую остановку без применения механических тормозов. Турнороккеры выпускаются грузоподъемностью 11, 22, 35 т с двигателями тягачей мощностью от 138 до 300 л.с.

Короткая колесная база и возможность поворота тягача относительно прицепа на 90° обеспечивают радиус поворота машины, не превышающий 4—4,5 м, что значительно меньше длины самого турнороккера. Это обуславливает высокую мобильность машины.

У турнороккеров более 50% веса машины приходится на передние ведущие колеса, это вместе с наличием электротрансмиссии, обеспечивающей увеличение тяги на ведущие колеса, возможностью укорачивания и удлинения колесной базы и оснащением шинами низкого давления обеспечивает высокую проходимость машины, а также способность преодолевать значительные подъемы с большой скоростью при плохом состоянии дорог.

Потребная удельная мощность турнороккеров на 12—17% ниже, чем у автосамосвалов обычных конструкций.

Основными преимуществами турнороккеров являются:

- надежность в работе, несложность конструкции, простота обслуживания и ремонта, отсутствие узлов и деталей, наиболее часто подверженных поломкам;
- высокие скорости (до 55 км/час), повышенная проходимость, хорошая маневренность и безопасность работы;
- более высокая производительность и низкая стоимость эксплуатации и транспортирования, чем у обычных автосамосвалов той же грузоподъемности.

Благодаря этим преимуществам турнороккеры могут считаться одними из наиболее простых и современных конструкций автомобилей.

приспособленных для работы в тяжелых горных условиях. Одним из наиболее существенных их недостатков является достаточно высокий коэффициент тары.

Техническая характеристика турнороккеров дается в табл. 56.

Таблица 56

Техническая характеристика турнороккеров Ле-Турно-Вестингауз (США)

Показатели	Типы машин				
	B	C	новая модель	D	новая модель
Габаритные размеры, мм					
длина	11,20	8,95	12,0	7,60	10,1
ширина	3,78	3,39	2,80	2,40	2,85
высота	4,20	3,42	—	2,88	—
Грузоподъемность, т	31,7	20,0	18,1	10,0	7,7
Колесная база, м	6,25	4,90	—	4,38	—
Колесная база в положении разгрузки, м	3,72	2,93	—	2,44	—
Расстояние низших точек над уровнем дороги, м	0,72	0,52	—	0,46	—
Требуемая ширина площадки для разворота, м	10,5	8,65	—	7,45	—
Мощность двигателя, л.с.	335	226	210	138	138
Скорость движения, км/час					
передняя	55	51,5	46	37	30
задняя	9,3	18,5	—	4,9	—
Емкость кузова, м³	16,2—19,2	10,3—11,8	8,05	4,9—5,6	—
Угол наклона кузова, град	58	66	—	52	—
Размер шин	27,00×33"	26,5×25"	24,0×25"	23,5×25"	18,00×25"
Собственный вес, т	32,2	19,8	18,6	10,0	9,1
Полный вес с грузом, т	63,9	39,8	36,7	20,0	16,8
Коэффициент тары	1,03	0,99	1,02	1,0	1,18
Наибольшая нагрузка на ось, т	32,0	19,9	—	10	—
Колесная формула	4×2	4×2	4×2	4×2	4×2
Расчетный объемный вес, т/м³	1,80	1,77	2,20	1,85	1,10
Удельная мощность, л.с./т	5,3	5,7	5,7	6,7	7,6
Радиус поворота, м	5,35	4,4	—	3,75	—

Из других типов специальных машин, получивших значительное распространение в США и в ряде стран Европы (Венгрия, Англия, ФРГ и др.) являются думпторы [62]. Думпторы представляют компактной конструкции автомобиль с четырехколесным шасси и пирамидальным кузовом, имеющим предохранительный козырек. Кузов опрокидывается вперед и расположен впереди поворотного сидения водителя. Выпускаемые в США думпторы имеют грузоподъемность от 7,5 до 13 т и кузова емкостью до 10 м³. Думпторы, изготовленные в других странах, имеют меньшие параметры.

Возможность расположения кузова перед водителем при повороте сидения обеспечивает большую точность погрузки и разгрузки (в точно определенном месте), удобство маневрирования на отвале, возможность сдвигания опрокинутым под 80—90° кузовом разгруженной породы. Во время движения водитель может вести машину при положении сидения впереди кузова, что облегчает видимость дороги, обеспечивает увеличение скорости и безопасность движения. Работа с поворотом сидения позволяет осуществлять «челноковое» движение [12].

Разрушке мягких и вязких пород способствует также специальный, подвешенный на цепях, сбрасывающий лист, лежащий при горизонтальном положении кузова на его дне.

Опрокидывание кузова производится силой тяжести, а у других моделей — с помощью гидравлических устройств*. Техническая характеристика думпторов приводится в табл. 57.

Таблица 57

Техническая характеристика думпторов

Показатели	Керинг США	Авелинг Бэрдфорд Англия	DR-50 Венгрия
Грузоподъемность, т	10,0	9,1	5,0
Емкость кузова, м ³	6,0	6,0	3,5
Мощность двигателя, л. с.	110	150	50
Наибольшие скорости движения, км/час			
вперед	40,0	35,7	28,5
назад	—	30,2	9,56
База, мм	2590	—	2350
Радиус поворота, м	5,2	6,0	5,0
Угол опрокидывания кузова, град	90	80	85
Вес думптора, т	—	10,35	4,95

3. Условия рационального применения различных видов автомобильного оборудования на карьерах

Наиболее характерными техническими данными для выбора того или иного вида карьерного автомобильного оборудования являются горно-технические условия, свойства пород, расстояние перевозок, масштаб работ, а также грузоподъемность, емкость кузова, мощность двигателя, число осей и способ разгрузки автомобиля. Окончательное решение при выборе вида автомобильного оборудования должно приниматься после его экономической оценки.

Автомобили-самосвалы малой грузоподъемности, до 5—7 т, с мощностью двигателя до 200 л. с. наиболее целесообразны для использования на вспомогательных работах, при разработках малого масштаба, для транспортирования преимущественно мягких пород с объемом годовых перевозок до 200—250 тыс. м³.

Автомобили-самосвалы средней грузоподъемности до 12—15 т с мощностью двигателей 150—200 л. с., наиболее применимы для карьеров небольшой производительности с объемом перевозок горной массы до 2—3 млн. м³, преимущественно для мягких и полускальных пород. Использование их возможно в сложных и стесненных условиях разработки, при раздельной выемке пород и полезных ископаемых и длине транспортирования не более 3 км.

Большегрузные автомобили-самосвалы грузоподъемностью до 25—30 т с мощностью двигателей 300—400 л. с. целесообразны главным образом в карьерах средней производительности с годовым объемом транспортируемой горной массы до 10 млн. м³, при перевозках как мягких, так и скальных тяжелых пород и руд, при работе в сложных горнотехнических условиях и раздельной выемке пород и полезного ископаемого, при длине транспортирования до 5 км.

Автомобили-самосвалы сверхбольшой грузоподъемности, до 50 т и более, с мощностью двигателей до 600 л. с. наиболее правильно исполь-

* Подробное описание и оценка конструкций приводится нами в книге «Автомобильный и тракторный транспорт на карьерах», Свердловск, Металлургиздат, 1957.

зовать в карьерах с годовым объемом перевозок горной массы до 20 млн. м³ и более, для транспортирования главным образом тяжелых скальных пород и руд, в сложных горнотехнических условиях, при значительных размерах рабочего пространства, валовой выемке и расстояниях откатки до 7 км (рис. 31).

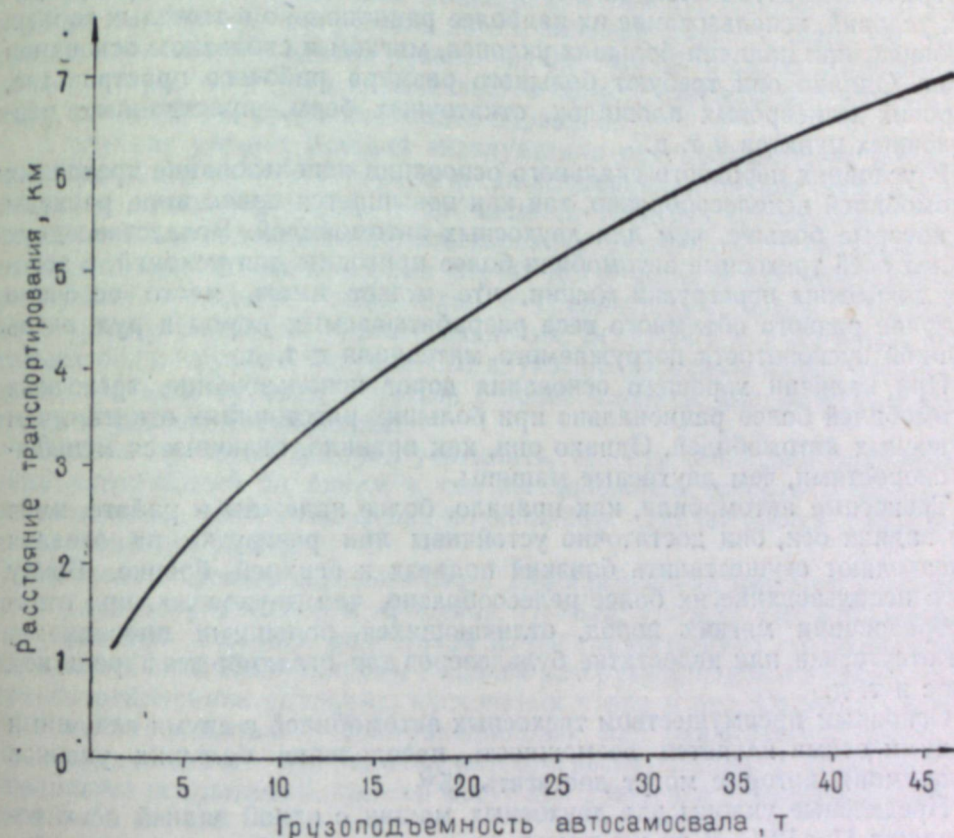


Рис. 31. Рациональная дальность транспортирования автосамосвалами различной грузоподъемности в карьерах.

Автомобили-самосвалы большегрузные и сверхбольшой грузоподъемности являются наиболее экономичными по использованию мощности, расходу топлива и смазки, материальным и людским затратам на обслуживание и ремонт и дают наиболее низкие показатели стоимости 1 ткм перевозок.

Из рассмотренных автомобилей-самосвалов по грузоподъемности наиболее универсальными для современных карьеров являются автосамосвалы грузоподъемностью 25—30 т, отличающиеся к тому же достаточной маневренностью и, как правило, обладающие значительными скоростями.

Двухосные машины наиболее предпочтительны в условиях, требующих осуществления сложных маневров в местах погрузки и разгрузки, при стесненности маневровых площадок и рабочего пространства карьеров, при проходке траншей, при меньших расстояниях откатки, чем трехосные и т. д. Двухосные автомобили-самосвалы наиболее рационально использовать при отсутствии хорошо оборудованных ремонтных баз, так как они более легки и менее трудоемки в обслуживании и ремонте.

Кроме того, они имеют обычно более низкую стоимость (на 10—15%), чем трехосные автомобили. Конструктивно они обычно пригодны для модернизации и превращения их в более мощные трехосные машины с большей мощностью двигателя, с заменой или наращиванием кузова.

Трехосные автомобили-самосвалы менее приспособлены для карьерных условий, использование их наиболее рационально в тяжелых горных условиях, при наличии больших уклонов, мягком и скользком основании дорог. Однако они требуют большого размера рабочего пространства, широких маневровых площадок, откаточных берм, пространных разгрузочных пунктов и т. д.

В условиях неровного скального основания использование трехосных автомобилей нецелесообразно, так как повышается износ шин, расходы на которые больше, чем для двухосных автомобилей. Вследствие двух задних осей трехосные автомобили более пригодны для условий, в которых возможны перегрузки машин, что может иметь место особенно в случае разного объемного веса разрабатываемых пород и руд, очень крупной кусковатости погружаемого материала и т. д.

При наличии хорошего основания дорог использование трехосных автомобилей более рационально при больших расстояниях откатки, чем двухосных автомобилей. Однако они, как правило, отличаются меньшими скоростями, чем двухосные машины.

Трехосные автомобили, как правило, более надежны в работе, имея две задних оси, они достаточно устойчивы при разгрузке на отвалах и позволяют осуществлять близкий подъезд к верхней бровке. Ввиду этого использование их более целесообразно, чем двухосных, при отвалообразовании мягких пород, отличающихся большими просадками, при отсутствии или недостатке бульдозеров для сталкивания породы под откос и т. д.

Основным преимуществом трехосных автомобилей с двумя ведущими задними осями является возможность преодоления больших уклонов (подъемов), которые могут достигать 15%.

Предельные уклоны для двухосных машин с одной задней осью составляют 11—12%. В то же время, если двухосные большегрузные машины одной и той же грузоподъемности с трехосными имеют радиус поворота 15 м, то трехосные требуют для поворота радиус 20—25 м.

Однако трехосные автомобили отличаются лучшей устойчивостью в движении, особенно при преодолении ограниченных радиусов кривых.

Таким образом, трехосные автосамосвалы имеют преимущества перед двухосными при неровных, тяжелых, с большими уклонами дорожных трассах, и в случае достаточного клиренса значительно лучше по проходимости, чем двухосные.

Для использования они предпочтительны при разработке мягких вскрышных пород на верхних горизонтах карьеров.

Различные условия, в которых приходится автосамосвалам работать в период строительства и в период эксплуатации рудников, заставляют применять неоднотипное оборудование. Учитывая, что в период строительства в преобладающем большинстве случаев используются экскаваторы меньшей мощности, с меньшей емкостью ковша, а работы (особенно проходка траншей) проводятся в тяжелых условиях и при бездорожье, целесообразно применение автосамосвалов преимущественно средней грузоподъемности, трехосных с двумя или всеми тремя ведущими осями.

Автосамосвалы должны обладать высокой проходимостью, прочностью ходовой части и быть достаточно выносливыми и надежными, так

как они используются обычно при отсутствии постоянных ремонтных баз и гаражей.

Опыт строительства рудников показывает, что срок службы автосамосвалов в существующих условиях не превышает трех лет, поэтому в ряде случаев на период строительства следует использовать наиболее легкие, подвижные и дешевые машины, а к моменту разворота работ на карьере ввести большегрузный автомобильный парк. К тому же, если при эксплуатации намечено использование тягачей с прицепами, применение которых в период строительства будет затруднено, временный парк автомобилей будет еще более оправдан.

В случаях разных условий эксплуатации при производстве вскрышных и добычных работ, особенно когда вскрываются мягкие породы с небольшим объемным весом, а добываются тяжелые, кусковатые руды, становится целесообразным использование различного подвижного состава автотранспорта. В первом случае могут быть целесообразны большегрузные трехосные самосвалы, с сравнительно легкой конструкцией кузова, с шинами низкого давления. Во втором случае предпочтительны большегрузные маневренные двухосные автосамосвалы, с тяжелым особо прочным кузовом и рамой, с более высоким динамическим фактором и удельной мощностью.

Однако при этом следует учитывать, что при движении различного типа автомобилей по одним и тем же дорожным трассам необходимо устанавливать режим движения по машинам, отличающимся меньшими скоростями движения.

Несколько меньшие возможности для применения имеются у различного рода полуприцепов и прицепов. Правда, условия для применения полуприцепов с задней разгрузкой почти соответствуют условиям для автосамосвалов. Полуприцепы с задней разгрузкой наиболее удобны для транспортирования скальных, кусковатых пород и руд. Отличаясь большой маневренностью и быстротой, они оказываются наиболее производительными при наличии благоустроенных дорог с усовершенствованными покрытиями, где они могут при движении развивать скорость до 45—50 км/час.

Благодаря малым радиусам поворота, короткой базе они могут быть успешно применены также для доставки руды из забоев к подъемникам, к дробильной установке в карьере, т. е. при работе на сравнительно коротком плече, при сложной дорожной трассе, при селективной разработке руд или доработке нижних горизонтов месторождения.

При транспортировании пород в отвалы условия их применения ограничиваются породами, дающими малую осадку, преимущественно скального или полускального типа.

Использование полуприцепов для транспортирования мягких пород в отвалы периферийного типа возможно лишь при высоте отвалов, не превышающей 8—10 м.

Полуприцепы с боковой разгрузкой, помимо быстроты разгрузки на отвалах, не требуют устройства и планировки дорог на отвале, достаточно содержание в проезжем и уплотненном состоянии лишь одной дорожной трассы вдоль бровки отвала. Существенным недостатком полуприцепов с боковой разгрузкой (так же, как и автосамосвалов) является недостаточная устойчивость их при разгрузке смерзающихся и вязких пород, а также происходящее при разгрузке засыпание колес. Наиболее рационально использование полуприцепов с боковой разгрузкой при стационарных пунктах приема рудной массы, при наличии в них нескольких мест разгрузки и достаточной длине разгрузочного фронта. Полуприцепы при этом могут разгружаться даже на тихом ходу. Воз-

можно также использование их при разгрузке транспортируемого материала с эстакад, в воду и т. д.

Стационарным пунктам приема горной массы наиболее соответствуют полуприцепы или прицепы с боковой разгрузкой, осуществляемой с помощью крановых устройств.

В США установлено, что при указанных условиях и необходимости иметь в карьере более 3 машин такие прицепы целесообразны во всех случаях перевозок более 2000 т горной массы в смену.

Если местоположение приема горной массы не изменяется за время всей деятельности предприятия, возможно использование таких полуприцепов и прицепов с односторонней разгрузкой.

Условия применения полуприцепов и прицепов с донной разгрузкой еще более ограничены, чем агрегатов с боковой разгрузкой. Их возможно использовать лишь для транспортирования материалов небольшой кусковатости, до 300—400 мм в поперечнике, не влажных, не слеживающихся и не смерзающихся. Не применимы прицепы с донной разгрузкой для перевозок вязких пород. Обыкновенно ими транспортируют уголь, мелкокусковатую руду, рудные концентраты, различного рода сыпучие полезные ископаемые, такие как фосфориты, гравий и т. д.

Благодаря небольшому сцепному весу, передаваемому прицепом на ведущую ось тягача, применение их целесообразно лишь на дорогах с улучшенными покрытиями и при уклонах не более 4—5%. В этих условиях они способны развивать скорости до 50—60 км/час, но лишь на дорогах с возможно большей прямолинейностью и значительными радиусами закруглений. Использование полуприцепов и прицепов с донной разгрузкой наиболее рационально на внекарьерных перевозках: от карьера до обогатительной фабрики, перегрузочных станций, до потребителей — металлургических и химических заводов, электростанций и т. д.

В стационарных пунктах приема транспортируемого материала должен быть прямолинейный фронт разгрузки достаточной длины, в этих случаях прицепы могут разгружаться в процессе движения.

Для погрузки полуприцепов и прицепов с донной разгрузкой также необходим погрузочный фронт большой длины (вследствие значительной длины всего агрегата и плохих маневровых качеств), поэтому для нормальной эксплуатации прицепов нужны большие прямолинейные заборы и устройство сквозного проезда вдоль всего фронта работ.

Обыкновенно полуприцепы и прицепы с донной разгрузкой работают на карьерах средней и большой производительности и используются при больших, чем автосамосвалы, расстояниях откатки. Как правило, эти расстояния — не менее 5 км, достигают 10—15 км и более.

В США имел место случай, когда рудные концентраты от обогатительной фабрики до водной пристани транспортировались на расстоянии около 500 км.

Благодаря высоким скоростям движения, небольшой первоначальной стоимости, недорогому ремонту и обслуживанию при большом количестве одновременно перевозимого груза полуприцепы и прицепы с донной разгрузкой являются самыми экономичными транспортными средствами.

Наиболее рациональная грузоподъемность прицепов с донной разгрузкой находится за пределами 40—50 т.

Специального типа машины — турнорокеры и думпторы — наиболее целесообразны для использования в особых условиях.

Таковыми условиями следует считать для турнорокеров крайне стесненные заборы с радиусами поворотов до 5 м, значительные уклоны, достигающие 10—12%, в сочетании с прямолинейными и ровными участками, где возможно или требуется развитие высоких скоростей движе-

ния (до 40—45 км/час). Обычно это — карьеры не выше средней производительности, ограниченных размеров в плане, в которых производится селективная выемка, при непрямолинейных забоях, неровной подошве горизонтов, при доставке полезного ископаемого на поверхность с небольшой глубины или при доработке нижних горизонтов с транспортированием полезного ископаемого на небольшое расстояние до дробилки, подъемника, перегрузочного узла.

Использование думпторов целесообразно на карьерах с малым масштабом работ и небольшими расстояниями откатки (не более 1—1,5 км). Наиболее рациональными условиями применения думпторов следует считать одноступенную разработку при прямолинейной трассе движения от забоя до места разгрузки (без больших уклонов), что позволяет организовать работу по «маятниковой схеме», без поворотов машины.

Используются думпторы в большинстве случаев на карьерах каменно-строительных материалов при экскаваторах с ковшами емкостью 2—3 м³.

Проанализировав и установив наиболее рациональные условия применения различных видов автомобильного оборудования, можно сделать выводы о наиболее правильных путях использования его в СССР.

Ведущим видом автомобильного оборудования для отечественных карьеров являются автосамосвалы, среди которых наиболее перспективны большегрузные (грузоподъемностью 25—30 т и выше). Меньшие возможности, чем в США, имеются для применения в СССР различного рода полуприцепов и прицепов. Климатические условия восточных районов страны, отличающихся большим количеством осадков и низкими температурами, затрудняют широкое применение прицепов и автопоездов (малые допустимые уклоны, смерзание пород и т. д.). Однако удельный вес полуприцепов и автопоездов должен неуклонно из года в год увеличиваться.

Наибольшее использование в СССР могут получить полуприцепы с задней разгрузкой для перевозки как мягких, так и скальных пород и руд, при разгрузке их в отвалы и приемные бункеры. Высокие маневровые и скоростные качества таких прицепов позволят применять их в сложных условиях разработок месторождений рудных и нерудных ископаемых.

Предпочтение полуприцепам с задней разгрузкой перед автосамосвалами будет отдано в случае, если угол опрокидывания их кузова будет не менее 60—65°, что обеспечит их разгрузку при транспортировании мягких, глинистых и смерзающихся пород и ископаемых, и если они будут снабжены шинами низкого давления, что улучшит их проходимость в тяжелых дорожных условиях.

Ввиду небольшого собственного веса, хороших маневровых и скоростных качеств, меньшей стоимости полуприцепов, как показывает практика американских карьеров, от них можно ожидать повышения производительности и снижения эксплуатационных расходов по сравнению с автосамосвалами той же грузоподъемности минимум на 10—15%.

Как показывает анализ условий применения различных средств автомобильного транспорта, около 20% используемых на открытых горных и земляных работах Советского Союза агрегатов должно быть с боковой разгрузкой [13].

Кроме автосамосвалов средней грузоподъемности должны получить применение полуприцепы с боковой разгрузкой, осуществляемой в стационарных пунктах с помощью крановых устройств. Такие прицепы, имеющие на 20—25% меньшую стоимость, чем автосамосвалы, более просты в эксплуатации и обслуживании, дадут несомненно лучшие

трудовые и стоимостные показатели при использовании их в карьерах по сравнению с самосвалами. Они могут быть применены на большинстве отечественных рудных карьеров (комбинаты Сарбайский, Криворожские, Качарский и др.), главным образом на доставке руды из забоев до перегрузочных пунктов, дробилок, подъемников.

Поскольку такие прицепы отличаются худшим использованием сцепного веса, чем автосамосвалы, особенно если они агрегируются с двухосными тягачами, их лучше использовать для транспорта внутри карьера или на поверхности при сравнительно небольших уклонах.

Более ограничены возможности применения в СССР полуприцепов с донной разгрузкой. Использование их для перевозки руд почти исключается, так как сыпучие мелкокусковые руды в СССР сравнительно редки, а там, где они встречаются, почти везде неизбежно их смерзание в зимний период, что затрудняет разгрузку. При разработке угольных месторождений может быть особенно успешным использование полуприцепов и прицепов с донной разгрузкой в средней полосе Союза (например Кимовский, Бегишевский и другие карьеры) при невлажных и не сильно смерзающихся углях не крупной кусковатости. Не исключается возможность использования полуприцепов и прицепов для перевозок угля от забоев до промплощадок, железнодорожных станций на ряде крупных восточных карьеров, в частности на Ирша-Бородинском, Черемховских разрезах и др. При использовании полуприцепов и особенно прицепов с донной разгрузкой, ввиду большой длины агрегатов требуются увеличенных размеров площадки в местах погрузки и разгрузки. В конструктивном отношении полуприцепы с донной разгрузкой должны иметь более широкую разгрузочную щель, чем большинство таких полуприцепов в США.

Вследствие их значительно меньшего коэффициента тары, большой простоты устройства и содержания и меньшей первоначальной стоимости, в названных условиях они будут несравненно экономичнее автосамосвалов. Кроме этого, они могут более соответствовать по емкости, чем автосамосвалы. Целесообразен их выпуск небольшими сериями, в нескольких модификациях.

Большая потребность могла бы возникнуть в турнороккерах, если бы их производство было организовано в СССР.

Автомобили этой конструкции нашли бы широкое использование как на рудных, так и нерудных карьерах малой и средней производительности, например, таких как Кимперсайские, Уфалейские никелевые, Донские хромитовые, Ново-Киевский, Ново-Петропавловский железорудные, а также на ряде глиняных, бутовых, гипсовых и других нерудных карьерах. Высокая мобильность этих машин, хорошая проходимость, универсальность, низкая первоначальная стоимость и малые эксплуатационные расходы являются серьезным основанием для быстрого налаживания их производства в СССР.

Не менее нужны, главным образом для карьеров нерудных ископаемых, особенно для различных каменных карьеров, небольшой грузоподъемности думпторы. Использование их, как было указано, наиболее рационально при короткой прямолинейной откатке по одному горизонту до вблизи расположенной дробильной установки. Эти машины должны в таких условиях полностью заменить еще широко применяемый на отечественных каменных карьерах железнодорожный транспорт узкой колеи. Если в ближайшее время производство думпторов в СССР не будет организовано, они должны получаться в порядке кооперированных поставок из Венгрии.

Учитывая намеченные в различных отраслях горнодобывающей про-

мышленности СССР объемы работ на 1970—1975 гг. и высказанные соображения о рациональном применении различных видов автомобильного оборудования, можно считать, что для карьеров СССР необходимо это оборудование в следующем соотношении (табл. 58).

Таблица 58
Количественное соотношение автомобильного оборудования для карьеров СССР, %

Автомобильное оборудование	Грузоподъемность, т	%
Автосамосвалы	5—70	55—70
из них: с боковой разгрузкой	5—25	15—20
Полуприцепы и прицепы с задней разгрузкой	10—50	11—12
с боковой разгрузкой	10—50	9—10
с донной разгрузкой	20—50	4—5
	и более	
Турнороккеры	10—30	7—8
Думпторы	7—15	4—5

4. Оценка выпускаемого и намеченного к выпуску в СССР автомобильного оборудования для карьеров

На открытых горных разработках в СССР применяют автомобили-самосвалы отечественного серийного производства [43], выпущенные Минским автомобильным заводом — МАЗ-205, МАЗ-525, МАЗ-530 и Ярославским моторно-автомобильным заводом ЯАЗ-210Е и ЯАЗ-222. Весовая характеристика этих самосвалов дана на рис. 32. В течение текущего семилетия намечается выпуск автосамосвалов грузоподъемностью 11—12, 17—18, 27—28 и 43—45 т.

С 1960 г. Минский автомобильный завод вместо 5 т самосвала МАЗ-205 производит автосамосвалы МАЗ-503 грузоподъемностью 7 т.

Производство 10 т автомобилей ЯАЗ-222 с Ярославского завода передано на Кременчугский завод (КраЗ-222), который, кроме того, организует производство новых 12 т автосамосвалов и других машин.

Большегрузные автосамосвалы МАЗ-525 грузоподъемностью 25 т, МАЗ-530 грузоподъемностью 40 т выпускались на Белорусском автомобильном заводе (пос. Жодино). В настоящее время организуется выпуск автосамосвалов грузоподъемностью 27 и 45 т.

Техническая характеристика отечественных автосамосвалов приводится в табл. 59.

Автосамосвал МАЗ-205, представляющий собой двухосный автосамосвал грузоподъемностью 5 т, созданный на базе автомобиля МАЗ-200, является самым распространенным автосамосвалом, применяемым в различных областях народного хозяйства. Автосамосвал отличается легкостью управления, большими скоростями движения и малым радиусом поворота. Использование МАЗ-205 наиболее целесообразно на строительных работах и в карьерах небольшого масштаба, при расстояниях откатки до 1,5—2 км.

Предназначен МАЗ-205 для работы с экскаваторами с ковшами емкостью 1,0—1,5 м³ и в отдельных случаях до 2 м³. Использование МАЗ-205 с экскаваторами СЭ-3 и ЭКГ-4 следует считать недопустимым из-за непригодности автосамосвала для восприятия больших

динамических нагрузок, несоответствующей емкости кузова и неизбежного, вследствие этого, снижения производительности экскаваторов из-за частого обмена автосамосвалов под погрузкой.

Автосамосвал МАЗ-503 представляет собой новый двухосный автомобиль грузоподъемностью 7 т, созданный на базе автомобиля МАЗ-500.

Автосамосвал МАЗ-503 выпускается по схеме «кабина над двигателем», что позволяет

а) уменьшить на 20—30% базу автомобиля и сократить общую его длину,

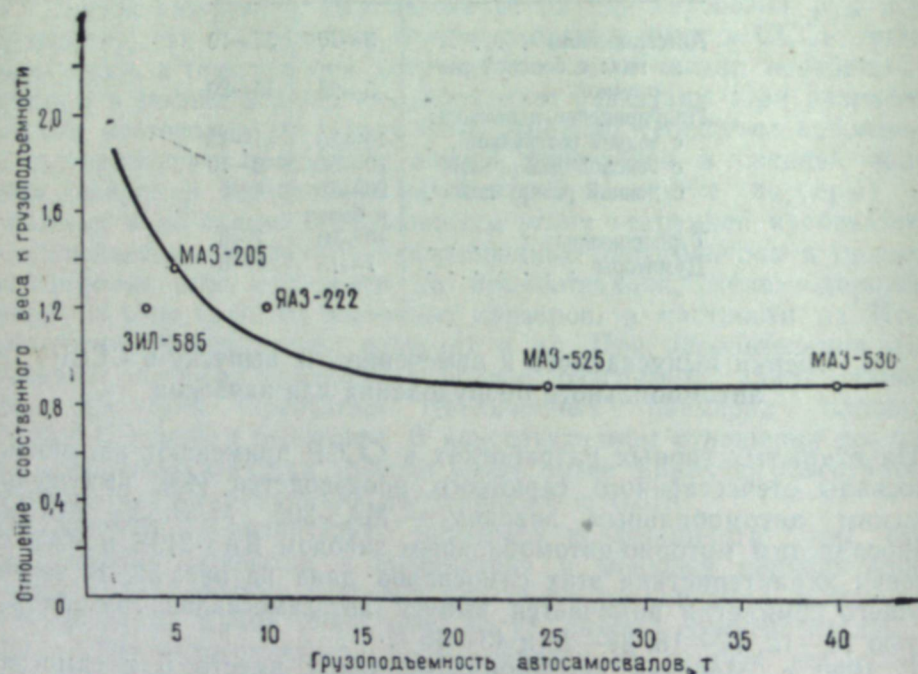


Рис. 32. Весовая характеристика отечественных автосамосвалов (коэффициент тары).

б) несколько снизить вес автомобиля,
в) улучшить маневренность и обзорность,
г) создать примерно одинаковые условия для работы шин,
д) обеспечить лучший доступ к двигателю, узлам и механизмам автомобиля,

е) иметь лучшую компоновку и использование площади автомобиля. МАЗ-503 является современным автомобилем совершенной и прогрессивной конструкции, принцип которой может быть использован и для вновь проектирующихся автомобилей-самосвалов. Автосамосвал МАЗ-503 может быть рекомендован для использования в тех же условиях, что и МАЗ-205.

Автосамосвал ЯАЗ-222 представляет улучшенную модификацию автомобиля ЯАЗ-210Е за счет форсирования мощности двигателя и небольших конструктивных усовершенствований в системе управления и торможения автомобиля, ЯАЗ-222 представляет собой трехосный автосамосвал грузоподъемностью 10 т, созданный на базе автомобиля ЯАЗ-210Е.

В связи со значительной длиной базы и трехосным шасси автосамосвалы ЯАЗ-222, во избежание большого износа шин, должны использоваться на дорогах с радиусом кривых не менее 30—35 м.

Таблица 59

Техническая характеристика автосамосвалов для открытых горных работ

Показатели	МАЗ-205	МАЗ-506	МАЗ-503	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-218	ЯАЗ-222	ЯАЗ-227	КраЗ-18	МАЗ-525	БелАЗ-540	МАЗ-530
Модель базового автомобиля	МАЗ-200	МАЗ-200	МАЗ-500	ЯАЗ-200	ЯАЗ-200	ЯАЗ-200	ЯАЗ-200	ЯАЗ-200	ЯАЗ-200	БелАЗ-540	МАЗ-530
Общее число осей, в том числе ведущих	2×1	2×1	2×1	3×2	3×2	3×2	3×2	2×1	2×1	2×1	3×2
Грузоподъемность, т	5	6	7	10	10	10	12	18	25	27	40
Габариты, мм											
Длина	6065	5800	5740	8190	7925	8190	7600	7280	8200	7100	10280
Ширина	2638	2638	2650	2650	2650	2650	2650	3150	3220	3490	3400
Высота	2440	2430	2500	2725	2725	2760	2750	3100	3675	3350	3650
База, мм	3800	3800	3000	4780	4780	4780	4300	3200	4780	3600	4800
Колея передних колес, мм	1950	1950	—	1950	—	1950	2000	2400	2500	2700	2620
Колея задних колес, мм	1920	1920	—	1920	—	1920	1940	2400	2200	2400	2360
Радиус поворота по колее переднего внешнего колеса, м	8,5	8,5	7,0	10,5	10,5	10,5	10,0	8,0	10,4	8,32	14,0
Наибольшая скорость, км/час	55	52	60	45	45	47	55	55	30	45	30
Вес без груза в снаряженном состоянии, кг	6700	7100	6750	12 000	12 000	12 200	11 500	17 700	22 000	21000	35 000
Нагрузка, кг											
на переднюю ось	3000	3200	3170	3900	3900	4050	3500	10 800	9500	9500	12 200
на заднюю ось	3700	3900	3530	8100	8100	8150	8000	6900	12 500	11 500	22 800
Полный вес груженого автомобиля с водителем, кг	11 840	13 250	14975	22 140	22 140	22 350	23 725	35 850	47 140	48 150	75 000
Нагрузка, кг											
на переднюю ось	3450	4250	4975	4150	4150	4730	4510	17 750	15 600	15 000	16 400
на заднюю ось	8390	9000	10000	17 990	17 990	17 620	19 215	18 100	31 540	33 150	58 600
Расход топлива на 100 км пути, л	40	40	28	75	75	65	—	95	160	125	—
Расход топлива на 100 подъемов платформы, л	4	4	—	5	5	5	—	—	10	—	—
Емкость топливного бака, л	106	105	75	225	225	225	220	—	400	400	500
Максимальная мощность, л. с.	110	110	110	165	165	180	225	240/320	300	360	450
Тип двигателя	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Число оборотов, соответствующее максимальной мощности, об/мин	2000	2000	—	2000	2000	2000	2100	2100	2500	2100	1900

Показатели	МАЗ-205	МАЗ-506	МАЗ-503	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-218	ЯАЗ-222	ЯАЗ-227	КраЗ-18	МАЗ-525	БелАЗ-540	МАЗ-530
Передаточные числа:											
1-я передача	6,17	6,17	3,40	6,17	6,17	6,17	6,15	4,83	7,1	2,33	3,57
2-я передача	3,40	3,40	1,90	3,40	3,40	3,40	3,40	2,34	3,53	1,41	1,81
3-я передача	1,79	1,79	1,00	1,79	1,79	1,79	1,79	1,25	1,88	0,71	2,17
4-я передача	1,00	1,00	—	1,00	1,00	1,00	1,00	0,607	1,00	—	—
5-я передача	0,78	0,78	—	0,78	0,78	0,78	0,78	—	—	—	—
Задний ход	6,69	6,69	3,94	6,69	6,69	6,69	6,41	Реверс	5,10	1,5	—
Разгрузка	Назад	Назад	Назад	Назад	На две стороны	Назад	Назад	Назад	Назад	Назад	Назад
Тип платформы	Прямоугольная	Ковшовая и универсальная	Ковшовая	Ковшовая	На две стороны	Ковшовая	Ковшовая	Ковшовая	Ковшовая	Ковшовая	Ковшовая
Внутренние размеры платформы, мм:											
длина	3000	2400	—	4370	4340	4385	—	4300	4700	4090	6500
ширина	2000	2300	—	2130—2430	2430	2430	—	2950	2850—2950	3200	3250
высота боковых бортов	600	700	—	800	600	840	—	850	1200	3300	500
высота переднего борта	780	700	—	1010	—	—	—	—	1200	1550	615
Емкость платформы, м ³	3,6	3,9	4,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,8	14,3	15,3	22 и 29 с навалом
Максимальный угол наклона платформы, град.	50	50	50	60	50	60	60	67	65	55	65
Тип подъемника	Гидравлический одноцилиндровый с рывальной балансирующей системой	Гидравлический с телескопическими цилиндрами по торцам кузова	Гидравлический двухцилиндровый телескопический	Гидравлический двухцилиндровый с рывальной балансирующей системой	Гидравлический двухцилиндровый с рывальной балансирующей системой	Гидравлический двухцилиндровый телескопический	Гидравлический двухцилиндровый телескопический	Гидравлический двухцилиндровый телескопический	Гидравлический двухцилиндровый телескопический	Гидравлический двухцилиндровый телескопический	Гидравлический двухцилиндровый телескопический

Автосамосвалы ЯАЗ-210Е и ЯАЗ-222 положительно зарекомендовали себя на открытых горных разработках малой и средней производительности и на гидротехнических строительствах с объемом работ до 5—7 млн. т в год и расстояниях транспортирования до 2,5—3 км.

Опыт многолетней эксплуатации ЯАЗ-210Е и ЯАЗ-222 подтвердил их высокую эксплуатационную надежность, хорошую проходимость и скоростные качества.

Автосамосвал ЯАЗ-222 наиболее соответствует для работы с экскаваторами с ковшем емкостью до 3 м³ включительно. Как показывают наши исследования, при работе с экскаватором СЭ-3 эти автомобили не следует использовать для погрузки пород с объемным весом более 1,7—1,8 т/м³ (два ковша на одну машину).

На базе автомобиля ЯАЗ-210Е Ярославского завода в виде опытных образцов были выпущены автосамосвалы ЯАЗ-218 грузоподъемностью 10 т с боковой разгрузкой на две стороны. Несмотря на имеющуюся потребность в такого рода машинах для некоторых горных разработок, гидротехнического строительства, различного рода хозяйственных перевозок, серийный выпуск автомобилей ЯАЗ-218 так до сих пор и не организован.

Кременчугский завод стал выпускать автосамосвал ЯАЗ-222 с небольшими конструктивными изменениями под маркой КраЗ-222. На базе этого автомобиля был создан также автосамосвал с боковой разгрузкой КраЗ-254. К концу семилетия предполагается выпуск нового автомобиля этого класса — автосамосвал с задним опрокидыванием кузова КраЗ-251, грузоподъемностью 11 т.

Производство специальных автомобилей средней грузоподъемности последние годы организовано на Могилевском заводе подъемно-транспортного оборудования. Заводом спроектирован и осваивается двухосный самосвал повышенной проходимости, грузоподъемности 18 т, с кузовом объемом 9,8 м³. Автосамосвал наиболее целесообразно будет использовать при производстве земляных и карьерных работ, в последнем случае при производстве вскрыши мягких пород, при транспортировании груза по временным грунтовым дорогам улучшенного типа.

Автосамосвал МАЗ-525 представляет типичный карьерный автомобиль-самосвал оригинальной конструкции, грузоподъемностью 25 т с кузовом емкостью 14,3 м³. Автомобиль — двухосный, имеет сравнительно короткую базу, колеса большого диаметра, гидропередачу, тормоза с пневматическим приводом и гидравлическим усилителем руля. Кузов гондольного типа впереди имеет мощный, защищающий кабину козырек.

Автосамосвал МАЗ-525 является автомобилем-самосвалом, наиболее соответствующим тяжелым горным условиям и погрузке скальных пород и руд экскаваторами типа СЭ-3 и ЭКГ-4, и служит основным транспортным средством на ряде рудных карьеров и карьеров строительных материалов.

Автосамосвал МАЗ-525 наиболее пригоден для использования на карьерах средней производительности (до 15 млн. т горной массы в год) и расстояниях транспортирования до 4,5—5 км.

Применение большегрузных автосамосвалов МАЗ-525 вместо автосамосвалов ЯАЗ-210Е и МАЗ-205 обеспечивает повышение производительности экскаваторов соответственно на 30 и 90%.

В настоящее время автосамосвал МАЗ-525 претерпевает модернизацию. Создается также новая модель автосамосвала БелАЗ-540, которая будет иметь ряд преимуществ конструктивного характера (табл. 60).

Сравнительные показатели автосамосвалов МАЗ-525 и новой модели БелАЗ-540

Модель	Грузоподъемность, кг	Собственный вес, кг	Удельная грузоподъемность, т/м³	Мощность двигателя, л. с.	Удельная мощность, л. с./т	Тип трансмиссии, число передач	Размер шин		Скорость, км/час	Производительность, %	Подвеска	
							передних	задних			передняя	задняя
БелАЗ-540	27000	21500	1,16	360 л. с. 2100 об/мин	7,44	Гидромеханическая, 3—1	18,00—25	18,00—25	45,0	120	Пневмо-гидравлическая	Нет
МАЗ-525	25000	24380	1,025	300 л. с. 1500 об/мин	6,06	Механическая с гидромуфтой, 5—1	17,00—32	17,00—32	30,0	100	Рессорная	Нет

Примечание: С целью уменьшения общей длины машины и тем самым улучшения ее маневренности, компоновка автосамосвала выполнена с одноместной кабиной, расположенной с левой стороны автомобиля, рядом с двигателем. Использование автосамосвала БелАЗ-540 будет наиболее рационально с экскаваторами с ковшем емкостью 4 и 5 м³ (ЭКГ-4 и ЭКГ-5). Наряду с мягкими породами его возможно использовать для транспортирования скальных пород и руд.

Автосамосвал МАЗ-530 — трехосный большегрузный автомобиль грузоподъемностью 38—40 т, с кузовом емкостью 23 м³, с двигателем Д-12А, как и у МАЗ-525, но форсированным до мощности 540 л. с. Автосамосвал снабжен гидротрансформатором, планетарной коробкой перемены передач с гидравлическим переключением и имеет пневматические тормоза и усилитель рулевого управления. Кузов обогревается отработанными газами.

Автосамосвал наиболее отвечает условиям работы с экскаваторами ЭКГ-8 с ковшем емкостью 6—8 м³. Автосамосвал может быть рационально использован на открытых горных разработках средней и большой производительности (до 30 млн. т горной массы в год) и расстояниях транспортирования до 7 км. Учитывая конструктивные недостатки МАЗ-530, завод с 1962 г. намерен начать выпуск новых улучшенных автосамосвалов БелАЗ-548 грузоподъемностью 45 т.

Производство тягачей, полуприцепов и прицепов к ним в СССР пока не получило должного распространения. Минским автомобильным заводом в течение 1957—1959 гг. были запроектированы одноосные тягачи МАЗ-529, МАЗ-531 и МАЗ-533, предназначенные для работы со скреперами и полуприцепами. В 1958 г. Могилевский завод выпустил опытные образцы тягача МАЗ-529 [33] (с полуприцепом 5238 грузоподъемностью 17 т). Тягач снабжен гидротрансформатором. Коробка перемены передач с гидравлическим управлением имеет три скорости вперед и одну назад. Тягач имеет возможность поворота относительно прицепа на 90° в ту и другую сторону.

Тягач снабжен шинами низкого давления. Максимальная скорость, развиваемая тягачом, 43 км/час.

Одноосный тягач МАЗ-531 (для полуприцепа грузоподъемностью 35—40 т) должен выпускаться Белорусским автомобильным заводом под маркой БелАЗ-531 в 1961 г.

Могилевский завод организовал производство одноосных тягачей МоАЗ-546 мощностью 240 л. с. с тяговым усилием 10,5 т и максимальной нагрузкой на ось сцепного устройства 9000 кг и двухосных тягачей МоАЗ-542 той же мощности. Тягачи предназначены для транспортирования полуприцепов грузоподъемностью 20 т.

Техническая характеристика отечественных одноосных и многоосных тягачей представлена в табл. 61 и 62 и полуприцепов — в табл. 63 и 64.

Таблица 61
Техническая характеристика многоосных седельных тягачей

Показатели	ЯАЗ-221	ЯАЗ-229	МоАЗ-542	МАЗ-525В
Габариты, мм				
длина	7375	6945	5480	6720
ширина	2638	2635	3150	3210
высота	2620	2440	2925	3400
База между задними колесами, мм	1400	1400	—	—
Расстояние между передней и задней осями, мм	4780	4300	3000	4000
Высота по оси прицепного устройства, мм	890	—	—	—
Тип двигателя	ЯАЗ-М206А	ЯАЗ-226	ЯМЗ-238	Д12А
Мощность двигателя, л. с.	180	225	240	300
Число оборотов двигателя, об/мин	2000	2100	2100	1500
Собственный вес тягача, кг	10100	9500	12480	19000
Максимальный вес тягача с полуприцепом и полезным грузом, кг	40325	44725	47800	65000
Максимальная скорость, км/час	45	55	40	30
Колея, мм	1950	2000	2400	2500
Просвет под ведущим мостом тягача, мм	2900	310	540	460
Размер шин	12,00—20"	12,00—20"	26,50—25"	17,00—32"
Давление в шинах, кг/см²	2,5	2,5	2,0	5,0
Вес прицепа с грузом, т	30	35	35	46

В 1958 г. Минский автозавод выпустил двухосный тягач МАЗ-525В (на базе автомобиля МАЗ-525), предназначенный для работы с полуприцепами грузоподъемностью 36 т и боковой разгрузкой (в дальнейшем предполагается выпуск тягачей 540-В на базе автомобиля БелАЗ-540).

Опытный образец такого полуприцепа, с кузовом жесткой конструкции емкостью 16 м³, с боковой разгрузкой на две стороны, осуществляемой с помощью крановых устройств в стационарных приемных пунктах, был выпущен в 1959 г. Челябинским заводом. Полуприцеп предназначен для перевозки руды и нерудных скальных материалов с объемным весом 2,2 т/м³ и более.

В заключение оценки отечественного автомобильного оборудования произведем его сравнение с аналогичными автомобилями, выпускаемыми в США (табл. 65).

1. Удельная емкость американских автосамосвалов изменяется в пределах 0,50—0,62. В значительно больших пределах изменяется

Таблица 62

Техническая характеристика одноосных седельных тягачей

Показатели	МАЗ-533	МАЗ-529	МоАЗ-546	МАЗ-531
Габариты, мм:				
длина	3500	4150	4440	—
ширина	2600	2950	3150	—
высота	2500	2925	2975	—
База (поезда), мм	—	6000	6000	7000
Тип двигателя	ЯАЗ-204А	ЯАЗ-206	ЯМЗ-238	Д-12А
Мощность двигателя, л. с.	110	165	240	300
Число оборотов двигателя, об/мин	2000	2000	2100	1500
Собственный вес, кг	5500	8500	9600	14000
Марка полуприцепа	5239	5238	—	—
Грузоподъемность прицепа, т	10	17	20	30
Максимальный вес тягача с полуприцепом и полезным грузом, кг	20000	33000	39000	41000
Максимальная скорость, км/час	43,5	40	45	45
Радиус поворота по колее наружного колеса, мм	—	—	—	8250
Колея, мм	2100	2300	2400	2500
Просвет под ведущим мостом, мм	500	570	565	640
Угол поворота относительно прицепа, град	90	90	90	60
Угол въезда, град	25	25	25	24
Размер шин	18,00—24"	21,00—28"	26,50—25"	27,00—32"
Давление в шинах, кг/см ²	2,5	3,0	2,0	2,5

удельная емкость советских машин (от 0,54 до 0,80). Удельная грузоподъемность американских самосвалов в основном изменяется от 1,7 до 2,0, а советских от 1,25 до 1,83 т/м³.

Таблица 63

Техническая характеристика полуприцепов

Показатели	5238	5239
Грузоподъемность, т	17	10
Емкость кузова, м ³	9	5
Тягач	МАЗ-529	МАЗ-533
База (с тягачом), мм	5650	5000
Колея, мм	2300	2100
Высота, мм	3000	2400
Ширина по колесам, мм	2535	2600
Дорожный просвет, мм	700	560
Размер шин	21,00—28"	18,00—24"
Разгрузка	Назад, гидравлическая, двухцилиндровый телескопический подъемник	Назад, гидравлическая, двухцилиндровый подъемник

Эти показатели свидетельствуют о том, что американские автосамосвалы более приспособлены для перевозок тяжелых скальных пород и руд, чем отечественные самосвалы, и наоборот, при легких, мягких

Таблица 64

Техническая характеристика полуприцепов с боковой разгрузкой Челябинского завода и Мосстройтранса

Показатели	Полуприцепы грузоподъемностью		
	17 т (ЧМЗАП) (снят с производства)	36 т (ЧМЗАП-5500)	17 т (АСП-14)
Грузоподъемность, т	17	36	14
Собственный вес, т	7,2	17	4,5
Колея, мм	2300	2200	1920
База, мм	6135	7780	4640
Габариты, мм:			
длина	7070	8630	7000
ширина	3585	3400	2638
высота	2500	2830	2420
Объем (геометрический), м ³	10	16	8
Максимальный угол наклона кузова при опрокидывании, град	55	45	70
Наименьший дорожный просвет, мм	500	400	400
Число колес	2	4	4
Размер шин	21,00—28"	17,00—32"	—
Тягач	МАЗ-529	МАЗ-525В	МАЗ-200В
Максимальная скорость, км/час	40	30	40
Габариты автопоезда, мм:			
длина	9750	14100	—
ширина	3535	3400	—
высота	2925	3400	—
Общий вес автопоезда, кг:			
без нагрузки	15700	36000	—
с полной нагрузкой	32700	72000	—

породах американские машины могут иметь недоиспользование грузоподъемности. Стремление полностью загрузить кузова отечественных автосамосвалов при перевозках тяжелых скальных пород и руд приводит к поломкам рессор, рам, быстрому износу резины.

2. Коэффициент тары американских большегрузных автосамосвалов сравнительно стабилен и примерно равен 0,8—1,1. Отечественные автосамосвалы в некоторых случаях имеют коэффициент тары даже более низкий, что является, с одной стороны, положительным фактором, особенно когда он составляет всего 0,87—0,88. Но для перевозок тяжелых руд и пород это, по-видимому, характеризует недостаточную прочность и надежность отечественных машин.

3. Удельная мощность двигателя американских автосамосвалов колеблется от 5,8 до 7,4. Ряд советских автосамосвалов небольшой грузоподъемности выпускается с двигателями большей удельной мощности, однако большегрузные автосамосвалы в США, как правило, имеют двигатели большей удельной мощности, а следовательно, лучшие тягово-динамические качества.

4. Скорость движения (максимальная) автосамосвалов достигает 60 км/час, наиболее крупные советские большегрузные автосамосвалы имеют в 1,2—1,3 раза более низкие скорости, чем американские, вследствие чего они являются менее мобильными и производительными в условиях усовершенствованных дорог.

Таблица 65

Сравнительные технические характеристики советских и американских
большегрузных автосамосвалов, работающих на карьерах

Модель автомо- биля-самосвала	Число осей	Грузоподъем- ность, т	Собственный вес, т	Полный вес, т	Емкость кузова, м³	Максимальная мощность двигателя, л. с.	Удельная емкость, м³/т	Удельная грузоподъем- ность, т/м³	Коэффициент тары, т/т	Удельная мощность двигателя, л. с./т	Скорость, км/час
СССР											
МАЗ-503 . . .	2	7	6,75	13,75	4	110	0,57	1,76	0,96	8,0	60,0
ЯАЗ-222 и КрАЗ-222 . . .	3	10	12,2	22,2	8	180	0,80	1,25	1,22	8,1	47,0
КрАЗ-18 . . .	2	18	17,7	35,7	9,8	240	0,54	1,83	0,98	6,6	55,0
МАЗ-525 . . .	2	25	22	47,0	14,3	300	0,57	1,76	0,88	6,4	30,0
МАЗ-530 . . .	3	40	35	75	22	450	0,55	1,82	0,87	6,0	40,0
БелАЗ-540 . .	2	27	21	48	15,3	360	0,57	1,76	0,78	7,5	45,0
США											
Эвклид 10-D	2	9	9,8	18,8	4,9	128	0,54	1,84	1,08	6,8	58,5
» 80-FD	2	13,5	14,9	28,4	8,3	165	0,62	1,62	1,10	5,8	34,5
» R-18	2	16	15,4	31,4	7,9	218	0,49	2,02	0,96	6,9	42,9
» 63-TD	2	20	20,4	40,4	11,4	300	0,55	1,76	1,02	7,4	43,1
» 65-TD	2	25	21,8	46,4	14,0	325	0,56	1,78	0,88	7,0	45,0
» 4-FFD	3	31	32,2	63,2	18,2	400	0,58	1,70	1,04	6,3	45,0
» 9-FFD	3	36	35,3	71,3	19,7	2×235	0,55	1,83	0,93	6,6	43,1
» R-40	3	36	36,4	72,4	19,7	2×235	0,55	1,83	1,01	6,5	50,0
» R-50	3	45	49	94	24,8	2×300	0,56	1,81	1,08	6,4	58,7
Дарт 50-T	3	45	36,2	81,7	30	425	0,55	1,83	0,805	5,2	35,0
Макк LRX	2	15	16,5	31,5	7,5	200	0,50	2,0	1,09	6,4	45,0
» LVX	2	20	18,5	38,8	11,2	320	0,49	2,10	0,93	8,2	45,0
» LRSW	2	27	27,2	54,5	16	320	0,51	1,87	1,04	6,0	50,0
» LRVSW	2	31	30,8	61,8	18,2	450	0,54	1,86	0,96	7,3	50,0

ГЛАВА VII

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
АВТОМОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КАРЬЕРОВ1. Взаимозависимость параметров автомобильного выемочно-
погрузочного и обогатительного оборудования

Для обеспечения нормальной эксплуатации автосамосвалов с экскаваторами особенно важное значение приобретает выбор правильного соотношения между емкостью ковша экскаватора и кузовом автосамосвала.

Основываясь на анализе продолжительности циклов и условий максимального использования производительности экскаватора, проф. Н. Г. Домбровский [64] определяет это соотношение в пределах 1:3 и не более 1:10.

Насколько существенно влияет на производительность экскаватора увеличение емкости автосамосвала, видно хотя бы из данных Жирновского карьера. Продолжительность рабочего цикла и среднесуточная производительность экскаватора СЭ-3 при автосамосвалах МАЗ-205 грузоподъемностью 5 т составила, соответственно, 60 сек и 2,05 тыс. м³, а при автосамосвалах МАЗ-525 грузоподъемностью 25 т — 33 сек и 4,0 тыс. м³.

Производительность экскаватора СЭ-3 увеличивается при работе с автосамосвалами МАЗ-525 по сравнению с МАЗ-205 за счет:

- разгрузки ковша «с хода»;
- сокращения времени, затрачиваемого на спускание ковша;
- сокращения времени между подачами автосамосвалов.

В период производственных испытаний автосамосвалов МАЗ-530 на Сибавском руднике нами было произведено сравнение продолжительности цикла при погрузке руды экскаватором ЭКГ-4 в автосамосвалы МАЗ-525 и МАЗ-530. Несмотря на то, что погрузка автосамосвалов МАЗ-530 для машинистов экскаваторов была еще не совсем обычной и они разгружали ковши с некоторой осторожностью, все же погрузка в автосамосвалы МАЗ-530 была менее продолжительной. Из 100 сделанных замеров продолжительность (собственно) разгрузки ковша в МАЗ-525 занимала в среднем 7,9 сек, в МАЗ-530 — 7,7 сек.

Кроме этих данных, следует привести результаты наших наблюдений на ряде карьеров (табл. 66) за погрузкой экскаваторами СЭ-3 мягких пород в автосамосвалы различных марок и грузоподъемности (всего по каждой марке автосамосвалов было сделано от 30 до 50 замеров).

Из приведенных в табл. 66 цифр следует, что продолжительность погрузки одной тонны в автосамосвалы ЯАЗ-210Е по сравнению

Таблица 66

Влияние емкости кузова автосамосвала на продолжительность погрузки экскаватором СЭ-3 мягких пород

Карьер	Марка автосамосвала	Время погрузки автосамосвала, сек	Время погрузки, сек/т
Сибавский меднорудный . . .	МАЗ-525	144	5,8
Донской хромитовый	МАЗ-205	53	10,6
Кимперсайский никелевый . . .	ЯАЗ-210Е	67	6,7
Соколовский железорудный . . .	МАЗ-205	38	7,6
» » » . . .	МАЗ-525	130	5,2
Учалинский меднорудный . . .	ЯАЗ-210Е	64	6,4

с погрузкой в самосвалы МАЗ-205 увеличивается на 38—40%, а погрузкой в самосвалы ЯАЗ-210Е в сравнении с МАЗ-525 на 18—20%. Процесс погрузки в самосвалы МАЗ-205 занимает на 68—70% больше времени, чем в самосвалы МАЗ-525, это получается за счет:

а) удлинения цикла экскавации из-за большой трудности погрузки в малый по площади кузов, при котором необходимо прицеливание и наведение ковша над центром кузова;

б) времени вспомогательных операций и маневров, которые в большом своем значении приходятся на тонну грузоподъемности меньших автосамосвалов.

Увеличение цикла погрузки в малый по площади кузов происходит главным образом за счет продолжительности разгрузки ковша (табл. 67).

Таблица 67

Влияние емкости автосамосвала на продолжительность разгрузки ковша экскаватора СЭ-3

Марка автосамосвала	Грузоподъемность, т	Емкость кузова, м³	Число ковшей, погруженных в автосамосвал	Продолжительность, сек		
				цикла экскаватора	установки и разгрузки ковша в цикле	погрузки автомобиля
МАЗ-525	25	14,3	5	25—28	2—3	125—140
ЯАЗ-210Е	10	8,0	2	30—35	7—8	60—70
МАЗ-205	5	3,6	1	50—55	18—20	50—55

Емкость кузова автосамосвала оказывает существенное влияние на производительность экскаватора только в случае малого соотношения между емкостью кузова и ковша экскаватора. В тех же случаях, когда это соотношение превышает 4—5, емкость кузова автосамосвала практически не влияет на продолжительность цикла экскаватора (см. табл. 68).

Влияние емкости автосамосвала на время разгрузки ковша экскаватора определенной емкости показано на рис. 33.

В результате обработки литературных данных и собственных хронометражных наблюдений представляется возможным считать, что продолжительность одного цикла погрузки экскаватором ЭКГ-4 в автосамосвалы с кузовом различной емкости будет составлять (если принять время погрузки в автосамосвалы МАЗ-530 за 100%)

МАЗ-530 — 100%
 МАЗ-525 — 102—103%
 ЯАЗ-222 — 108—115%
 МАЗ-205 — 140—155%

Е. А. Чудаков [110] считая, что продолжительность циклов при различных условиях работы может резко меняться, предложил нижний предел соотношения между емкостью кузова автосамосвала и ковшом экскаватора определить прочностью автосамосвала (не менее 1:2).

Таблица 68

Продолжительность цикла погрузки автосамосвалов МАЗ-525 различными экскаваторами (Ангаргэсстрой)

Марка экскаватора	Емкость ковша, м³	Соотношение емкости кузова автосамосвала и ковша экскаватора	Средняя продолжительность цикла погрузки, сек
СЭ-3	3	5	35,2
Э-2,5	2,5	6	35,8
ЧКД-МС	1,4	10,7	34,2

Канд. техн. наук В. С. Хохряков [107] доказывает, что наибольшая эффективность совместной работы автосамосвала и экскаватора может быть достигнута при соотношении между емкостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора от 3—4 до 8—10.

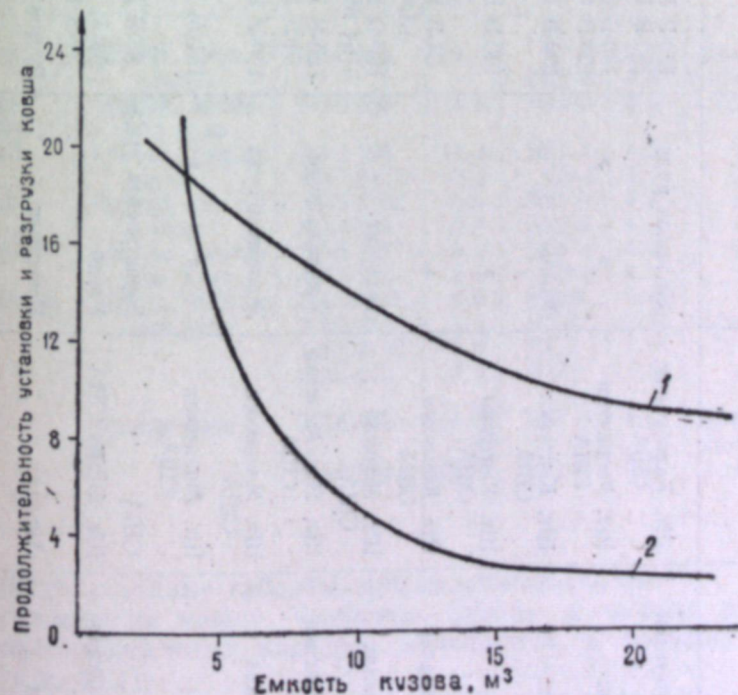


Рис. 33. Влияние емкости кузовов на время установки и разгрузки ковша экскаватора ЭКГ-4:

1 — за все время погрузки автосамосвала, сек; 2 — за один цикл, сек.

Экскаваторное оборудование для погрузки в средства автомобильного транспорта по данным зарубежных карьеров

Карьер	Местонахождение карьера	Добываемое полезное ископаемое	Тип экскаватора	Емкость ковша, м³	Применяемое автомобильное оборудование	Грузоподъемность, т	Емкость кузова, м³	Соотношение между емкостью ковша и емкостью кузова
Игл Маунтин	Шт. Калифорния США	Железная руда	120-В Бьюсайрус	4,58	Самосвалы	22	12	3,5:1
Стивенс	Шт. Миннесота США	»	150-В Бьюсайрус	4,60	»	36	20	4,3:1
Гибралтар	Шт. Кентукки США	Уголь	190-В Бьюсайрус	6,10	Полуприцепы	64	31	5,1:1
Кон	Шт. Кентукки США	»	120-В Бьюсайрус	4,57	Автосамосвалы	34	18	3,9:1
Рэб Гендлер	Шт. Кентукки США	»	190-В Бьюсайрус	7,64	Полуприцепы	50	48	6,3:1
Седервилль	Шт. Мичиган США	Доломит	120-В Бьюсайрус	6,1	Полуприцепы	50	48	7,9:1
Нью-Мексико	Шт. Нью-Мексико США	Урановая руда	54-В Бьюсайрус (драглайн)	1,9	Полуприцепы	20	17	9:1
Вест-Хилл	Шт. Миннесота США	Железная руда	190-В Бьюсайрус 4164 Марлон	6,1	Автосамосвалы	22	11,5	1,9:1
Бейбит	Шт. Миннесота США	»	120-В Бьюсайрус	4,58	»	22	11,5	2,5:1
Борон	Шт. Огайо США	Борнагрия руда	54-В Бьюсайрус	1,91	»	22	11,5	2,5:1
Чешир-Огайо	Англия	Известняк	150-В Бьюсайрус	4,6	»	24	14	6,1:1
Тунстед	Канада	Железная руда	151-М Марлон	3,8	Полуприцепы с бортовой разгрузкой	45	30	3,1:1
Квебек-Лабрадор	Англия	Бутовый камень	54-В Бьюсайрус	1,9	Самосвалы	24	14	8,0:1
Круик			93-М Марлон	2,68	Автосамосвалы	15	10	7,4:1
			37-В Бьюсайрус	2,80	»	15	10	3,8:1
			Рустон-Бьюсайрус	2,86	Полуприцепы	30	20	4,4:1
			190-В Бьюсайрус	3,82	»	30	20	7,0:1
			150-В Бьюсайрус	6,15	Автосамосвалы	34	18	5,2:1
			Рустон-Бьюсайрус	4,6	»	34	18	2,9:1
				1,36	»	7	4	3,9:1
					»			2,8:1

Если это соотношение меньше 3—4, то производительность экскаватора резко падает вследствие увеличения рабочего цикла экскаватора и потерь времени на смену автосамосвалов; если же оно больше 8—10, то производительность экскаватора почти не изменяется, но простои автосамосвалов под погрузкой увеличиваются.

Основываясь на том, что емкость автосамосвала влияет на продолжительность экскаваторной погрузки, канд. техн. наук М. Д. Гилула [101] считает, что для экскаваторов с ковшом емкостью 0,25 м³ соотношение между емкостью кузова автосамосвала и ковшом экскаватора должно быть не менее 6, с емкостью ковша 0,5 м³ — не менее 5 и при однокубовых, двухкубовых и трехкубовых экскаваторах не менее 3.

По данным исследований Эйхлера (ГДР) следует, что для автосамосвалов небольшой грузоподъемности соотношение между емкостью ковша экскаватора и кузова автосамосвала должно приниматься 1:8, а для особо большой грузоподъемности 1:3,5. При соотношении меньшем чем 1:3 производительность экскаватора и автотранспорта заметно снижается.

Для установления наиболее рационального соотношения между емкостью кузова и ковша экскаватора приводим практические данные зарубежных и отечественных карьеров (см. табл. 69 и 70).

Таблица 70

Экскаваторное оборудование для погрузки в средства автомобильного транспорта по данным отечественных карьеров

Карьер	Транспортируемый материал	Автосамосвал		Экскаватор		Погрузочное оборудование	Соотношение между емкостью кузова и ковша экскаватора
		марка	емкость, м³	марка	емкость ковша, м³		
Сибавский	Порода, медная руда	МАЗ-525	14,3	СЭ-3	3,0	Прямая лопата	4,8:1
Соколовско-Сарбайский	Порода, железная руда	МАЗ-525	14,3	ЭКГ-4	4,0	То же	3,6:1
Учалинский	Порода, медная руда	МАЗ-525	14,3	ЭКГ-4	4,0	»	3,6:1
Блявинский	Порода, медная руда	ЯАЗ-210Е	8,0	СЭ-3	3,0	»	2,7:1
Уфалейский	Порода, медная руда	ЯАЗ-210Е	8,0	ЭКГ-4	4,0	»	2:1
Кимперсайский	Порода, никелевая руда	МАЗ-205	3,6	ЭКГ-4	4,0	»	0,9:1
	Порода, никелевая руда	ЯАЗ-222	8,0	ЭКГ-4	4,0	»	2,0:1
		МАЗ-205	3,6	СЭ-3	3,0	»	1,2:1
		ЯАЗ-210Е	8,0	В-120	3,82	»	2,1:1
		МАЗ-205	3,6	ЧКД	1,91	Драглайн	1,9:1
		ЯАЗ-210Е	8,0	ЧКД	1,91	То же	4,2:1
		МАЗ-205	3,6	54-В	1,5	»	2,4:1
Гайский	Медная руда	МАЗ-525	14,3	ЭКГ-4	4,0	Прямая лопата	3,6:1
		МАЗ-530	22,0	ЭКГ-8	8,0	»	2,75:1

Анализируя данные табл. 69, можно установить, что

а) соотношения между емкостью кузова и ковша экскаватора в практике зарубежных карьеров колеблются в больших пределах (от 1,9:1 до 9:1);

б) наибольшие значения относятся к случаям перевозок угля в прицепах и полуприцепах; это объясняется тем, что значительные расстояния перевозок и стремление получить наибольшую производительность

и наименьшую стоимость транспортирования вынуждают применять большую емкость (грузоподъемность) транспортных средств, в то же время малая мощность разрабатываемых угольных пластов делает использование мощных экскаваторов нецелесообразным;

в) по большинству карьеров средние значения соотношений составляют примерно 4,5:1.

По данным ряда американских источников принято считать, что для экскаваторов с ковшом емкостью 4,4 м³ должны применяться автомобили грузоподъемностью не ниже 22 т с емкостью кузова 11—12 м³, для экскаваторов с ковшом 6,1 м³—34 т с кузовом 18—20 м³ и для экскаваторов с ковшом 7,64 м³ автомобили грузоподъемностью 50 т с кузовом емкостью 25—27 м³.

Как следует из приведенной табл. 70, соотношение между емкостью кузова автосамосвала и ковша экскаватора колеблется от 0,9:1 до 4,8:1.

В свете высказанных различными авторами соображений наиболее отвечают условиям рационального соотношения автосамосвалы МАЗ-525 при работе их с экскаваторами ЭКГ-4 или еще лучше СЭ-3 (соотношение 3,6:1 и 4,8:1). Автосамосвалы ЯАЗ-210Е и ЯАЗ-222 имеют достаточно удовлетворительное соотношение при работе их с экскаваторами СЭ-3, однако их лучше использовать с экскаваторами Э-2005 (с ковшом 2 м³). Автосамосвалы МАЗ-205 наиболее соответствуют экскаваторам Э-1003 (с ковшом 1—1,25 м³).

В установлении рационального соотношения между емкостью ковша экскаватора и кузова важно учитывать просыпание породы при погрузке, которое становится неизбежным при малых размерах кузова автосамосвала.

Для проверки этого влияния на Ново-Киевском руднике нами была организована разгрузка ковшей экскаваторами ЭКГ-4 и Э-2001 на определенные размеченные на поверхности почвы участки, которые примерно соответствовали размерам в плане кузовов отечественных автосамосвалов, так участок:

2500×1500 мм — ЗИЛ-585
3000×2000 мм — МАЗ-205
4000×2500 мм — ЯАЗ-210Е
5000×3000 мм — МАЗ-525

Таблица 71

Просыпание породы при разгрузке ковшей экскаваторов на приемные площадки различных размеров

Размер приемной площадки, мм	Прямая лопата				Драглайн			
	всего разгрузок	без просыпания	с просыпанием	% просыпания	всего разгрузок	без просыпания	с просыпанием	% просыпания
5000×3000	10	10	—	0,0	10	10	—	0,0
4000×2500	9	8	1	11,1	9	7	2	22,2
3000×2000	8	3	5	82,5	8	4	4	50,0
2500×1500	8	—	8	100	10	3	7	70,0

В результате были получены следующие данные (табл. 71). Из табл. 71 следует, что при применении механической лопаты с ковшом 4 м³ просыпание в небольшой степени имело место за пределами площади 4000×2500 (что соответствует площади кузова самосвала

ЯАЗ-210Е) и не было случаев просыпания при площадке 5000×3000 мм (площадь кузова МАЗ-525). При применении драглайнов с ковшом емкостью 2 м³ просыпание значительно снижалось при площадке 4000×2500 мм (ЯАЗ-210Е) и совсем не имело место при площадке 5000×3000 мм (МАЗ-525).

Выше были высказаны соображения о том, что при применении экскаваторов с меньшей емкостью ковша желательнее иметь несколько большее соотношение между емкостью кузова и ковша экскаватора, однако следует заметить, что увеличение этого соотношения при разработке скальных и полускальных пород должно происходить не за счет уменьшения емкости ковша экскаватора. Так, применение в этих случаях экскаваторов с ковшом менее 1 м³ потребовало бы большого предварительного измельчения породы, отразилось бы на производительности экскаватора и увеличило его износ. Из этих соображений при разработке полускальных и скальных пород использование автомобилей с кузовом емкостью менее 4—5 м³ и грузоподъемностью менее 10—12 т нецелесообразно. При погрузке тяжелых руд минимальная грузоподъемность автомобилей должна быть не ниже 18—20 т.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Соотношение между емкостью кузова и ковшом экскаватора, исходя из целесообразности сокращения цикла погрузки, обеспечения сохранности автомобиля, уменьшения просыпания породы за пределы кузова и т. д., должно приниматься при применении прямых лопат не менее 4:1 и при применении драглайнов — не менее 5:1.

2. Нет оснований считать целесообразным соотношение для прямых лопат более 6:1—7:1 и для драглайнов более 10:1.

3. С увеличением грузоподъемности автосамосвалов возможно некоторое снижение установленных соотношений, в целях сокращения времени простоев дорогостоящего автомобильного оборудования под погрузкой или в ее ожидании.

4. Экскаваторы с ковшами меньшей емкости нуждаются в более увеличенном соотношении, чем экскаваторы с ковшами большей емкости, что объясняется значительными размерами в плане ковша экскаваторов по отношению к размерам кузова.

5. С увеличением расстояния транспортирования для уменьшения возможных простоев автомобильного оборудования в ожидании погрузки целесообразно некоторое увеличение принятых соотношений.

Проверка принятых оптимальных значений отношения емкости кузова самосвала к емкости ковша экскаватора, при которых обеспечиваются наименьшие эксплуатационные расходы по экскавации и транспортированию горной массы, может быть выполнена по методикам, разработанным канд. техн. наук Б. А. Симкиным и К. Е. Виночкиным.

Как показывают расчеты, результаты проверок не расходятся со сделанными нами выводами.

Рассмотрим взаимосвязь грузоподъемности автосамосвалов с обогащающим (дробильным) оборудованием при транспортировании скальных пород.

При черпании экскаватором скальных пород должно соблюдаться условие, при котором размер наибольшего сечения самого крупного куса должен быть меньше поперечного сечения ковша экскаватора. Для обеспечения нормального черпания должно существовать следующее соотношение

$$b_0 \leq 0,8 \sqrt[3]{q}, \quad (77)$$

где b_0 — размер в поперечнике наиболее крупных кусков, погружаемых экскаватором, м;

q — емкость ковша экскаватора, m^3 .

Отсюда

$$q > 1,95b_0^3. \quad (78)$$

Принимаем без больших погрешностей $q = 2b_0^3$, а так как b_0^3 не что иное, как объем наиболее крупного куска, то емкость автосамосвала при соотношении $Q:q=4:1$ будет

$$Q \geq 8b_0^3, \quad (79)$$

т. е. емкость автосамосвала должна быть в 8 раз больше объема наиболее крупных кусков, погружаемых данным экскаватором.

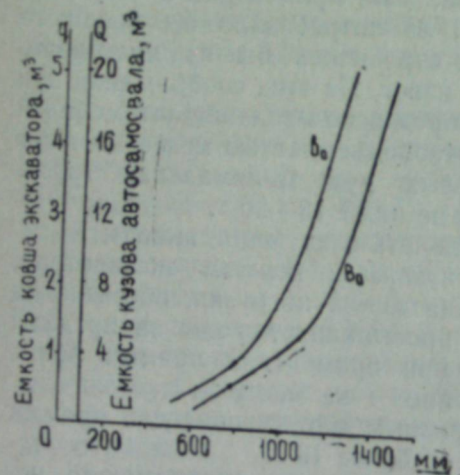
Размер наибольших допускаемых по размерам кусков находится также в зависимости от загрузочного отверстия дробилки, принимающей транспортируемый автосамосвалами материал,

$$b_0 \leq 0,85B_0 \quad (80)$$

где B_0 — ширина загрузочного отверстия дробилки, м.

Учитывая эти зависимости, установим соответствие между основным погрузочным, транспортным и дробильным оборудованием, выпускаемым в Советском Союзе (табл. 72).

Полученная нами зависимость между емкостью ковша экскаватора, емкостью кузова автосамосвала, размерами наибольшего куска породы и загрузочного отверстия дробилки даны на рис. 34.



Зависимость между емкостью ковша экскаватора, кузовом автосамосвала и приемным отверстием дробилки

Размер кусков, мм	Емкость ковша, m^3		Отверстие дробилки, мм		Емкость автосамосвала, m^3		Марка автосамосвала	Грузоподъемность, т
	расчетная	принятая	расчетное	принятое	расчетная	принятая		
1200	3,4	4,0	1400	1500×2100	16	14,3	МАЗ-525	25
1000	2,0	2,0	1200	1200×1500	8	8,0	ЯАЗ-222	10
900	1,4	1,5	1100	1200×1500	6	6,0	ЯАЗ-222	10
800	1,0	1,0	900	1200×1500	4	3,6	МАЗ-205	5
700	0,7	0,75	800	900×1200	3	3,6	МАЗ-205	5
600	0,5	0,50	700	900×1200	2	2,4	ЗИЛ-585	3,5
900	0,25	0,25	600	600×900	1	2,4	ЗИЛ-585	3,5

Из приведенных в табл. 73 данных по зарубежным карьерам можно отметить следующее:

а) соотношение между емкостью кузова автомобиля и ковша экска-

Таблица 73

Емкость ковша экскаваторов, кузовов автосамосвалов и размеры приемного отверстия дробилок на зарубежных рудных карьерах

Карьер	Местонахождение карьера	Добываемое полезное ископаемое	Емкость ковша экскаватора, m^3	Емкость кузова автосамосвала, m^3	Тип дробилки	Размер приемного отверстия, мм
Игл Маунтин	Шт. Калифорния, США	Железная руда	4,58—6,1	12—31	Щековая	1680×2130
Айскор	Южная Африка	Доломит	2,5	10	»	1120×1065
Ерингтон	Шт. Невада, США	Медная руда	3,8	15	»	1370×1000
Вест-Хилл	Шт. Миннесота, США	Железная руда	4,6	14	»	900×1200
Эльбарас	То же	То же	3,4	11	»	1200×1500
Круик	Англия	Бутовый камень	1,36	4	»	1050×475
Таканье, Ле-нуар, Биерг	Бельгия	Порфир	2,7	10	Колесная	1220
Мессаби	Шт. Миннесота, США	Таконит	3,8	25	То же	1524×1200
Британо-Канадские рудники	Канада	Асбест	3,25	11	»	1500×1200

ватора колеблется от 3:1 до 5:1, т. е. находится в пределах установленных нами соотношений;

б) приемные отверстия дробилок в ряде случаев на один размер (ступень) меньше, что в основном объясняется более мелким первичным, а местами вторичным взрыванием пород и полезных ископаемых в карьере.

Анализируя приведенные в табл. 72 данные о выемочно-погрузочном, транспортном и дробильном оборудовании, выпускаемом в СССР, можно установить следующую взаимосвязь (табл. 74).

Таблица 74

Размеры кусков, мм	Тип экскаватора	Отверстия дробилки, мм	Тип автосамосвала
500—600	Э-505	600—900	ЗИЛ-585
700	Э-754	900—1200	МАЗ-205
800	Э-1003	1200—1500	МАЗ-205
			(лучше МАЗ-503)
900	(1,5 m^3)	1200×1500	ЯАЗ-222
1000	Э-2005	1200×1500	ЯАЗ-222
			(лучше ЯАЗ-227)
1200	ЭКГ-4	1500×2100	МАЗ-525
1300	ЭКГ-5	1500×2100	МАЗ-525
1400—1500	ЭКГ-8	2100×2500	МАЗ-530
	(6—8 m^3)		

2. Исследование грузоподъемности, емкости, грузоподъемности и породоемкости автомобильного оборудования

Рациональность использования применяемых в карьерах автомобилей характеризуется коэффициентом использования их грузоподъемности и емкости

$$\gamma_0 = \frac{g_n}{g_a}, \quad (81)$$

где γ_0 — коэффициент использования грузоподъемности автомобиля;
 g_n — выполненный объем работы или груз, перевозимый автомобилем, т;
 g_a — возможный к выполнению объем работы при полной загрузке автомобиля и использовании его грузоподъемности, т.

По данным большого числа рудников и строек коэффициент использования грузоподъемности средств автомобильного транспорта колеблется: на открытых горных разработках от 0,76 до 0,98, на земляных работах на строительстве от 0,7 до 0,9 [23].

Недоиспользование грузоподъемности автомобилей вызывается организационными и техническими причинами, к числу которых относятся плохое состояние дорог, недостаточный контроль за ведением погрузки, сильная изношенность автомобилей и др. Однако в ряде случаев причиной этого является неправильный выбор автомобильного оборудования, без учета характера погружаемой горной массы и параметров выемочно-погрузочного оборудования.

Насколько важное значение имеет повышение коэффициента использования грузоподъемности автомобиля, можно судить хотя бы из следующего примера. На Соколовском руднике (Соколовско-Сарбайского комбината) экскаваторы ЭКГ-4 грузили в автосамосвалы МАЗ-525 три ковша вместо возможных четырех (при объемном весе породы в разрыхленном состоянии $1,8 \text{ т/м}^3$ и коэффициенте наполнения ковша 0,85), т. е. вместо $1,8 \times 0,85 \times 4 \times 4 = 0,965$ фактически загружалось $1,8 \times 0,85 \times 4 \times 3 = 0,720$, (т. е. коэффициент использования грузоподъемности был на 30% ниже нормального). Вследствие этого на руднике в 1957 г. было недовывезено около 20 000 т горной массы. На угольных карьерах ввиду несоответствия емкости кузовов применяемых автосамосвалов для транспортирования угля, коэффициент использования грузоподъемности составляет 0,68—0,70.

Чтобы выявить влияние на значения коэффициента использования грузоподъемности, характера транспортируемых пород и полезных ископаемых, а также параметров выемочно-погрузочного оборудования, установим следующие зависимости.

Число ковшей экскаватора, загружаемых в автосамосвал, может быть определено как отношение использованной грузоподъемности автомобиля к весу породы в ковше

$$n = \frac{g \cdot \gamma_0}{g_0}, \quad (82)$$

где n — число ковшей, загружаемых в автосамосвал;
 g — грузоподъемность автосамосвала, т;
 g_0 — вес породы в ковше, т.

В свою очередь, вес породы в ковше экскаватора может быть определен как

$$g_0 = q \frac{k_n}{k_p} \gamma, \quad (83)$$

где q — геометрическая емкость ковша экскаватора, м^3 ;
 k_n — коэффициент наполнения ковша;
 k_p — коэффициент разрыхления породы в ковше;
 γ — объемный вес породы, т/м^3 ;
отсюда

Отсюда

$$n = \frac{g \cdot \gamma_0}{k_n q \cdot \gamma} = \frac{g \cdot \gamma_0 \cdot k_p}{k_n \cdot q \cdot \gamma}. \quad (84)$$

Из этой формулы можно определить значение коэффициента использования грузоподъемности автосамосвала

$$\gamma_0 = \frac{n \cdot k_n \cdot q \cdot \gamma}{g \cdot k_p}. \quad (85)$$

Значения коэффициентов наполнения ковша экскаватора и коэффициента разрыхления принимаем следующие:

	γ	k_p	k_n
Бурый уголь, легкие суглинистые породы	1,2	1,3	1,0
Глина нормальной влажности и средней плотности	1,3	1,3	0,9
Скальные и полускальные породы средней крепости	2,5	1,4	0,8
Скальные породы крепкие, средние и мелкозернистые	2,8	1,5	0,75
Руды крепкие, нормально взорванные	3,5	1,6	0,7
Руды тяжелые, нормально взорванные	4,0	1,6	0,7

Согласно данным проведенных исследований считаем, что для автосамосвалов типа МАЗ-205 наиболее соответствуют экскаваторы Э-1003 с ковшом $1,0 \text{ м}^3$, для ЯАЗ-210Е и ЯАЗ-222 — экскаваторы Э-2005 с ковшом $2,0 \text{ м}^3$, для автосамосвала МАЗ-525 — экскаватор ЭКГ-4 с ковшом 4 м^3 и для МАЗ-530 — ЭКГ-8 с ковшом 6 м^3 .

Как следует из расчетов по формуле 85, количество ковшей, погружаемых в автосамосвалы экскаваторами, может быть разным в зависимости от пород и полезных ископаемых, при этом коэффициент использования грузоподъемности также имеет различные значения.

Автосамосвалы МАЗ-205 и ЯАЗ-222 имеют, например, недогруз от 8 до 30% и перегруз от 5 до 22%. Эти автосамосвалы при наличии усовершенствованных дорог и допущении перегруза до 8—10% (коэффициент использования грузоподъемности 1,08—1,10) можно рационально использовать по грузоподъемности на перевозках угля и мягких пород (суглинков, глин, песков).

Автосамосвалы МАЗ-525 дают наилучшие показатели использования грузоподъемности при перевозках не весьма тяжелых руд (с объемным весом до $3—3,5 \text{ т/м}^3$). В этих случаях коэффициент использования грузоподъемности их равен 0,98, в остальных случаях он колеблется от 0,83 до 1,22.

Сравнивая автосамосвалы МАЗ-525 и МАЗ-530, можно установить, что МАЗ-530 дают более близкие к единице показатели использования грузоподъемности, чем МАЗ-525, т. е. они могут быть использованы по грузоподъемности на перевозках более тяжелых пород и руд.

Использование большегрузных автосамосвалов для перевозок пород и полезных ископаемых с большим объемным весом оправдывается и потому, что автосамосвалы меньшей грузоподъемности (5 и 10 т) способны принять небольшое число ковшей. Поэтому не только вследствие недостаточности конструктивной прочности, но и по условиям невозможности обеспечить высокопроизводительную работу экскаваторов, работающих вместе с ними, автосамосвалы небольшой грузоподъемности не соответствуют для перевозок тяжелых пород и руд. Это свидетельствует о необходимости иметь для этих целей специальные автомобили средней грузоподъемности.

Все высказанные выше соображения могут быть признаны правильными, если одновременно с учетом использования грузоподъемности

автомобилей будет предусматриваться использование емкости кузова автомобиля.

Поэтому введем значение коэффициента использования емкости кузова

$$f_0 = \frac{Q_a}{Q_z}, \quad (86)$$

где f_0 — коэффициент использования емкости кузова автомобиля;

Q_a — погруженный и перевозимый автомобилем объем горной массы, m^3 ;

Q_z — объем горной массы, который может быть вмещен в кузов автомобиля при полном использовании его емкости, m^3 .

Число ковшей экскаватора, загруженных в автосамосвал, может быть представлено так же, как отношение использованной емкости кузова к объему породы в ковше

$$n = \frac{E f_0}{q_0}, \quad (87)$$

где E — геометрическая емкость кузова автосамосвала, m^3 ;

q_0 — объем породы в ковше, m^3 .

В свою очередь,

$$q_0 = q \cdot k_n \cdot k_{упл} = q \cdot k_n \cdot \frac{k_p''}{k_p'}, \quad (88)$$

где q — геометрическая емкость ковша экскаватора, m^3 ;

$k_{упл}$ — коэффициент уплотнения, учитывающий уплотнение разрыхленной породы при погрузке ее в автосамосвалы и равный отношению коэффициента разрыхления породы в кузове автомобиля к коэффициенту разрыхления породы в ковше экскаватора

$$k_{упл} = \frac{k_p''}{k_p'}, \quad (89)$$

где k_p'' — коэффициент разрыхления породы в кузове автосамосвала;

k_p' — коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора.

Коэффициент уплотнения разрыхленной породы может приниматься приблизительно равным для угля и легких суглинистых пород 0,99, для глинистых пород 0,96, для скальных пород средней крепости 0,93, для тяжелых скальных пород и руд 0,90 (с учетом их нормального разрыхления).

Для возможности сопоставления, каким образом при определенном использовании грузоподъемности автомобиля используется при погрузке в него пород емкость кузова, рассмотрим значения коэффициента использования емкости кузова при определенных значениях коэффициента использования грузоподъемности.

$f_0 = \frac{Q_a}{Q_z}$ может быть представлено исходя из указанного как

$$f_0 = \frac{g \cdot \gamma_0}{E \cdot \gamma} = \frac{g \cdot \gamma_0 \cdot k_p''}{E \cdot \gamma \cdot k_p'}, \quad (90)$$

$$k_p'' = k_{упл} \cdot k_p', \quad (91)$$

где g — грузоподъемность автомобиля, t ;

γ_0 — коэффициент использования грузоподъемности;

E — геометрическая емкость кузова, m^3 ;

k_p' — коэффициент разрыхления в кузове автомобиля.

Таким образом,

$$f_0 = \frac{g \cdot \gamma_0 \cdot k_{упл} \cdot k_p'}{E \cdot \gamma}. \quad (92)$$

Анализируя расчетные данные по формулам (85) и (92), следует отметить, что для большинства пород и полезных ископаемых существует явное несоответствие между грузоподъемностью и емкостью автосамосвалов. Так, например, в автосамосвал МАЗ-205 можно вместить лишь 4 ковша угля, в то время как для использования его грузоподъемности необходимо 5—6 ковшей. В автосамосвал МАЗ-525 для полного использования грузоподъемности нужно грузить 6—7 ковшей угля, 7—8 ковшей глины, а вмещает он лишь 3—4 ковша угля и 4—5 ковшей глины. У автосамосвала МАЗ-530 это несоответствие выражено еще более резко. В него можно погрузить лишь 4 ковша угля, а для полной грузоподъемности нужно было бы 7—8 ковшей, примерно столько же необходимо было бы погрузить и глины. При транспортировании угля автосамосвалами МАЗ-205 для использования их на полную грузоподъемность требуется увеличение емкости кузова на 40%, ЯАЗ-222 на 30%, МАЗ-525 в 1,7 раза, а МАЗ-530 почти в 2 раза.

Для перевозок мягких глинистых пород, разрушенных песчаников, сланцев, гравия и т. д. по условиям использования грузоподъемности машин и емкости их кузовов наиболее соответствуют автосамосвалы МАЗ-205 и ЯАЗ-222. Для транспортирования скальных пород, известняков, гранитов, гнейсов, сиенитов, диоритов и др. наиболее высокие показатели коэффициента использования грузоподъемности и емкости дают автосамосвалы МАЗ-525 и МАЗ-530 при погрузке в них 4—5 ковшей. Перевозкам железной руды также наиболее отвечают автосамосвалы МАЗ-525 и МАЗ-530, которые дают удовлетворительные показатели при погрузке в них 5 ковшей, имея при этом небольшой (допустимый) перегруз.

При транспортировании тяжелых руд полиметаллов наилучшее использование грузоподъемности автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 будет при 4 ковшах, погружаемых в них экскаватором ЭКГ-8 (ковш 6 m^3). Однако при этом емкость кузова используется лишь на 75—78%. Еще более низкие показатели использования емкости кузова дают автосамосвалы МАЗ-205 и ЯАЗ-222, которые при использовании их с соответствующими им экскаваторами допускают заполнение кузова железной рудой на 55—75%, а медной рудой лишь на 35—55%.

Сказанное позволяет считать, что выпускаемые отечественные автосамосвалы не пригодны для рациональных перевозок угля и тяжелых руд, в первом случае имеет место большое недоиспользование грузоподъемности, а во втором непроизводительно используется емкость кузова. Возможная область рационального применения выпускаемых автосамосвалов в основном ограничивается полускальными и скальными породами, а для большегрузных машин рудами с небольшим объемным весом. Поэтому необходимо создание для угля и тяжелых руд машин новых типов или применение сменных кузовов, рассчитанных на объемный вес и характер транспортируемых материалов.

Возможности выпускаемых в СССР автосамосвалов по их грузоподъемности и емкости кузова наиболее наглядно можно представить, введя понятия грузовместимости и породоемкости. Под грузовместимостью

мостью будем понимать вес груза, который можно вместить в кузов автомобиля в пределах его геометрической емкости (рис. 35).

$$\gamma'_0 = \frac{g_{\Phi}}{g_{\text{в}}}, \quad (93)$$

где γ'_0 — коэффициент грузоподъемности автомобиля;

g_{Φ} — груз, фактически помещаемый в кузов при перевозке, т;

$g_{\text{в}}$ — груз, который может быть вмещен в кузов при полном использовании его геометрической емкости, т.

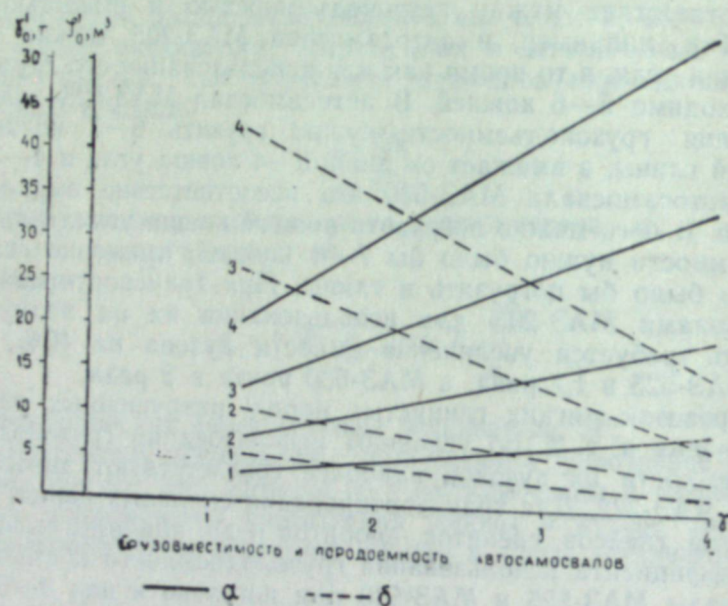


Рис. 35. Грузоподъемность и породоемкость автосамосвалов:
а — грузоподъемность; б — породоемкость; 1 — МАЗ-205; 2 — ЯАЗ-222;
3 — МАЗ-525; 4 — МАЗ-530.

Под породоемкостью будем понимать объем груза, который можно погрузить, не превышая грузоподъемности автомобиля

$$\gamma'_0 = \frac{q_{\Phi}}{q_{\text{в}}}, \quad (94)$$

где γ'_0 — коэффициент породоемкости автомобиля;

q_{Φ} — объем фактически помещенной в кузов породы при перевозке, м³;
 $q_{\text{в}}$ — объем, который можно вместить в кузов при полном использовании грузоподъемности автомобиля, м³.

3. Рациональные типоразмеры и параметры автомобильного оборудования для карьеров СССР

Проведенные исследования позволяют установить необходимые типоразмеры автомобилей для отечественных карьеров и определить их параметры.

Прежде чем перейти к рассмотрению вопроса о новых типоразмерах автомобилей, отвечающих горнотехническим условиям, попытаемся установить желательные оптимальные значения грузоподъемности и емкости выпускаемых отечественной промышленностью автосамосвалов, исходя из условий наиболее целесообразного соотношения между емкостью ку-

Таблица 75

Рациональная грузоподъемность и емкость самосвалов применительно к выпускаемым отечественным автосамосвалам

Транспортируемые породы и полезные ископаемые	Количество ковшей, по-гружаемых в автосамосвал		Рациональная грузоподъемность, т		Рациональная емкость, м ³	
	по условиям использования грузоподъемности	по условиям емкости кузова	от—до	по максимальному числу ковшей	от—до	по максимальному числу ковшей

Автосамосвалы типа МАЗ-205

Бурый уголь	5—6	3—4	4,6—5,5	5,5	3,0—4,0	4,0
Глина нормальной влажности	5—6	4—5	4,5—5,4	5,5	3,6—4,5	4,5
Известняк средней крепости	3—4	4—5	4,3—5,7	6,0	3,2—4,0	4,0
Сиенит и порфирит средней зернистости	3—4	4—5	4,2—5,6	7,0	3,0—3,8	4,0
Железная руда	2—3	5—6	4,6—6,6	7,0	3,8—4,5	4,5
Медная руда	2—3	5—6	3,5—5,3	5,5	3,5—4,2	4,5

Автосамосвалы типа ЯАЗ-222

Бурый уголь	5—6	4—5	9,2—11,1	11,0	8,0—10,0	10,0
Глина нормальной влажности	5—6	4—5	9,2—10,8	11,0	7,2—9,0	9,0
Известняк средней крепости	3—4	5—6	8,6—11,4	11,0	8,0—9,6	10,0
Сиенит и порфирит средней зернистости	3—4	5—6	8,4—11,2	11,0	7,5—9,0	9,0
Железная руда	3—4	5—6	9,8—13,1	13,0	7,5—9,0	9,0
Медная руда	2—3	5—6	7,0—7,2	7,0	7,0—8,4	8,5

Автосамосвалы типа МАЗ-525

Бурый уголь	6—7	3—4	22,1—26,0	26,0	12,0—16,0	16,0
Глина нормальной влажности	7—8	4—5	25,2—29,9	26,0*	14,4—18,0	18,0
Известняк средней крепости	4—5	4—5	22,8—28,4	28,0	12,8—16,0	16,0
Сиенит и порфирит средней зернистости	4—5	4—5	22,4—27,8	28,0	12,0—15,0	15,0
Железная руда	4—5	5—6	26,3—32,7	33,0	15,0—18,0	18,0
Медная руда	3—4	5—6	21,0—27,9	28,0	14,0—16,7	17,0

Автосамосвалы типа МАЗ-530

Бурый уголь	7—8	3—4	38,7—44,2	39,0*	18,0—24,0	24,0
Глина нормальной влажности	7—8	4—5	37,9—42,5	38,0*	21,6—27,0	27,0
Известняк средней крепости	4—5	4—5	34,2—42,6	43,0	19,3—24,0	24,0
Сиенит и порфирит средней зернистости	4—5	4—5	33,6—41,8	42,0	18,0—22,5	23,0
Железная руда	4—5	5—6	39,3—49,0	49,0	22,5—27,0	27,0
Медная руда	3—4	5—6	31,3—41,7	42,0	21,0—25,2	25,0

* Принято не более 7 ковшей из условий рационального использования под погрузкой автосамосвала.

зова автосамосвала и емкостью ковша экскаватора. Эти данные представлены нами в табл. 75.

Анализируя данные приведенной таблицы, можно сделать следующие выводы:

а) автосамосвалы типа МАЗ-205 наиболее рационально было бы иметь грузоподъемностью 5,5 и 7 т (при погрузке 5 ковшей скальных пород);

б) автосамосвалы типа ЯАЗ-222 лучше иметь грузоподъемностью 11 т (при перевозках медной руды использование их нецелесообразно);

в) автосамосвалы типа МАЗ-525 целесообразно увеличить по грузоподъемности до 28 т;

г) автосамосвалы типа МАЗ-530 следовало бы иметь грузоподъемностью 42—43 т, однако, учитывая, что удельная мощность двигателя МАЗ-530 недостаточна, их лучше использовать на грузоподъемность 38 т (минимальные значения числа ковшей);

д) для перевозок железной и медной руды (при погрузке 5 ковшей) нужны автосамосвалы большей грузоподъемности;

е) для перевозки угля, легких суглинков, глин, сланцев и других пород все самосвалы нуждаются или в наращивании кузовов (в пределах их устойчивости в процессе движения) или в применении специальных сменных кузовов (из легких прочных сплавов).

В результате проведенных исследований представляется возможным установить наиболее рациональную грузоподъемность применительно к выпускаемым автомобилям: 5,5; 7,0; 11,0; 22,0; 28,0; 42,0; 50,0 т [45].

Емкость кузовов для автосамосвалов этого ряда в зависимости от объемного веса транспортируемых пород показана на рис. 36.

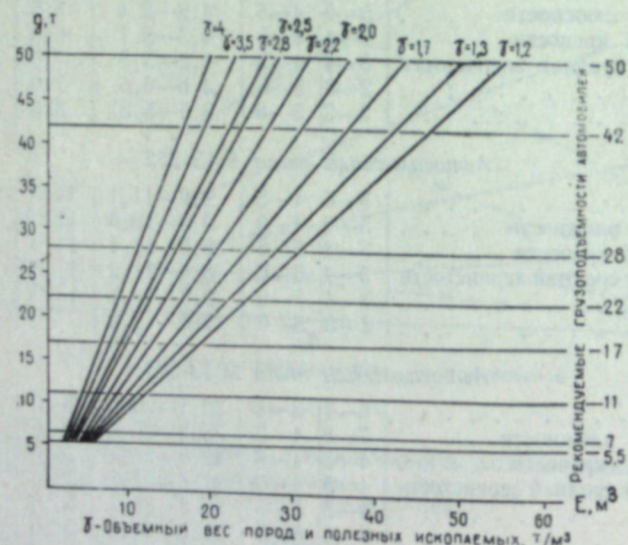


Рис. 36. Рациональная емкость автомобильных агрегатов или их съемных кузовов.

Как следует из графика, для предложенных грузоподъемностей автомобилей получается весьма большое число различных по емкости кузовов. Поэтому для унификации и сокращения их числа следует предусматривать изготовление трех типов кузовов, различных по емкости и конструкции:

- а) для мягких пород и легких полезных ископаемых,
- б) для скальных пород,
- в) для тяжелых и весьма тяжелых руд.

Приведенный ряд грузоподъемностей автомобилей определен путем расчета рациональных значений для применяющихся в настоящее время в карьерах экскаваторов.

Однако наряду с распространенными автосамосвалами и намеченными для использования с ними экскаваторами в практике нередко возникает необходимость применения и других выемочно-погрузочных средств. Поэтому по той же методике нами определена грузоподъемность автомобильных агрегатов для выпускаемых и намеченных к выпуску экскаваторов — прямых лопат и драглайнов (табл. 76). В расчетах принято

количество погружаемых в кузов ковшей в пределах установленных ранее соотношений. В некоторых случаях для возможности выбора более рациональной грузоподъемности автомобиля дается двойное значение.

Как можно установить из табл. 77, предложенный нами ряд грузоподъемностей автомобилей находит подтверждение и в этом случае. Выявляется необходимость включения в этот ряд автомобиля грузоподъемностью 17 т. В зарубежной практике среди автомобилей средней грузоподъемности распространены автосамосвалы в 17, 22 и 27 т.

В отдельных случаях целесообразно использование автосамосвалов грузоподъемностью 25 т (МАЗ-525) и 38 т (фактическая грузоподъемность автосамосвала МАЗ-530 при работе его на уклонах 8%), хотя в большинстве случаев более рационально иметь автосамосвалы грузоподъемностью 22, 28 и 42 т. При погрузке руд мощными экскаваторами (с ковшом емкостью 8 м³) по условиям рациональных соотношений целесообразно иметь автомобильные агрегаты грузоподъемностью 70 т. Исходя из этого для экскаваторов — прямых лопат можно вывести соответствие (табл. 76).

Для установленного ряда грузоподъемностей емкость автомобильных агрегатов представлена в табл. 78.

Практическое осуществление данного ряда грузоподъемностей автомобилей для открытых горных работ возможно следующим образом:

- 1) автосамосвал грузоподъемностью 5,5 т может выпускаться на базе модернизированного МАЗ-205;
- 2) автосамосвал грузоподъемностью 7 т будет представлен автосамосвалом Минского автомобильного завода — МАЗ-503;
- 3) автосамосвал грузоподъемностью 11 т будет выпускаться Кременчугским автомобильным заводом (КрАЗ-251 грузоподъемностью 11—12 т);
- 4) автосамосвал грузоподъемностью 17 т должен быть создан заново, желательно в двухосном исполнении и приспособлен для перевозок скальных пород и руд (вполне вероятно, что этим требованиям сможет удовлетворить автосамосвал МоАЗ-18);
- 5) автосамосвал грузоподъемностью 22 т также должен быть создан заново или путем введения третьей оси в автосамосвал грузоподъемностью 17 т;
- 6) автосамосвал грузоподъемностью 28 т может быть представлен модернизированным автосамосвалом МАЗ-525 (путем усиления рамы, замены кузова, введения поддрессирования, усовершенствования коробки перемены передач, дифференциала заднего моста и т. д. и замены двигателя Д-12А на двигатель мощностью 375 л. с., что позволит повысить удельную мощность до 7,5 л. с./т), или намеченным к выпуску автосамосвалом БелАЗ-540 грузоподъемностью 27—28 т;

Таблица 76

Соответствие между емкостью ковша экскаватора и грузоподъемностью автомобиля

Тип и марка экскаватора	Емкость ковша, м³	Грузоподъемность автомобиля, т
Экскаваторы — механическая лопата		
Э-1003	1,0	5,5 и 7
Э-1252	1,25	7 и 11
Э-2005	2,0	11 и 17
СЭ-3	3,0	11 и 22
ЭКГ-4	4,0	22 и 28
ЭКГ-5	5,0	28 и 42
ЭКГ-8	6,0	28, 42 и 50
ЭКГ-8	8,0	28, 50 и 70
Экскаваторы-драглайны		
Э-1004	1,0	7 и 11
Э-2005	1,5	11 и 17
Э-2005	2,0	17
ЭШ-4/40	4,0	28 и 42
ЭШ-6/60	6,0	42 и 50

Тип и марка экскаватора	Емкость ковша, м³	Бурий уголь		Глины нормальной влажности		Известняк средней крепости		Снежит средней зернистости		Железная руда		Медная руда	
		γ=1,2		γ=1,3		γ=2,5		γ=2,8		γ=3,5		γ=4,0	
		число ковшей	грузо- подъем- ность, т	число ковшей	грузо- подъем- ность, т	число ковшей	грузо- подъем- ность, т	число ковшей	грузо- подъем- ность, т	число ковшей	грузо- подъем- ность, т	число ковшей	грузо- подъем- ность, т
Механические лопаты													
Э-1003	1,00	6	5,5	6(5)	6,4 (5,3) 6,7	5	7,1	5	7,0	4	6,6	4	7,0
Э-1252	1,25	6	6,8	5		6(5)	10,7 (8,9)	6(5)	10,5 (8,7)	4	10,4	5	10,9
Э-2005	2,00	6	11,0	5	10,6	6	17,2	6	16,8	5	16,4	5	17,5
СЭ-3	3,00	6(5)	16,5 (13,8)	5	16,0	5	21,5	5	21,0	5	24,6	4	21,0
ЭКГ-4 и ЭВГ-4	4,00	6	22	5	21,2	5	28,6	6	28,0	4	26,4	4	28,0
ЭКГ-5	5,00	6	27,8	5	26,5	6(5)	43,0 (35,7)	6	42	5	41,0	5	43,8
ЭКГ-8 и ЭКГ-6	6,00	6(5)	33,0 (27,8)	6(5)	38,0 (31,5)	5	43,0	5	42	5(4)	49,2 (39,3)	5(4)	52,5 (42)
ЭКГ-8	8,00	6(5)	44,0 (37,0)	6(5)	51,0 (42,5)	5(6)	47,5 (68,5)	5(6)	46 (67,2)	5(4)	65,6 (52,5)	5(4)	70,0 (56,0)
Драглайны													
Э-1004	1,00	8	7,3	7	7,4	7	10,1	7	10,0	6	9,9	6	10,5
Э-2005	1,50	8	11,0	7	11,2	7	15,9	6	12,6	5	12,3	5	10,9
Э-2005	2,00	8	14,7	7	14,8	6	17,2	6	16,8	5	16,4	5	17,5
ЭШ-4/40	4,00	8(7)	29,4 (25,8)	7(6)	29,2 (25,4)	5	28,6	5	28,0	6	39,4	6	40,3
ЭШ-6/60	6,00	8(7)	44,0 (38,6)	7(6)	44,5 (38,2)	5	43,0	5	42,0	5	49,2	5	52,5

Таблица 78

Рекомендуемая рациональная грузоподъемность и емкость автомобильных агрегатов
(в тоннах) для их серийного производства

Породы и полезные ископаемые	Ряд грузоподъемностей автомобильных агрегатов, т								
	5,5	7,0	11,0	17,0	22,0	28,0	42,0	50,0	70,0
Емкость кузова									
Мягкие породы и полезные ископаемые	5,8	7,3	11,5	17,8	23,0	29,0	44,0	52,0	73,0
Скальные породы	3,0	3,9	6,1	9,4	12,0	15,4	23,0	27,5	43,5
Тяжелые руды	2,3	3,0	4,7	7,3	9,5	12,0	18,0	21,5	30,0

7) автосамосвал грузоподъемностью 42 т может выпускаться на базе автосамосвала МАЗ-530 после замены его двигателя (необходим дизельный двигатель мощностью 520—550 л. с.);

8) автосамосвалы грузоподъемностью 50 и 70 т должны быть вновь сконструированы, причем автосамосвал грузоподъемностью 50 т желательно иметь двухосным (нужны особопрочные шины), с введением третьей оси он сможет иметь грузоподъемность 70 т;

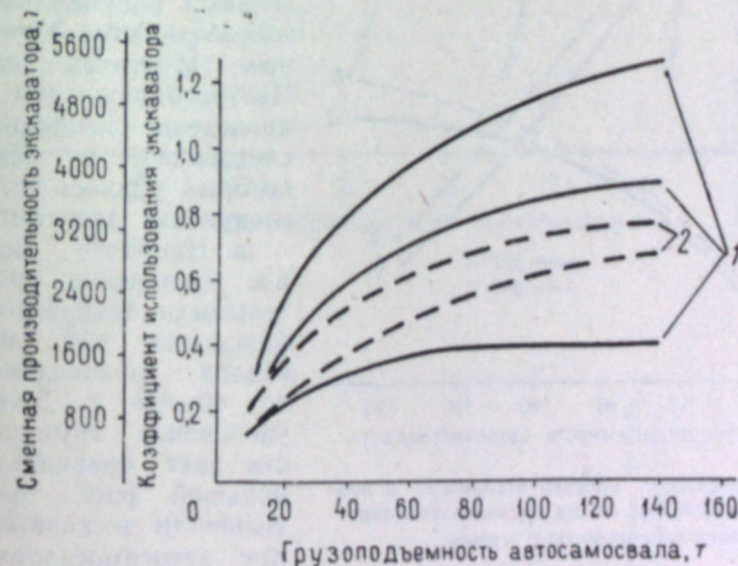


Рис. 37. Зависимость производительности и коэффициента использования экскаваторов от грузоподъемности автосамосвалов:
1 — производительность экскаватора; 2 — коэффициент использования экскаватора.

9) на предложенных к выпуску автосамосвалах, как базовых автомобилях, целесообразно создание ряда тягачей с полуприцепами с задней и боковой, а также донной разгрузкой. На базе автомобиля грузоподъемностью 28 т может быть создан двухосный тягач с одноосным полуприцепом грузоподъемностью 50 т, а также одноосный тягач с полуприцепом грузоподъемностью 40 т. Оба полуприцепа могут быть выпущены как с задней, боковой, так и с донной разгрузкой; с задней и боковой (крановой) разгрузкой — для перевозки скальных пород и руд и с донной — для мягких и мелкокусковых пород и полезных ископаемых.

На базе автомобиля грузоподъемностью 42 т возможно создание тягача с двухосным полуприцепом грузоподъемностью 70 т и одноосного тягача с полуприцепом грузоподъемностью до 50 т. На базе двухосного 50 т автомобиля возможно изготовление двухосного полуприцепа грузоподъемностью 90 т, а на базе того же автомобиля, но увеличенной грузоподъемности до 70 т (с подведением третьей оси), совместно с двухосным полуприцепом возможно создание автомобильного агрегата грузоподъемностью 120 т.

Для транспортирования горной массы на рудных и угольных карьерах весьма перспективны самосвалы-полуприцепы (турнорокеры), выпуск которых требуется безотлагательно наладить на отечественных автомобильных заводах. Целесообразен выпуск турнорокеров грузоподъемностью 11, 22 и 38—40 т, а в дальнейшем и большей грузоподъемности.

Для карьеров нерудных строительных материалов нужны думпторы грузоподъемностью 7—8 и 13—15 т.

Для установления предельных рациональных грузоподъемностей автомобильных агрегатов нами и Центрогипрошахтом были проведены специальные исследования, в результате которых удалось установить следующие зависимости:

а. Наиболее значительное увеличение производительности экскаваторов наблюдается для автосамосвалов грузоподъемностью до 40—60 т. Дальнейшее увеличение грузоподъемности дает сравнительно небольшой рост производительности экскаваторов (так, при автосамосвалах от 60 до 80 т производительность

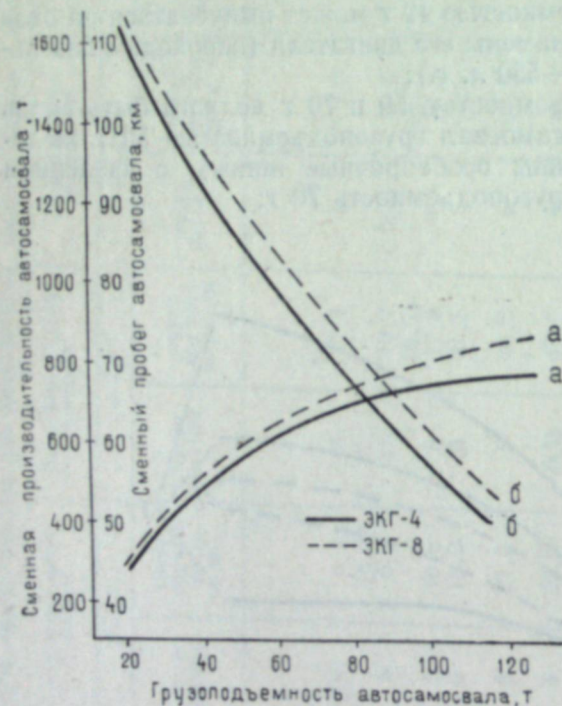


Рис. 38. Зависимость производительности и пробега автосамосвалов от их грузоподъемности: а — производительность; б — пробег.

увеличивается для экскаваторов ЭКГ-4 всего на 14%, а для ЭКГ-8 на 20% (рис. 37).

б. Наиболее интенсивно возрастает коэффициент использования экскаваторов при автосамосвалах средней и большой грузоподъемности, однако при грузоподъемности свыше 70—80 т интенсивность роста снижается (рис. 37).

в. Производительность автотранспортных средств наиболее значительно растет при автомобилях грузоподъемностью от 20 до 80 т. Дальнейшее увеличение грузоподъемности существенного роста производительности не дает (рис. 38).

г. Парк автотранспортных средств с ростом грузоподъемности автосамосвалов наиболее значительно сокращается при грузоподъемностях от 20 до 60 т и менее резко при грузоподъемностях 70—80 т и выше (рис. 39).

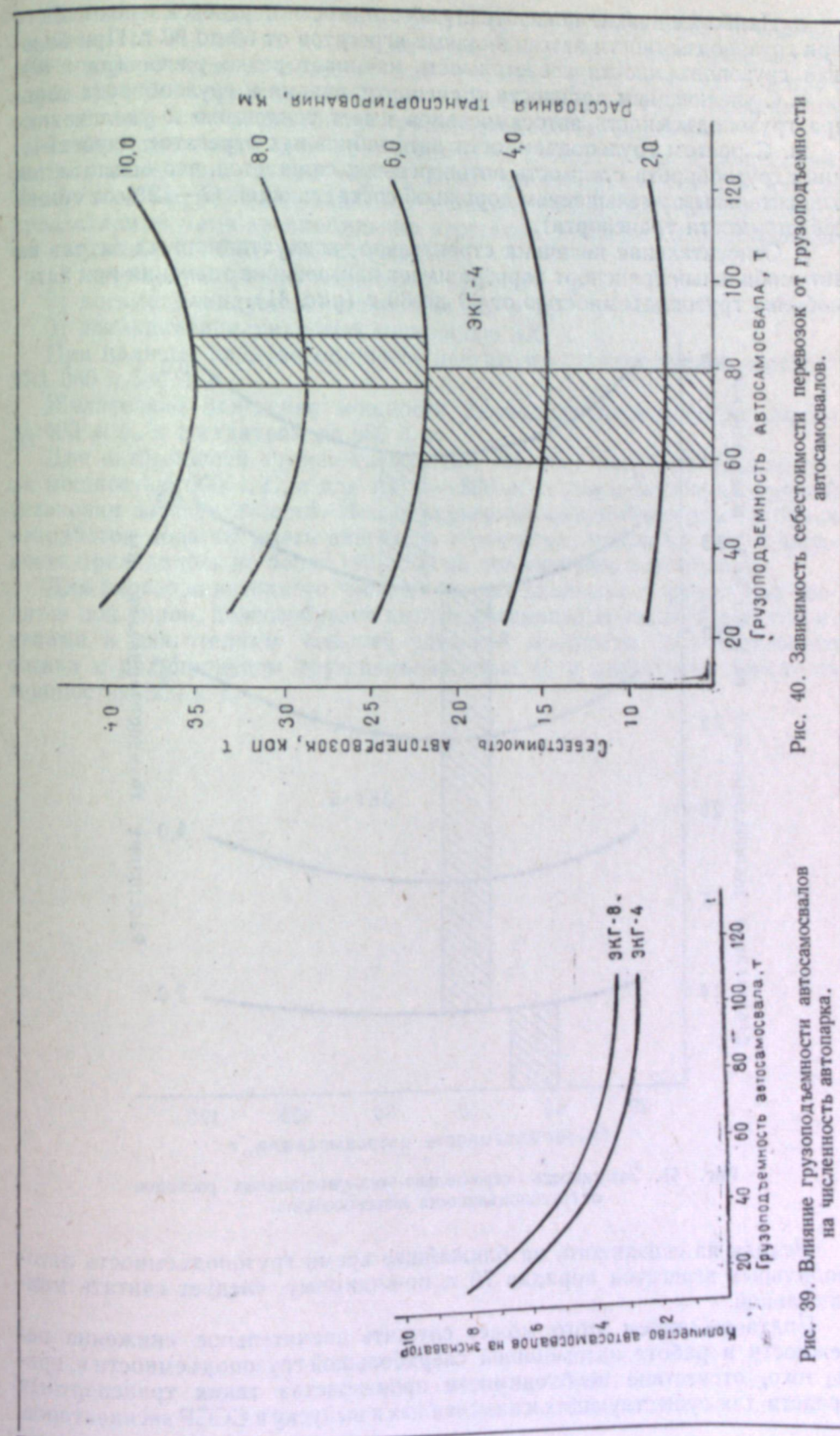


Рис. 39. Влияние грузоподъемности автосамосвалов на численность автопарка.

Рис. 40. Зависимость себестоимости перевозок от грузоподъемности автосамосвалов.

д. Наиболее низкие показатели себестоимости перевозок имеют место при грузоподъемности автомобильных агрегатов от 60 до 90 т. При большей грузоподъемности себестоимость начинает резко расти (рис. 40).

е. С увеличением дальности транспортирования и грузооборота карьера грузоподъемность автосамосвалов имеет тенденцию к увеличению.

ж. С ростом грузоподъемности автомобильных агрегатов и увеличением грузооборота стоимость автоперевозок снижается, что объясняется относительным уменьшением дорожной составляющей (7—12% от общей себестоимости транспорта).

з. Относительная величина строительно-эксплуатационных затрат на автомобильный транспорт карьера имеет наименьшие значения при автомобилях грузоподъемностью от 40 до 80 т (рис. 41).

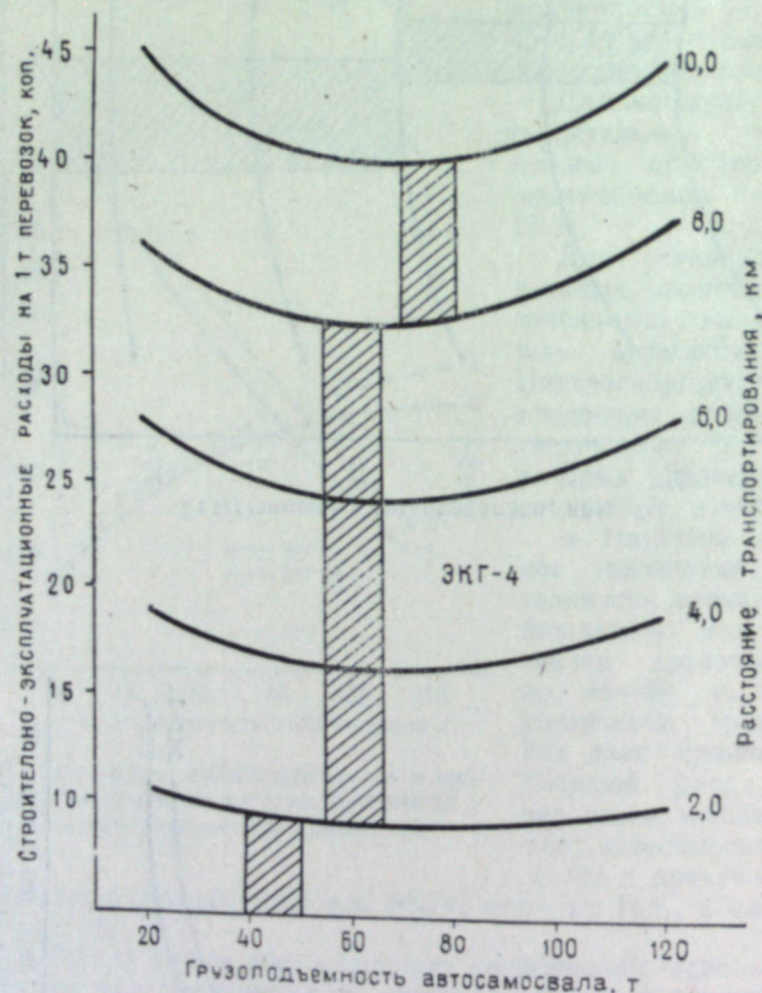


Рис. 41. Зависимость строительно-эксплуатационных расходов от грузоподъемности автосамосвалов.

Исходя из сказанного, на ближайшее время грузоподъемность автомобильных агрегатов порядка 70 т, по-видимому, следует считать максимальной.

Подтверждением этого может служить значительное снижение надежности в работе автомобилей сверхбольшой грузоподъемности и, кроме того, отсутствие необходимости производства таких транспортных средств для существующих и намеченных к выпуску в СССР экскаваторов.

Однако в дальнейшем, с выпуском в СССР прямых лопат с ковшом емкостью 10—12 м³, не исключена возможность создания автосамосвалов и автопоездов, в частности для перевозки угля, сыпучих и мягких пород грузоподъемностью до 120 т и более. В США в 1962 г. ожидается выпуск карьерных автомобилей грузоподъемностью в 200 т.

Типаж двигателей для автомобилей не нуждается в исследовании, так как намеченные к выпуску Ярославским моторным заводом дизели смогут в одинарной или двойной компоновке удовлетворить потребности предлагаемых нами автомобильных агрегатов. Должны выпускаться три модели дизелей с 2100 об/мин каждый:

- 1) шестицилиндровый мощностью 180 л. с.
- 2) восьмицилиндровый мощностью 240 л. с.
- 3) двенадцатицилиндровый мощностью 300 л. с.

При наличии наддува мощность двигателей соответственно составит 270, 360 и 540 л. с.

Желательно доведение мощности двенадцатицилиндрового дизеля до 400 л. с., а с наддувом до 600 л. с.

Для автомобилей грузоподъемностью 70—80 т потребуются двигатели мощностью 600 л. с., а для 100 т — 800 л. с. или компоновка силовой установки из двух дизелей. Новые карьерные автомобили для глубоких разработок должны иметь двигатели с расчетом, чтобы на 1 л. с. мощности приходилось не более 180—200 кг полного веса автомобиля.

Для карьеров нагорного типа, в которых движение с грузом производится под уклон, целесообразен выпуск специальных тягачей с полуприцепами и двигателями меньшей удельной мощности. Для седельного тягача с полуприцепом грузоподъемностью 40 т достаточен двигатель мощностью 360 л. с.

ГЛАВА VIII

ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ КАРЬЕРНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Тяговые расчеты автомобильного транспорта сводятся к определению: а) сил тяги, б) сил сопротивления движению, в) сил, возникающих при торможении.

Вопросами автомобильного карьерного транспорта, решение которых связано с тяговыми расчетами, являются также:

- а) установление максимальных и допустимых уклонов дорог;
- б) установление тормозного эффекта;
- в) установление скоростей движения на различных участках дорог;
- г) определение расхода эксплуатационных материалов.

1. Силы тяги автомобиля и сопротивления движению автомобилей в карьерах

Так же, как и при рельсовом транспорте, при автомобильном транспорте можно различать три вида силы тяги: индикаторную, касательную и полезную [99].

Индикаторная сила тяги F_i — это сила тяги, развиваемая внутри цилиндров двигателя. Касательная сила тяги F_k или, как ее иногда называют, сила тяги по мощности двигателя — это сила тяги на ведущем колесе, равная индикаторной силе тяги за вычетом потерь в передаточном механизме при передаче силы на движущие колеса.

Определение касательной силы тяги имеет практическое значение и необходимо для решения вопросов, связанных с движением автомобилей в карьерах [12, 66].

Полезная сила тяги F_n — это сила тяги на крюке автомобиля. Она равна разности между касательной силой тяги и силами сопротивления самого движущегося агрегата как повозки. Определение величины полезной силы тяги необходимо для расчетов движения седельных и буксирных тягачей с прицепами.

Полезная сила тяги равна:

$$F_n = F_k - W_n = F_k - P(w_0 \pm i), \quad (95)$$

где W_n — сопротивление движущегося агрегата как повозки, кг;

P — собственный вес тягового агрегата, т;

i — уклон, выраженный в килограммах добавочного сопротивления на 1 т веса поезда;

w_0 — удельное сопротивление движению автотягача как повозки на горизонтальной дороге, кг/т.

Мощность автомобиля есть работа, производимая двигателем в единицу времени и передаваемая на его ведущие колеса.

Мощность на валу двигателя (самосвала, тягача) в л. с. выражается уравнением

$$N_{\text{дв}} = \frac{F_k \cdot v \cdot 1000}{75 \cdot 60 \cdot 60 \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{кв}}} = \frac{F_k \cdot v}{270 \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{кв}}}, \quad (96)$$

где F_k — касательная сила тяги автомобиля (самосвала, тягача), кг;

$\eta_{\text{т}}$ — коэффициент полезного действия между валом двигателя и движущими колесами (к. п. д. трансмиссии), составляющий для автомобилей при одной паре цилиндрических или конических шестерен (при фрезерованных зубьях) примерно 0,95—0,96; при двух парах 0,9—0,95 и при трех парах шестерен 0,86—0,94; для гидродинамических передач (автосамосвалы МАЗ-530) коэффициент полезного действия может быть принят 0,8—0,85;

v — скорость движения, км/час;

$\eta_{\text{кв}}$ — коэффициент полезного действия ведущего колеса

$$\eta_{\text{кв}} = \frac{R_k}{R_c} \quad (97)$$

$$R_k = \frac{v_k}{\omega_k} \quad (98)$$

$$R_c = \frac{M_k}{F_k}, \quad (99)$$

где R_k — радиус качения ведущего колеса, м;

R_c — силовой радиус ведущего колеса, м;

v_k — поступательная скорость колеса, м/сек;

ω_k — угловая скорость колеса, об/сек;

M_k — крутящий момент на колесе, к.м.

По данным Волгоградского механического института R_c принимается равным 0,7—0,9 [76].

Зная мощность двигателя, можно легко определить касательную силу тяги (самосвала, тягача), пользуясь уравнением

$$F_k = \frac{270 N_{\text{дв}}}{v} \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{кв}}. \quad (100)$$

Скорость движения автомобиля в зависимости от числа оборотов коленчатого вала, диаметра ведущих колес, передаточных чисел коробки скоростей и главной передачи может быть:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n \cdot 60}{1000 \cdot i_0 \cdot i_c}, \quad (101)$$

где $\pi = 3,14$;

d — диаметр ведущих колес автомобиля, м;

n — число оборотов коленчатого вала в 1 мин;

i_0 — передаточное число главной передачи;

i_c — передаточное число коробки скоростей.

Касательная сила тяги автосамосвала и автотягача может быть реализована только в том случае, когда сила сцепления движущих колес с полотном дороги (так называемая сила тяги по сцеплению) будет больше F_k

$$F_c > F_k, \quad (102)$$

где F_c — сила тяги по сцеплению, кг.

Сила тяги по сцеплению представляет собой произведение сцепного веса на коэффициент сцепления

$$P_c \cdot f > F_k, \quad (103)$$

где P_c — сцепной вес тягового агрегата, т. е. вес, приходящийся на движущие колеса автомобиля, т;

f — коэффициент сцепления колес с полотном дороги, зависящий от состояния покрытия, его влажности, шероховатости и скорости движения.

Для автомобилей-самосвалов P_c с известным приближением можно определять из уравнения

$$\frac{P_c}{Q} \cong 0,70, \quad (104)$$

а для седельных тягачей из уравнения

$$\frac{P_c}{Q+q} = 0,55 \div 0,65, \quad (105)$$

где Q — полный вес автомобиля с грузом (самосвала, тягача), т;
 q — вес прицепа, т.

Величина сцепления колес автомобиля с покрытием дороги зависит от состояния дороги: при сухой и чистой дороге $f=0,5 \div 0,7$, при грязной и влажной дороге — $0,2 \div 0,4$, а при гололедице — $0,1 \div 0,2$ [104].

Буксование или проскальзывание колес по грунтовой дороге может происходить не только при скольжении колес по дороге, но и при скольжении слоя влажного грунта, прилипшего к колесу, по грунту дороги.

Значения коэффициента сцепления колес для автомобилей, составленные нами по различным литературным источникам, приведены в табл. 79.

Таблица 79

Значения коэффициента сцепления f для автомобилей в карьерах

Тип дороги	Состояние дорожного покрытия		
	сухое	мокрое	загрязненное
<i>Постоянные главные откаточные дороги</i>			
Щебеночное шоссе с поверхностной обработкой	0,75	0,50	0,40
Булыжная мостовая	0,70	0,40	0,35
Брусчатая мостовая	0,65	0,40	0,30
Асфальтовое шоссе	0,70	0,40	0,25
Асфальтобетонное и бетонное шоссе	0,70	0,45	0,30

Временные забойные и отвальные дороги

Забойные укатанные заезды	0,60	0,40—0,50	—
Отвальные укатанные заезды	0,40—0,50	0,20—0,30	—

Примечание. Для дорог, покрытых снегом, $f=0,20-0,30$; обледенелых $f=0,18-0,24$ и обледенелых, но тающих, $f=0,15-0,20$.

Допустимая минимальная величина коэффициента сцепления для карьерных дорог должна быть не ниже $0,35-0,40$. При снижении ее ниже этих пределов необходимо принимать меры к повышению шероховатости покрытия или очистке его от загрязнения.

При максимальном интенсивном торможении автомобиля на горизон-

тальном участке автомобильной дороги максимальное замедление может быть определено из выражения

$$Q \cdot f = \frac{Q}{g} \cdot \sigma \cdot a, \quad (106)$$

где Q — полный вес автомобиля, кг;

f — коэффициент сцепления;

a — замедление автомобиля при торможении, м/сек²;

$g=9,81$ м/сек²;

σ — коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс автомобиля.

Из этой формулы

$$f = \frac{a \cdot \sigma}{g}. \quad (107)$$

Для определения f при торможении определяется значение максимального замедления a (из осциллограммы) при движении автомобиля только «юзом», так как в этот момент соблюдается равенство

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_1 - v_0}{\Delta t},$$

Δv — снижение скорости при торможении «юзом» за время Δt , м/сек;

v_1 — скорость движения автомобиля до «юза», м/сек;

$$v_0 = 0.$$

При резком (аварийном) торможении автомобиля обычно двигатель от трансмиссии отключается (выключением сцепления), в результате чего значение коэффициента σ может быть значительно уменьшено.

Если торможение автомобиля осуществляется с небольшим замедлением или поддерживается более или менее постоянная скорость на уклоне, то инерция всех вращающихся масс, в том числе двигателя, оказывает меньшее влияние, чем трение и другие сопротивления в двигателе (например гидравлические), или отсутствует совсем. Поэтому в таких случаях не рекомендуется выключать сцепление, а торможение следует осуществлять в основном двигателем, этим обеспечивается большая сохранность тормозов и устойчивость автомобиля против заносов.

В зависимости от того, с включенным или выключенным сцеплением производится торможение, определяется коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс автомобиля [76]. Значения коэффициента σ будут различными для механических и гидродинамических трансмиссий карьерных автомобилей. Коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс, для автомобильных агрегатов с механической трансмиссией (с гидромучтой) будет:

а) для случая торможения с невыключенным сцеплением

$$\sigma = 1 + \frac{I_c \cdot g}{Q_a + Q_n} \cdot \frac{i_{кп}^2 \cdot i_{\theta} \cdot \gamma_{т} \cdot \gamma_{кв}}{R_{кв}^2} + \frac{g}{Q_a + Q_n} \left(\frac{I_{кв} \cdot \gamma_{кв}}{R_{кв}} + \frac{I_{к1}}{R_{к1}^2} \right), \quad (108)$$

б) для случая торможения с выключенным сцеплением

$$\sigma = 1 + \frac{g}{Q_a + Q_n} \left(\frac{I_{кв} \cdot \gamma_{кв}}{R_{кв}} + \frac{I_{к1}}{R_{к1}^2} \right), \quad (109)$$

где I_c — суммарный момент инерции движущихся частей двигателя и гидромучты (для МАЗ-525 — $0,5$ кг·м·сек²) из технической характеристики автомобиля;

Q_a — вес порожнего автомобиля, кг;
 Q_n — вес полезного груза в автомобиле, кг;
 $i_{кп}$ — передаточное число коробки передач;
 i_0 — передаточное число главной передачи;
 $\eta_{т}$ — к. п. д. трансмиссии;
 $\eta_{кв}$ — к. п. д. ведущего колеса;
 $R_{кв}$ — радиус качения ведущего колеса, м;
 $R_{к1}$ — радиус качения ведомого колеса, м;
 $I_{кв}$ — момент инерции ведущего колеса;
 $I_{к1}$ — момент инерции ведомого колеса;
 $R_{кв} = R_{к1} = 0,84$ м; $I_{кв} = I_{к1} = 16,7$ кгм·сек² для МАЗ-525.

Подсчитанные значения коэффициента σ по данным формулам представлены в табл. 80.

Таблица 80

Коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс автосамосвала МАЗ-525

Состояние автосамосвала	Коэффициент					
	I передача	II передача	III передача	IV передача	V передача	при выключенном сцеплении
Порожний	5,798	2,198	1,353	1,113	1,068	1,018
Груженный	3,409	1,611	1,176	1,057	1,034	1,009

Коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс для автомобильных агрегатов с гидродинамической трансмиссией (с гидротрансформатором) может быть определен по формуле

$$\sigma = 1 + \frac{g}{Q_a + Q_n} \sum \frac{I_{к1}}{R_{к1}^2} + \frac{I_c \cdot i_{кп}^2 \cdot i_0^2 \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв} \cdot g}{(Q_a + Q_n) \cdot R_{кв}^2} \cdot \frac{n_1}{n_2}, \quad (110)$$

где n_1 — число оборотов входного вала гидротрансформатора, об/мин;
 n_2 — число оборотов выходного вала гидротрансформатора, об/мин;
 $R_{кв} = R_{к1} = 0,86$; $I_{кв} = I_{к1} = 16,7$ кгм·сек² для МАЗ-530. Для средних условий $n_1 = 1950$ об/мин; $n_2 = 780$ об/мин.

В связи с тем, что при наличии гидротрансформатора торможение производится с невыключенной трансмиссией, коэффициент σ будет иметь только значения, приведенные в табл. 81.

Таблица 81

Коэффициент σ , учитывающий влияние инерции вращающихся масс для автосамосвала МАЗ-530

Состояние автосамосвала	Коэффициент			Примечание
	I передача	II передача	III передача	
Груженный	1,0381	1,0145	1,0088	Отношение $\frac{n_1}{n_2} = 0,035$
Порожний	1,850	1,0740	1,0099	

В результате экспериментов, проведенных на Сибавском руднике, и расчетов, произведенных по формуле (107), получены следующие коэффициенты сцепления для большегрузных автомобилей (МАЗ-525

и МАЗ-530) для карьерных автомобильных дорог со щебеночным покрытием: сухих, в летнее время года 0,42, покрытых снегом — 0,25, влажных и грязных, в весеннее и осеннее время года — 0,20.

Полученные экспериментальным путем значения f существенно не отличаются от значений для автомобилей общего пользования, поэтому для расчетов карьерного транспорта вполне возможно пользоваться данными, приведенными в табл. 79.

Величина полного сопротивления движению зависит от устройства ходовых частей агрегата, от веса и скорости его движения, от качества дороги и других факторов

$$W = Q \cdot w_c, \quad (111)$$

где W — полное сопротивление движению, кг;

Q — полный вес агрегата с грузом, кг;

w_c — суммарное удельное сопротивление движению автомобиля, кг/т.

Суммарное удельное сопротивление равно

$$w_c = w_0 + w_i + w_k, \quad (112)$$

В свою очередь

$$w_0 = w + w_n + w_v, \quad (113)$$

где w_0 — полное удельное сопротивление движению на прямом горизонтальном участке, кг/т;

w — удельное сопротивление качению, кг/т;

w_i — сопротивление от подъема (уклона), равное величине самого уклона i , выраженного в килограммах на тонну полного веса агрегата;

w_n — сопротивление, создаваемое инерцией при ускорении, кг/т;

w_v — сопротивление воздуха, кг/т;

w_k — сопротивление на кривых участках, кг/т.

Удельное сопротивление на кривых участках w_k (при достаточных радиусах кривых) может быть принято как

$$w_k = (0,05 \div 0,08) w_i. \quad (114)$$

Ввиду незначительной величины, практического значения оно не имеет и в расчетах может не приниматься.

При совмещении кривой с подъемом (уклоном) сопротивления резко увеличиваются, что обычно компенсируется уменьшением продольного уклона автомобильной дороги на этом участке. Рекомендации по уменьшению продольных уклонов (в тысячных) при совпадении их с кривыми, при условии движения по внутренней стороне кривой вверх, для дорог с различным покрытием приводятся в табл. 82.

Таблица 82

Уменьшение продольных уклонов при совмещении их с кривыми, %

Типы покрытий	Уклон, %	Радиусы кривых, м				
		50	40	30	20	15
Щебеночное	70	18	21	25	30	35
»	80	20	24	28	33	40
Грунтовое улучшенное	90	25	29	33	38	45

Если уменьшение уклона не является возможным, тогда сопротивления от кривой должны учитываться как дополнительные сопротивления в % от сопротивлений уклона согласно данным этой же таблицы.

Для автомобилей общего пользования и автосамосвалов небольшой грузоподъемности можно пользоваться значениями удельного сопротивления качению из табл. 83.

Таблица 83

Значения удельного сопротивления качению

Тип дороги	Род покрытия дороги	Значения w , кг/т
Постоянные главные откаточные дороги	Бетонное, асфальтобетонное, гудронизированное шоссе, брусчатка	15—20
	Черные дороги с ровной поверхностью	20—25
	Гравийные дороги	25—30
	Булыжная мостовая и щебеночное шоссе в удовлетворительном состоянии	30—45
	То же в неудовлетворительном состоянии	60—80
Временные забойные и отвальные дороги без покрытия	Укатанные грунтовые заезды в забоях с неровностями	50—80
	Заезды на отвалах при рыхлых, укатанных грунтах с неровностями поверхностей	90—150
	Заезды на отвалах при рыхлых, неукатанных грунтах	250—300

Величина сопротивления воздуха w_a зависит от лобовой проекции автомобиля на плоскость, перпендикулярную направлению движения, а также от скорости движения и степени обтекаемости автомобиля.

$$w_a = \frac{\rho \cdot \Omega \cdot v^2}{Q}, \quad (115)$$

где Ω — проекция лобовой поверхности автомобиля на плоскость, равная: для МАЗ-205 — 6 м²; ЯАЗ-222 — 7,5 м²; МАЗ-525 — 12 м²; МАЗ-530 — 12,5 м²;

ρ — коэффициент обтекаемости автомобиля, равный 0,075 — 0,1;

v — скорость движения, м/сек.

Значения сопротивлений качению, инерции при ускорении и сопротивлении воздуха для большегрузных автосамосвалов не соответствуют значениям этих сопротивлений для автомобилей общего пользования малой и средней грузоподъемности. В связи с этим под нашим руководством были проведены экспериментальные работы на Сибавском руднике в течение 1957—1958 гг., в результате которых были установлены значения удельного сопротивления движению (w_0) по методу свободного выбега автомобиля [31]. Полученные экспериментальные зависимости полных сил сопротивлений движению от скорости движения автосамосвалов МАЗ-525 (на которых производились эксперименты) представлены в графиках (рис. 42 и 43).

При свободном выбега автосамосвала тяговое усилие $F_k = 0$ и, следовательно, уравнение движения автосамосвала будет

$$F_k = W_0 \cdot M \cdot a = 0, \quad (116)$$

или

$$W_0 = M \cdot a, \quad (117)$$

где W_0 — сопротивление движению, кг;

M — масса автомобиля, кг/сек²/м; $M = \frac{Q}{g}$;

a — ускорение (замедление) при выбега, м/сек².

В свою очередь

$$W_0 = W_w + W_{wH} + W_{wB}, \quad (118)$$

где W_w — сопротивление качению, кг;

W_{wH} — сопротивление, вызываемое инерцией, кг;

W_{wB} — сопротивление воздуха, кг.

Полное удельное сопротивление может быть определено так:

$$\frac{W_0}{Q} = \frac{W_w}{Q} + \frac{W_{wH}}{Q} + \frac{W_{wB}}{Q} = w + w_H + w_B = w_0. \quad (119)$$

Анализируя графики с учетом данной зависимости (в пределах наиболее распространенных в условиях карьеров скоростей большегрузных автосамосвалов), можно установить, что для внутрикарьерных автомобильных дорог со щебеночным покрытием (как на Сибавском руднике) значение w_0 будет: для груженых автосамосвалов 15—28 кг/т, для порожних автосамосвалов 18—31 кг/т.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что удельное сопротивление движению порожних автосамосвалов больше удельного сопротивления груженых автосамосвалов, при этом с увеличением скорости эта разница увеличивается, достигая до 40%.

Полученные экспериментальные зависимости позволяют также ориентировочно установить величины удельных сопротивлений качению w и удельных сопротивлений воздуха w_a , допуская, что сопротивление, вызываемое инерцией движущегося автомобиля w_H , является незначительным по величине.

$$w = \frac{W}{Q} \quad (120)$$

$$w_a = \frac{W_{wB}}{Q}. \quad (121)$$

Как видно из графиков (рис. 42 и 43), более или менее пологий участок кривой у груженого автосамосвала лежит до скорости 10—12 км/час, т. е. $W_w = 450 \div 600$ кг, а удельное сопротивление качению

$$w = \frac{450 \div 600}{47} = 9 \div 13 \text{ кг/т.}$$

У порожнего автосамосвала пологий участок кривой лежит до скорости 14 км/час, т. е. $W_w = 275 \div 350$ кг

$$w = \frac{275 \div 350}{22} = 12 \div 16 \text{ кг/т.}$$

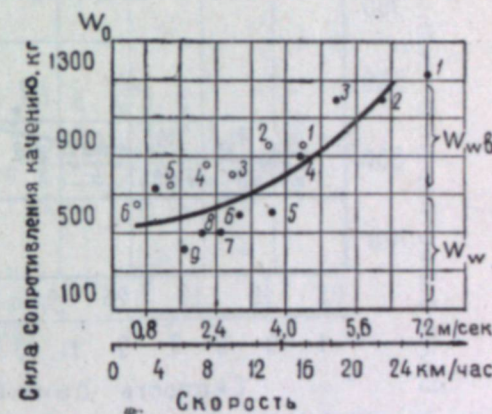


Рис. 42. Зависимость силы сопротивления качению груженого автосамосвала МАЗ-525 от скорости движения: 1—9 — точки наблюдений.

Сила сопротивления воздуха $W_{\text{вв}}$ становится значительной при скоростях движения более 10—14 км/час и возрастает от 100—150 кг при скорости 10—14 км/час до 500—600 кг при скорости 25—30 км/час. Сопротивление воздуха в указанных пределах скоростей для груженых автосамосвалов будет достигать 15 кг/т, а для порожних 18 кг/т.

Полученные значения сопротивлений качению отличаются от приведенных в табл. 83 значений для автосамосвалов небольшой грузоподъемности и, как показывают наши исследования, значения их в расчетах должны приниматься несколько меньшими (в 1,2—1,3 раза). Это дает основание полагать, что и на дорогах с другими покрытиями сопротивление качению для большегрузных автосамосвалов также должно быть примерно в 1,2—1,3 раза меньше, чем приведенные в табл. 83.

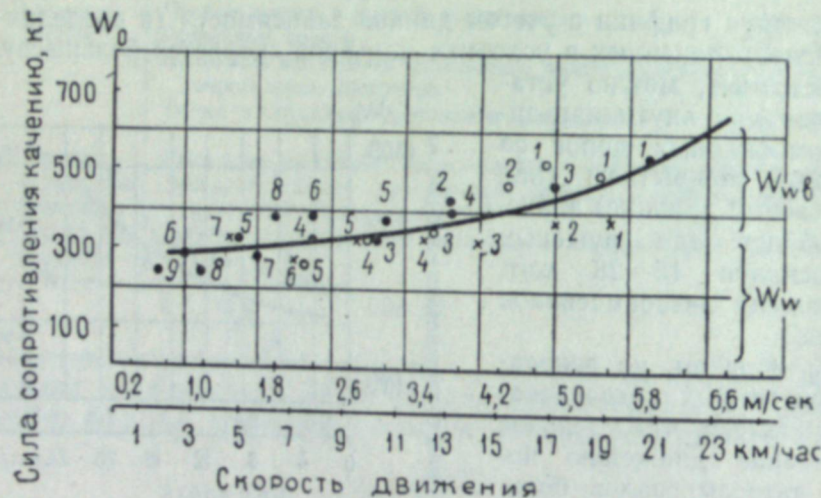


Рис. 43. Зависимость силы сопротивления качению порожнего автосамосвала МА3-525 от скорости движения: 1—9 — точки наблюдений.

Сопротивление воздуха можно не учитывать лишь при скорости движения до 10—12 км/час, т. е. на внутрикарьерных и отвальных дорогах и при движении автомобилей на подъеме.

При движении на главных дорогах на поверхности и при спуске, когда скорость движения автосамосвалов достигает 20—28 км/час, сопротивление воздуха резко возрастает, становясь равным сопротивлению качения или даже превышая его, и поэтому оно должно обязательно учитываться.

Таким образом, полное сопротивление движению может быть представлено в следующем виде:

$$W = Q(w_0 \pm w_i + w_k) = Q(w + w_n + w_v \pm i + w_k),$$

$$W = Q(w + w_n \pm i + w_k) + W_{\text{вв}}. \quad (122)$$

Для упрощенных расчетов внутрикарьерного транспорта можно пользоваться формулой

$$W = Q(w_0 \pm i), \text{ кг}. \quad (123)$$

2. Определение тормозного эффекта

На спусках возможны три варианта движения автомобилей: а) с работающим двигателем, б) с выключенным двигателем (холостой ход), в) с действующими тормозами [83].

При движении автомобиля на спуске с работающим двигателем уравнение движения принимает вид:

$$D = \frac{F_k - W_{\text{вв}}}{Q} = w - i + j_1, \quad (124)$$

где D — динамический фактор, кг/т.

Учитывая, что в левую часть уравнения нами введено сопротивление воздуха $\frac{W_{\text{вв}}}{Q}$, в правой части w представляет удельное сопротивление качению, кг/т.

$$j_1 = \frac{a}{g}, \quad (125)$$

где j_1 — отношение ускорения a автомобиля в данный момент к ускорению силы тяжести g .

Относительное ускорение движения будет:

$$j_1 = D - w + i > 0. \quad (126)$$

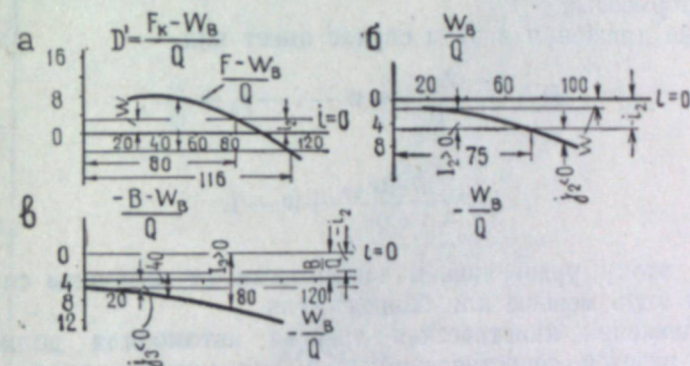


Рис. 44. Графики движения автосамосвалов на уклонах: а — с работающим двигателем; б — с выключенным двигателем или на холостом ходу; в — с действующими тормозами.

Изобразим это выражение на графике динамического фактора, пользуясь кривой четвертой скорости автомобиля (рис. 44, а).

Как видно на рисунке, скорость движения v будет увеличиваться пока сопротивление воздуха не уравновесит работу двигателя на уклоне; это произойдет при скорости примерно 116 км/час или когда закончится спуск на дороге, по которой движется автомобиль. Если полученная таким образом скорость будет превышать конструктивную, то при расчетах следует принимать конструктивную.

При движении автомобиля с выключенным двигателем (работающем на холостом ходу) сила тяги F_k будет равна нулю и уравнение движения примет вид:

$$D = -\frac{W_{\text{вв}}}{Q} = w - i + j_2, \quad (127)$$

откуда

$$j_2 = -\frac{W_{\text{вв}}}{Q} - w + i. \quad (128)$$

При небольших спусках относительное ускорение может быть меньше нуля, и автомобиль будет двигаться замедленно. При больших спусках

сках движение будет ускоренное до того момента, когда сопротивление воздуха не уравнивает уклон. На рис. 44, б это показано при скорости 75 км/час.

При движении по съездам, не требующим значительного торможения, двигатель обычно не включают, а движение поршней, коленчатого вала и силовой передачи используют как дополнительное сопротивление, дающее тормозной эффект, причем подачу топлива, как правило, в это время сокращают.

При движении автомобиля с выключенным двигателем и действующими тормозами сила тяги равна нулю, тормозная сила равна определенной величине B , а ускорение — отрицательное (меньше нуля), так как движение является замедленным. Кинетическая энергия здесь поглощается работой сопротивлений и трением колодок о тормозные барабаны. Скорость движения зависит от тормозной силы B , значение которой во избежание заклинивания колес должно удовлетворять условию

$$B < f \cdot P_T, \quad (129)$$

где P_T — нагрузка на тормозные колеса, равная весу автомобиля Q , если все колеса тормозные.

Уравнение движения в этом случае имеет вид

$$D = -\frac{W_{wb}}{Q} = w - i - j_3 + \frac{B}{Q}, \quad (130)$$

откуда

$$j_3 = \frac{B + W_{wb}}{Q} + w - i. \quad (131)$$

Согласно этому уравнению, в зависимости от величины спуска ускорение может быть меньше или больше нуля.

При торможении кинетическая энергия автомобиля должна будет поглотиться работой сопротивлений, т. е. для участка дороги протяжением ΔS скорость автомобиля изменится от v_1 до v_2

$$\frac{M(v_1^2 - v_2^2)}{2} = (B + W_0) \cdot \Delta S, \quad (132)$$

а до полной остановки автомобиль пройдет путь S , в конце которого $v_2 = 0$, тогда

$$\frac{M \cdot v_1^2}{2} = B \cdot S + W_0 \cdot S = BS + [Q(w \pm i) + W_{wb}] \cdot S. \quad (133)$$

Так как масса автомобиля $M = \frac{Q}{g}$, то это уравнение можно представить в следующем виде:

$$\frac{Q \cdot v_1^2}{2g} = B \cdot S + W_{wb} \cdot S + Q(w \pm i) \cdot S, \quad (134)$$

откуда длина тормозного пути S будет

$$S = \frac{v_1^2}{2g \left(\frac{B}{Q} + \frac{W_{wb}}{Q} + w \pm i \right)}. \quad (135)$$

На движение автомобиля оказывают влияние силы инерции вращающихся масс (шестерен, колес и других деталей), которые не учитываются выражением $\frac{M \cdot v^2}{2}$. В связи с этим при определении длины тормозного

пути следует вводить коэффициент, учитывающий влияние инерции вращающихся масс σ .

Учитывая сказанное ранее, что тормозная сила ограничивается условиями сцепления колес автомобиля с дорогой, и в то же время некоторую неточность в регулировке тормозов, вводят коэффициент $K = 0,95$.

Принимая, что в современных автомобилях тормоза действуют на все колеса, $P_T = Q$, тогда $B = Q \cdot f$.

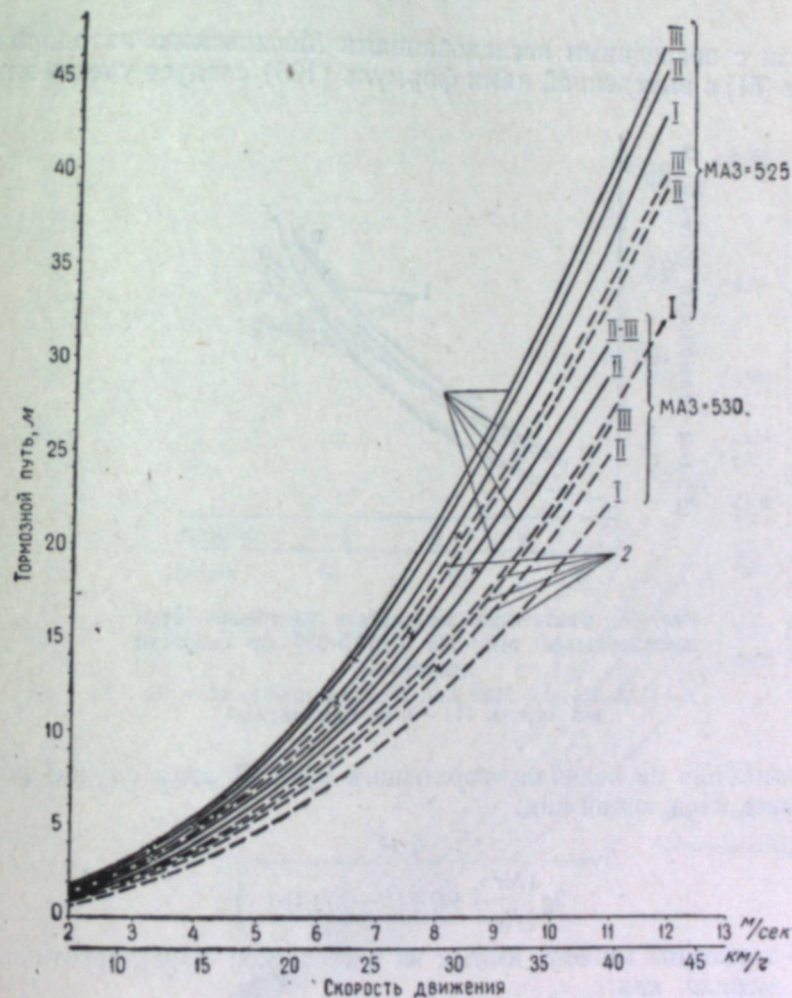


Рис. 45. Расчетная зависимость тормозного пути автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 от скорости движения.
I — летний период; II — зимний период; III — переходные периоды; I — груженный; 2 — порожний.

Тогда окончательное выражение для тормозного пути при скорости v , выраженной в м/сек, будет иметь вид с учетом удельного сопротивления воздуха

$$S = \frac{\sigma \cdot v^2}{2 \cdot 9,81 (0,95f + w \pm i)}, \quad (136)$$

а без учета удельного сопротивления воздуха

$$S = \frac{\sigma \cdot v^2}{2 \cdot 9,81 (0,95f + w \pm i)}. \quad (137)$$

При скорости, выраженной в км/час,

$$S = \frac{\sigma \cdot v^2}{254 (0,95f + w_0 \pm i)} \quad (138)$$

и соответственно без учета удельного сопротивления воздуха

$$S = \frac{\sigma \cdot v^2}{254 (0,95f + w \pm i)} \quad (139)$$

В связи с последними исследованиями Московского автодорожного института [61] в выведенной нами формуле (135) следует учесть влияние

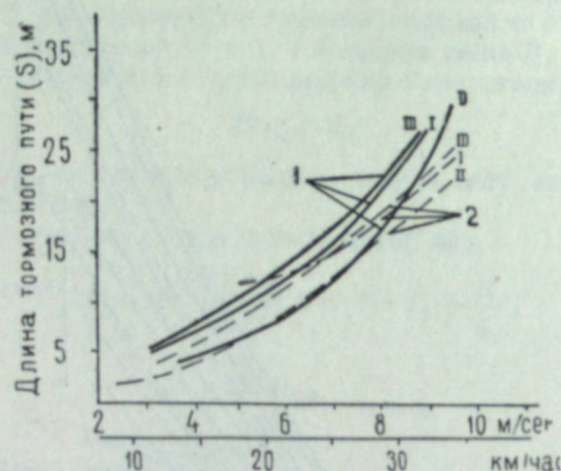


Рис. 46. Фактическая зависимость тормозного пути автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 от скорости движения:

1 — МАЗ-525; 2 — МАЗ-530. I — зимний период; II — летний период; III — переходный период.

веса автомобиля на величину тормозного пути. В этом случае формула будет иметь следующий вид:

$$S = \frac{Q \cdot v^2}{2g \left[\frac{Mr}{R_k} \cdot \lambda + Q \cdot f (1 - \lambda) \pm Q \cdot i \right]}, \quad (140)$$

где Mr — тормозной момент, взятый из технической характеристики автомобиля, кгм;

R_k — радиус качения, м;

λ — коэффициент, определяющий степень проскальзывания заторможенных колес при торможении; он представляет собой отношение окружной скорости заторможенного колеса к поступательной скорости автомобиля:

$$\lambda = \frac{v_k}{v}, \quad (141)$$

где v_k — окружная скорость заторможенного колеса, м/сек (определяется из осциллограммы).

Значения λ для перемещающихся в карьерах автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530, по нашим исследованиям, могут быть приняты следующими: для груженых автосамосвалов 0,90—0,95; для порожних 0,65—0,80 (большие значения принимаются при сухой автомобильной дороге, а меньшие при влажной).

На основании проведенных нами исследований тормозных путей автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 на Сибайском руднике на графиках представлены расчетная (рис. 45) и фактическая (рис. 46) зависимости тормозного пути автосамосвалов от скорости движения. Расчетные зависимости тормозных путей для порожних автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 при движении под уклон для наиболее неблагоприятных дорожных условий отражены на рис. 47.

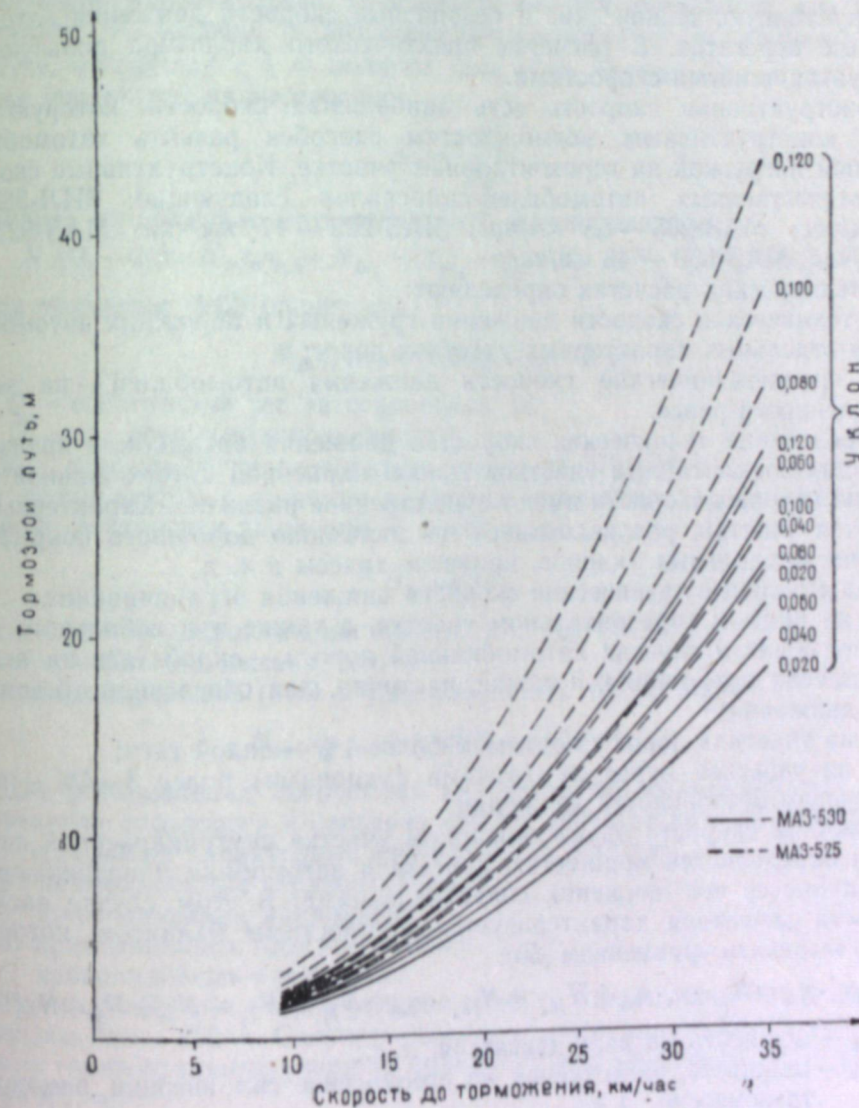


Рис. 47. Расчетная зависимость тормозного пути для порожних автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 при движении под уклон для наиболее неблагоприятных дорожных условий.

Анализ кривых фактической зависимости величины тормозных путей от скорости показывает, что тормозные пути порожних и груженых автосамосвалов существенно отличаются. Для наиболее распространенных значений скоростей длина тормозных путей порожних автосамосвалов на горизонтальных участках на 10—30% меньше, чем груженых. Эксперименты показали резкое возрастание длин тормозных путей с увеличением скоростей движения более 15 км/час и уклонов свыше 4—6%. При

скоростях движения свыше 15 км/час величина тормозного пути с увеличением уклона возрастает более резко, достигая на уклонах 10—12% при порожнем состоянии 40—45 м для МАЗ-530 и 75—80 м для МАЗ-525, а при груженом состоянии — соответственно 55—60 м и 116—120 м.

3. Определение скоростей движения автомобилей

При тяговых расчетах автомобильного транспорта следует различать конструктивную, технические и безопасные скорости движения автомобильных агрегатов. В расчетах практического характера пользуются эксплуатационными скоростями.

Конструктивная скорость есть наибольшая скорость, которую по своим конструктивным возможностям способен развить автомобиль с полной нагрузкой на горизонтальном участке. Конструктивные скорости отечественных автомобилей-самосвалов следующие: ЗИЛ-585 — 65 км/час; МАЗ-205 — 55 км/час; ЯАЗ-222 — 47 км/час; МАЗ-525 — 30 км/час; МАЗ-530 — 43 км/час.

В технических расчетах определяют:

а) технические скорости движения груженых и порожних автомобилей на отдельных характерных участках дорог;

б) среднетехнические скорости движения автомобилей — на всей протяженности рейса.

Определение технических скоростей движения автомобиля производится для элементарных участков трассы карьерной автомобильной дороги, на которых скорости имеют существенное различие. Характерными являются участки, различающиеся по состоянию дорожного покрытия, величине продольных уклонов, кривизне трассы и т. д.

Максимальные технические скорости движения ограничиваются:

а) на прямом горизонтальном участке, а также при небольших (до 4%) подъемах и спусках автомобильной дороги — силой тяги на ведущих колесах автомобиля, а также, частично, для обеспечения безопасности движения;

б) на участках дорог с подъемом более 4% — силой тяги;

в) на участках дорог со спусками (уклонами) более 3—4% — для обеспечения безопасности движения.

Величина скорости на элементарном участке внутрикарьерной автодороги определяется мощностью двигателя автомобиля и возникающими в процессе его движения сопротивлениями. В этом случае расход мощности двигателя характеризуется мощностным балансом, который можно выразить уравнением [50]:

$$N_{дв} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв} = N_{jt} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв} + N_{jk_1} + N_{jk_2} \cdot \eta_{кв} + N_{f_1} + N_{f_2} + N_{ja} + N_{ш} + N_i, \quad (142)$$

где $N_{дв}$ — мощность на валу двигателя, л. с.;

N_{jt} — мощность, расходуемая на преодоление сил инерции элементов трансмиссии, л. с.;

N_{jk_1} — мощность, расходуемая на преодоление инерции ведомых колес, л. с.;

N_{jk_2} — мощность, расходуемая на преодоление инерции задних колес, л. с.;

N_{f_1} — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления качению ведомых (передних) колес, л. с.;

N_{f_2} — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления качений ведущих (задних) колес, л. с.;

N_{ja} — мощность, расходуемая на преодоление сил инерции массы автомобиля в поступательном движении, л. с.;

$N_{ш}$ — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления воздуха л. с.;

N_i — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления от уклона, л. с.;

$\eta_{т}$ — к. п. д. трансмиссии автомобиля ($\eta_{т} = 0,8 + 0,85$);

$\eta_{кв}$ — к. п. д. ведущего колеса.

Для упрощения расчетов и экспериментального определения членов уравнения (142) институтом НАМИ в качестве комплексного показателя предложена величина удельной мощности выбега $N'_в$, затрачиваемой на преодоление сопротивлений свободного качения автомобиля при выбеге (движение по инерции с выключенным сцеплением) на горизонтальном участке, отнесенная к 1 т полного веса [74]. Значение $N'_в$ может быть также определено из выражения

$$N'_в = \frac{v \cdot W_0}{270}, \quad (143)$$

Принимая во внимание этот показатель, можно записать:

$$N'_в(Q_a + Q_n) = N_{jt} \eta_{т} \eta_{кв} + N_{jk_1} + N_{jk_2} \cdot \eta_{кв} + N_{f_1} + N_{f_2} + N_{ja} + N_{ш}. \quad (144)$$

Тогда уравнение (142) примет вид

$$N_{дв} \eta_{т} \cdot \eta_{кв} = N'_в(Q_a + Q_n) + N_i, \quad (145)$$

где Q_a — собственный вес автосамосвала, т;

Q_n — вес груза (грузоподъемность), т.

Как показывают исследования института НАМИ, силы сопротивления, возникающие в процессе движения автомобиля на данной дороге, зависят от скорости движения. В связи с этим:

$$N'_в = k \cdot v^2, \quad (146)$$

где k — фактор сопротивления выбега, л. с. час²/т·км²;

v — скорость движения, км/час.

Подставив выражение (146) в уравнение (144), будем иметь:

$$N_{дв} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв} = k \cdot v^2 (Q_a + Q_n) + N_i. \quad (147)$$

Для установления скоростных характеристик большегрузных автосамосвалов автодороги в карьерах следует подразделить по виду в профиле и плане на характерные элементарные участки:

а) прямолинейные горизонтальные;

б) прямолинейные наклонные;

в) криволинейные горизонтальные;

г) криволинейные наклонные.

Прямолинейными можно условно считать участки дороги с радиусом кривизны более 200 м. Скорость движения автосамосвалов на прямолинейных горизонтальных участках определится из уравнения (144) при условии $N_i = 0$:

$$N_{дв} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв} = k \cdot v^2 (Q_a + Q_n). \quad (148)$$

Решив выражение (148) относительно v , получим

$$v = \sqrt{\frac{N_{дв} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв}}{k (Q_a + Q_n)}}, \quad \text{км/час.} \quad (149)$$

Анализ формулы (149) показывает, что скорость движения прямо пропорциональна мощности двигателя, к. п. д. ведущего колеса и обратно пропорциональна k — фактору сопротивления выбега автосамосвала по данному покрытию.

Скорость движения автосамосвалов на прямолинейных наклонных участках дороги при движении на подъем, как было сказано, зависит от тяговой способности двигателя и может быть определена также из уравнения (147). В этом случае: величина мощности N_i , расходуемой на преодоление сопротивления от уклона, будет равна

$$N_i = 3,7v \cdot i(Q_a + Q_n) \text{ л. с.} \quad (150)$$

Подставив в формулу (147) выражение (150), получим

$$N_{дв} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв} = kv^2(Q_a + Q_n) + 3,7v \cdot i(Q_a + Q_n). \quad (151)$$

Решив полученное квадратное уравнение относительно v , будем иметь

$$v = \frac{\sqrt{(3,7 \cdot i)^2 + 4 \cdot k N'_{дв} \cdot \eta_{т} \cdot \eta_{кв}} - 3,7 \cdot i}{2k}, \quad (152)$$

где $N'_{дв}$ — удельная мощность двигателя на 1 т полного веса, л. с.

Чтобы рассчитать скорости движения автосамосвалов данного типа при движении на горизонтальном или наклонном участках дороги данной конструкции по полученным формулам (149) и (152), необходимо знать величину k для этого типа самосвала и автодороги. Для определения коэффициента k институтом НАМИ рекомендуется определение фактической зависимости удельной мощности выбега от скорости движения на горизонтальном участке, выражаемой формулой (146) для каждого типа автомобиля и конструкции дороги.

Для рудных карьеров наиболее характерны щебеночные дороги типа дорог Сибавеского карьера [100], чтобы определить для них коэффициент k , под руководством автора были проведены экспериментальные работы с автосамосвалами МАЗ-525 и МАЗ-530.

Для определения $N'_в$ принята [50] формула

$$N'_в = \frac{0,378(Q_a + Q_n + nq_k)}{Q_a + Q_n} j_v \cdot v, \text{ л. с./т,} \quad (153)$$

где q_k — вес одного снаряженного колеса, кг;

n — общее число колес автосамосвала;

j_v — ускорение (замедление) при свободном выбеге, м/сек².

Значения величин замедления и скоростей движения в формуле (153) определялись как искомые данные при экспериментах.

На горизонтальном участке внутрикарьерной дороги автосамосвал разгонялся до какой-либо устойчивой скорости, затем резко отключалось сцепление (у МАЗ-530 рычаг переключения передач ставился в нейтральное положение); дальше он двигался по инерции до полной остановки. Скорость движения, время и пройденный путь записывались с помощью осциллографа ПОБ-14, установленного в кабине водителя. На переднем (ведомом) колесе устанавливался датчик скорости. Запись данных производилась по принципу путь — время — скорость. Эксперименты проводились на нескольких рабочих автосамосвалах, порожних и груженых. Выбег на каждом участке дороги осуществлялся в прямом и обратном направлениях с целью исключения влияния ветра и микропрофиля дороги. Горизонтальность участков устанавливалась маркшейдерским замером. Для автосамосвалов МАЗ-525 удельная мощность выбега определялась в различные периоды года при характерном для каждого состояния проезжей части дороги.

Фактические зависимости удельной мощности выбега от скорости

движения порожних и груженых автосамосвалов для щебеночных внутрикарьерных дорог типа Сибавеского карьера представлены на рис. 48. Наименьшие значения удельных мощностей выбега характерны для летнего периода времени, наибольшие — для переходных периодов. В одинаковых дорожных условиях удельная мощность выбега автосамосвалов МАЗ-530 в груженом состоянии больше, а в порожнем состоянии меньше, чем МАЗ-525. Это объясняется наличием у автосамосвала МАЗ-530 двухосной задней тележки. В зимний период удельная мощность выбега груженого автосамосвала на 20—30% больше, чем порожнего, что можно объяснить большей деформацией снежного слоя на дороге.

Определенные из фактических зависимостей постоянные значения фактора сопротивления выбега k по формуле (146) представлены в табл. 84.

Фактические скорости движения автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530, установленные в результате экспериментальных работ, представлены на рис. 49 и 50. Записи скоростей движения производились осциллографом на участках дорог различного профиля.

Как показывают исследования, автосамосвалы с гидромеханической трансмиссией (МАЗ-530) при движении на подъем имеют несколько меньшие скорости движения, чем с механической трансмиссией (с гидромуфтой) (МАЗ-525). Это объясняется свойствами гидротрансформатора, имеющего более низкий к. п. д. (0,85—0,90), чем механическая передача. Тем не менее разница в скоростях является незначительной (в пределах 5%), что не может служить фактором, ограничивающим ее применение.

На криволинейных участках автодороги (как наклонных, так и горизонтальных) на движущийся автосамосвал действует центробежная сила, которая стремится сдвинуть или опрокинуть его, поэтому при движении на кривой приходится снижать скорость. Пределы снижения ско-

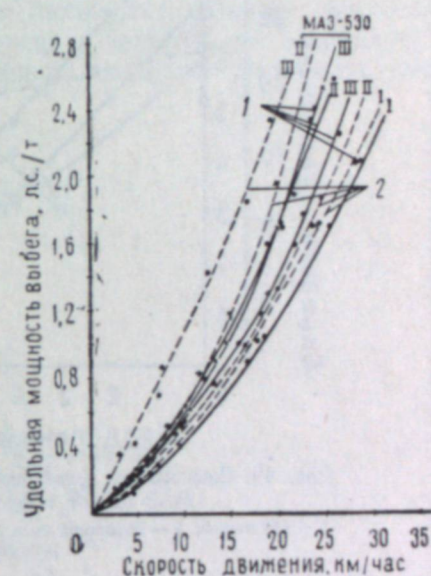


Рис. 48. Зависимость удельной мощности выбега от скорости движения автосамосвалов МАЗ-525, МАЗ-530:

1 — груженный; 2 — порожний автосамосвал; I — летний; II — зимний; III — переходный период года.

Таблица 84

Величина фактора сопротивления выбега k на горизонтальном участке автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 для щебеночных внутрикарьерных автодорог (тип дорог Сибавеского карьера)

Период года	МАЗ-525		МАЗ-530	
	груженный	порожний	груженный	порожний
Летний	0,0031	0,0034	—	—
Зимний	0,0048	0,0037	—	—
Переходный (весна, осень)	0,0082	0,0041	0,0047	0,0052

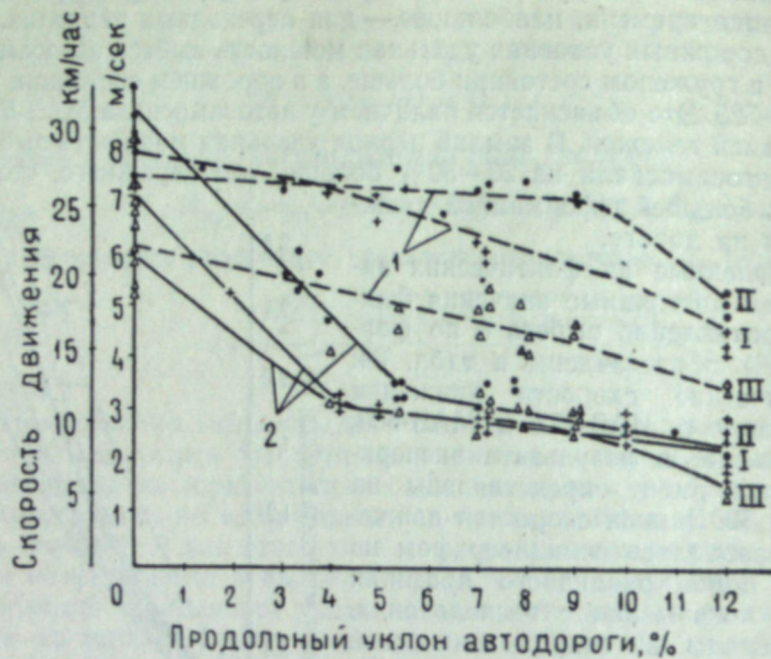


Рис. 49. Зависимость фактической скорости движения автосамосвала МАЗ-525 от продольного уклона автодороги.
1 — груженный; 2 — порожний автосамосвал; I — летний; II — зимний; III — переходный период года.

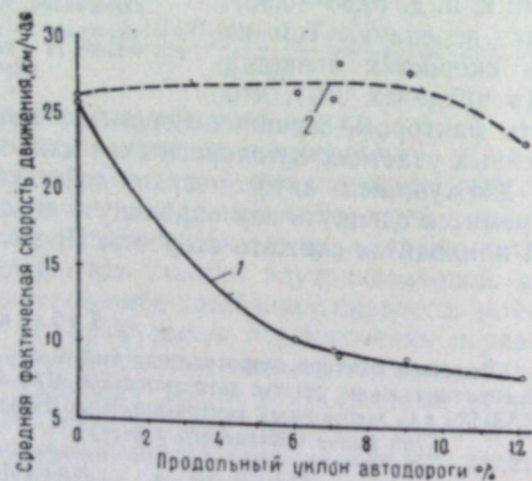


Рис. 50. Зависимость фактической скорости движения автосамосвала МАЗ-530 от продольного уклона автодороги.
1 — груженный; 2 — порожний автосамосвал.

ростей зависят от радиуса кривой и типа дорожного покрытия. Снижение скорости на кривой может быть определено по формуле:

$$a = \left(100 - \frac{2v_{\text{без}}}{v_1 + v_2} \cdot 100 \right), \quad (154)$$

где a — снижение скорости, %;

$v_{\text{без}}$ — скорость на кривой (определяется ниже), км/час;

v_1 — средняя скорость движения до кривой, км/час;

v_2 — средняя скорость после кривой, км/час.

Фактическое снижение скоростей, по экспериментальным данным, для щебеночных дорог Сибавского карьера в зависимости от радиуса кривой показано на рис. 51. Анализ графиков позволяет установить, что

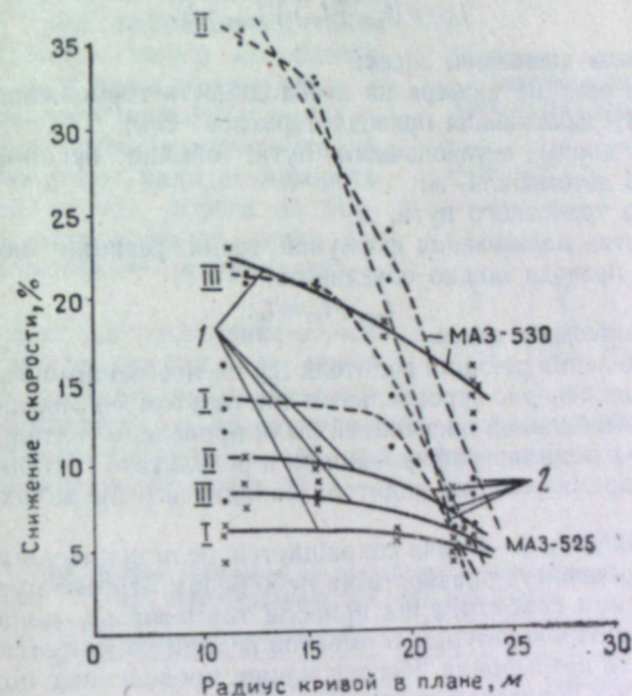


Рис. 51. Снижение фактической скорости движения автосамосвалов при движении на кривых.
1 — груженный; 2 — порожний автосамосвал; I — летний период; II — зимний период; III — переходный период года.

снижение скоростей зависит от соответствующего периода года состояния проезжей части дороги. Наименьшее снижение скорости движения происходит на кривых радиусом более 22—25 м для автосамосвалов МАЗ-525 и 25—27 м для МАЗ-530.

В связи с этим при проектировании и строительстве внутрикарьерных автодорог минимальные радиусы кривых на главных откаточных магистралях при двухполосном движении нами рекомендуется принимать для МАЗ-525 — 23—27 м, для МАЗ-530 — 25—30 м, что позволит незначительно снизить скорость движения, что при расчетах может не учитываться.

На внутрикарьерных автодорогах нормально радиусы кривых для большегрузных автосамосвалов следует принимать в пределах 35—40 м. Во избежание снижения скоростей при проектировании кривых следует

осуществлять постепенный переход от кривых большого радиуса к меньшим.

При определении безопасных скоростей движения следует исходить прежде всего из необходимости безопасного торможения (остановки автомобиля) [109].

Основное условие безопасности движения на прямом участке выражается неравенством

$$l_0 \leq S_v, \quad (155)$$

которое свидетельствует, что скорость движения автомобиля на данном участке дороги является безопасной, если длина остановочного пути (l_0) при этом значении скорости меньше расстояния видимости S_v . Длина остановочного пути определяется по формуле:

$$l_0 = v(t_{рш} + t_{ст}) + l_{зап} + S, \quad (156)$$

где v — скорость движения, м/сек;

$t_{рш}$ — время реакции шофера на необходимость торможения, сек;

$t_{ст}$ — время срабатывания привода тормозов, сек;

$l_{зап}$ — запас длины остановочного пути, обычно принимается равным длине автомобиля, м;

S — длина тормозного пути, м.

Для удобства пользования формулой время реакции шофера и время срабатывания привода можно объединить:

$$t_{рш} + t_{ст} = t_n, \quad (157)$$

где t_n — предтормозное время.

Для определения реакции водителя $t_{рш}$ на необходимость торможения Московским инженерно-строительным институтом совместно с Государственной автомобильной инспекцией были проведены экспериментальные исследования с осциллографированием, в результате которых было установлено, что время реакции водителя находится в пределах 0,4—0,7 сек [109].

Время реакции в 3—4 раза сокращается, если водитель может заблаговременно предвидеть опасность на небольшом отрезке пути.

Под временем срабатывания привода тормозов $t_{ст}$ понимают время с момента нажатия водителем тормозной педали до момента начала снижения скорости автомобиля. Исследования, проведенные под нашим руководством на Сибавском руднике с помощью осциллографирования, позволяют сделать следующие выводы:

1. Время срабатывания привода тормозов зависит от скорости движения автомобиля перед торможением.

2. Время срабатывания привода тормозов для порожнего и груженого автосамосвала отличается незначительно для одних и тех же скоростей и для расчетов может быть принято одинаковым.

3. В диапазоне скоростей движения 10—28 км/час время срабатывания привода тормозов изменяется от 0,4 до 2,4 сек при максимальном нажатии тормозной педали.

Для расчетов в среднем можно принимать время срабатывания привода тормоза большегрузных автосамосвалов 1,0—1,5 сек.

Подставив в выражение (156) значения тормозного пути из формулы (135) и решая его относительно скорости, получим предельно допустимую по условиям безопасности скорости движения

$$v_{без} = g \left(\frac{B}{Q} + \frac{w_{wb}}{Q} + w \pm i \right) + \sqrt{t_n^2 + \frac{2(S_v - l_{зап})}{g \left(\frac{B}{Q} + \frac{w_{wb}}{Q} + w \pm i \right)}} - t_n, \quad \frac{м}{сек} \quad (158)$$

или при подстановке уточненной формулы

$$v_{без} = \frac{g \left[\frac{Mr}{R_k} \lambda + Qf(1 - \lambda) \pm Q \cdot i \right] + \sqrt{t_n^2 + \frac{2Q(S_v - l_{зап})}{g \left[\frac{Mr}{R_k} \lambda + Qf(1 - \lambda) \pm Q \cdot i \right]}} - t_n}{Q}, \quad (159)$$

В формуле приведено наибольшее расстояние видимости, на котором водитель автомобиля может различать препятствия.

Наблюдениями, проведенными на Сибавском руднике, установлено, что при движении автосамосвалов МАЗ-525 в двух направлениях расстояние видимости ночью колеблется от 30 до 60 м. В дождливую погоду и при снегопаде оно снижается до 20 м. Предельное расстояние видимости на повороте зависит от радиуса поворота и расстояния от оси дороги до борта траншеи (отдаленность препятствия). Эта зависимость представлена в табл. 85.

На карьерах, где расстояние от оси дороги до борта траншеи не менее 5—6 м, при расчетах за наименьшее расстояние видимости на повороте можно принимать 30—35 м.

Установленные нами расстояния видимости на кривых для МАЗ-525 и МАЗ-530 приводятся в табл. 86.

Таблица 85

Зависимость предельного расстояния видимости от отдаленности препятствия и радиуса поворота

Радиус поворота, м	Отдаленность препятствия, м			
	4	5	6	10
Расстояние видимости, м				
20	25	30	32	41
30	31	35	38	50
40	36	40	44	58
50	40	45	50	69

Таблица 86

Расстояние видимости на кривых различных радиусов для автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530

Радиус кривой, м	Автосамосвал МАЗ-525				Автосамосвал МАЗ-530	
	однополосное движение	двухполосное движение		однополосное движение	двухполосное движение	
		грузовая полоса	порожняя полоса		грузовая полоса	порожняя полоса
10	14,5	13,0	26,0	20,0	12,5	26,8
20	32,0	23,8	29,5	34,0	23,7	40,8
30	41,0	30,5	50,0	41,5	31,0	51,0
40	48,0	37,0	59,0	49,0	37,0	60,4
50	54,0	41,5	65,5	56,0	42,0	68,0
60	60,0	49,0	72,0	62,0	47,0	74,8
80	70,0	53,0	84,0	72,0	53,0	89,0
100	78,5	60,8	94,0	81,0	61,5	96,0

Как показывают данные табл. 86, при двухполосном движении расстояние видимости для порожних автосамосвалов является большим, чем для груженых примерно в два раза.

Предельная скорость движения автомобиля на повороте по условию опасности заноса может быть определена по формуле

$$v_{без} = \sqrt{gR(f' \pm i_n)}, \quad \frac{м}{сек}, \quad (160)$$

где $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$;

R — радиус поворота дороги, м;

i_v — уклон виража, принимается от 0 до 6%;

f' — коэффициент бокового скольжения (сцепления) колес по дороге, можно принять равным 0,30/.

4. Определение максимальных уклонов

В уравнении движения автомобиля

$$F_k = Q(w \pm i + j) + W_{\text{шв}}. \quad (161)$$

Если в этом уравнении $W_{\text{шв}}$ и Q перенести в левую часть, то оно примет следующий вид:

$$\frac{F_k - W_{\text{шв}}}{Q} = w \pm i + j. \quad (162)$$

После введения обозначения динамического фактора (124) уравнение движения примет вид

$$D = w \pm i + j. \quad (163)$$

Динамический фактор для определенной марки автомобиля изображают графически в зависимости от скорости движения v .

График динамического фактора, или так называемая динамическая характеристика автомобиля, имеет ряд кривых, каждая из которых соответствует определенному сочетанию шестерен коробки скоростей, т. е. скорости движения. На рис. 52 приведена динамическая характеристика автосамосвала МАЗ-525.



Рис. 52. Динамическая характеристика автосамосвала МАЗ-525.

Принимая при постоянной скорости движения ускорение j равным нулю, получим уравнение движения

$$D = \frac{F_k}{Q} = w_0 \pm i. \quad (164)$$

По динамической характеристике в зависимости от величины i в пределах от $i = 0,1$ (при неблагоприятных условиях) до $i = 0,55$ (при благоприятных условиях) представляется возможным установить максимальный подъем, по которому возможно движение автомобиля данной марки.

При отсутствии динамической характеристики величина динамического фактора приближенно может быть получена расчетом по уравнениям (100), (101) и (164).

В данных уравнениях диаметр колеса d , передаточные числа i_0 и i_c , мощность $N_{\text{дв}}$ и число оборотов n коленчатого вала двигателя определяются по паспорту автомобиля.

Пользуясь значениями динамического фактора, определяют величину предельного уклона в грузовом направлении из ранее приведенного уравнения (163) с учетом равномерного движения

$$i_{\text{макс}} = D - w_0. \quad (165)$$

при этом принятая величина динамического фактора D по условиям сцепления не должна быть более $\frac{Pf}{Q}$, или в развернутом виде величина предельного уклона может быть представлена как

$$i_{\text{макс}} = \frac{F_k}{Q} - w_0 = \frac{270 N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{т}} \cdot \eta_{\text{кв}}}{Q \cdot v} - w_0. \quad (166)$$

Наибольший предельный уклон для тягачей с прицепами может быть установлен по уравнению:

$$F_k = (Q + n \cdot q)(w_0 \pm i + j), \quad (167)$$

или

$$\frac{F_k}{Q + nq} = w_0 \pm i + j = D_1, \quad (168)$$

где n — число прицепов;

q — вес (брутто) прицепа, т;

D_1 — динамический фактор поезда.

Из последнего уравнения при равномерном движении и при условии, что основное удельное сопротивление тягачей и прицепов одинаково, следует

$$i_{\text{макс}} = D_1 - w_0. \quad (169)$$

Если на карьерах применяют автомобили разных марок, то максимальные уклоны следует принимать с учетом автомобилей преимущественного типа, движение которых происходит по данной дороге.

Анализ динамических характеристик показывает, что на открытых горных работах необходимо применять следующие режимы движения:

1. На заездах в забои и на отвалы, при увлажненном основании из глинистых и суглинистых грунтов и при наличии колеи и скального неровного основания, требуется преодолевать повышенное сопротивление движению.

Это достигается ездой на малых скоростях (на низких ступенях передач).

2. По затяжным съездам капитальных траншей движение должно происходить также на малых скоростях, при этом должна иметь место достаточная для движения сила сцепления (надлежащее состояние дорожных покрытий).

3. При выезде на главные откаточные дороги необходимо включение соответствующей передачи для реализации высоких ускорений с целью достижения расчетной скорости движения.

Из динамических характеристик следует, что тяговые усилия на ведущих колесах карьерных автосамосвалов высоки и позволяют преодолевать на второй и первой передачах большие (до 30—40%) подъемы. Но движение автосамосвалов при работе на этих передачах особенно на затяжных подъемах не рационально и практически почти не применяется и не должно применяться при расчетах. Наиболее «ходовой» передачей, в частности автосамосвала МАЗ-525, является третья передача.

Величина максимального уклона (подъема) автомобильной дороги при расчетах должна проверяться по условию сцепления колес с дорогой, определяется это исходя из неравенства

$$F_c \geq F_k, \quad (170)$$

которое показывает, что движение автосамосвала возможно только в том случае, когда сила тяги по сцеплению будет больше силы тяги на

ведущих колесах. Сила сцепления ведущих колес с дорогой определяется как произведение сцепного веса и коэффициента сцепления.

$$F_c = P_c \cdot f, \quad (171)$$

где P_c — сцепной вес автомобиля, т. е. нагрузка на ведущие оси, m ;
 f — коэффициент сцепления колес с дорогой.

Сцепной вес принимается по технической характеристике автомобилей или из уравнения (105).

Сцепной вес (в кг) наиболее распространенных автосамосвалов равен

	Груженный	Порожний
МАЗ-205	8390	3700
ЯАЗ-210Е	17990	8100
МАЗ-525	31540	12500
МАЗ-530	58600	22800

Коэффициент сцепления колес с дорогой принимается исходя из соображений, изложенных в разделе 2 настоящей главы.

Подставляя выражение силы тяги по сцеплению в формулу динамического фактора, находим его величину по сцеплению

$$D_1 = \frac{P_c \cdot f - W_{wv}}{Q}, \text{ кг/т}, \quad (172)$$

или

$$i_{\text{макс}} = D_1 - w.$$

Формула эта может быть представлена также в развернутом виде

$$i_{\text{макс}} = \frac{P_c f - W_{wv}}{Q} - w. \quad (173)$$

При скоростях движения менее 12—15 км/час, когда сила сопротивления воздуха незначительна, формула будет иметь следующий вид:

$$i_{\text{макс}} = \frac{P_c}{Q} f - w. \quad (174)$$

Наблюдения, проведенные на Сибавском карьере, показали, что предельный подъем для груженого автосамосвала МАЗ-525 по условиям сцепления шин с дорогой при плохих условиях движения, т. е. на щебеночной дороге, покрытой вязкой грязью, составляет 13—14%.

Максимальный уклон (спуск) карьерной автомобильной дороги ограничивается необходимостью безопасного торможения при заданной скорости движения.

Условие безопасного движения автомобиля выражается неравенством

$$l_0 = v \cdot t_n + l_{\text{зап}} + S \leq S_n. \quad (175)$$

Подставив в это выражение значение длины пути торможения по выше приведенным формулам (135) и (140) и решив его в отношении уклона, получим

$$i_{\text{макс}} = \frac{v^2}{\frac{B}{Q} + \frac{W_{wv}}{Q} + w} - 2g(S_n - t_n v - l_{\text{зап}}) \quad (176)$$

или, с учетом веса автомобиля,

$$i_{\text{макс}} = \frac{v^2}{\frac{Q \cdot v^2}{\frac{Mr}{R_k} \lambda + Q \cdot f (1 - \lambda)} - 2g(S_n - t_n v - l_{\text{зап}})} \quad (177)$$

5. Определение веса автопоездов и автосамосвалов

Определение веса автопоезда можно производить по следующим уравнениям:

а) при движении по подъему

$$Q_n = \frac{F_k - P(w'_0 + i)}{w'_0 + i}; \quad (178)$$

б) при движении по уклону

$$Q_n = \frac{F_k - P(w'_0 - i)}{w'_0 - i}, \quad (179)$$

где Q_n — полный вес поезда, прицепленного к тягачу, m ;

P — собственный вес тягача, m ;

w'_0 — удельное сопротивление движению прицепов на горизонтальной дороге, кг/т ;

w''_0 — удельное сопротивление движению тягача как повозки на горизонтальной дороге, кг/т .

Если ходовое устройство тягачей и прицепов одинаково, то тогда

$$w'_0 = w''_0 = w_0$$

$$Q_n = \frac{F_k}{w_0 + i} - P. \quad (180)$$

Количество прицепов в поезде

$$n = \frac{Q_n}{p + q}, \quad (181)$$

где n — число прицепов;

p — мертвый вес одного прицепа, m ;

q — средний полезный груз одного прицепа, m .

При транспортировании автосамосвалами (без прицепов) полный вес одного автомобиля с грузом может быть определен по уравнению

$$Q = \frac{F_k}{w_0 \pm i}, \quad (182)$$

а полезный груз автомобиля-самосвала (грузоподъемность)

$$Q_a = \frac{F_k}{w_0 \pm i} - P_a, \quad (183)$$

где P_a — вес автосамосвала без груза, m .

6. К методике определения расходов топлива и смазочных масел для карьерных автомобилей

Топливо и смазочные материалы в стоимости 1 ткм перевозок составляют около 10%.

Расход топлива при работе автомобильного транспорта пропорционален пробегу и, в основном, колеблется в зависимости от времени года, технического состояния дорог и крутизны уклонов. В немалой степени расход топлива зависит от расчетливого вождения автомобиля.

Расход топлива зависит также от изношенности поршневых групп двигателя и топливной системы (форсунок, насосов и т. д.). Велики потери топлива при плохо организованных заправках. Расход топлива увеличивается при некачественной смазке, не надлежащей регулировке тормозов, пониженном давлении в шинах и т. д.

Расход топлива на забойных и отвальных заездах без покрытия на 15—20% больше, чем на главных откаточных дорогах. Объясняется это не только неплотностью основания дорог и большими неровностями их поверхности, но и частыми подачами автомобилей в забоях к экскаваторам, а на отвалах — подачей к месту разгрузки задним ходом. Осуществляемое при этом движение автомобилей назад не учитывается спидометром, а это искажает фактические показатели расхода топлива. Резко возрастает расход топлива на дорогах с глинистым основанием, особенно в период весенней и осенней распутицы. По данным карьеров и организаций, производящих земляные работы, перерасход в это время достигает 35—40%.

Важными условиями для уменьшения расхода топлива является также сокращение непроизводительных маневров и холостых пробегов и полное использование грузоподъемности машин. В зимних условиях расход топлива увеличивается на 10—15%. При работе автомобилей на дорогах с усовершенствованным покрытием (асфальтом) расход топлива на 8—10% меньше установленных норм.

Таблица 87
Расход топлива автосамосвалами по паспортным данным заводов

Марка автосамосвала	Вид топлива	Расход топлива, л		
		на 100 км пробега	на 100 ткм	на 100 подъемов кузова
МАЗ-525	Дизельное	150,0	6,0	—
ЯАЗ-210Е	»	65,0	8,0	5,0
МАЗ-205	»	35,0	8,4	4,0
ЗИЛ-585	Бензин	30,0	—	3,5
ГАЗ-93	»	26,5	—	2,0

При работе автомобилей с прицепами увеличение расхода топлива на тонну груза (включая вес прицепов) при условии полной загрузки автомобиля составляет от 6 до 8%. Расход топлива автосамосвалами по паспортным данным заводов представлен в табл. 87.

Однако для наиболее часто встречающихся на карьерах условий, при которых протяженность откатки по временным забойным и отвальным дорогам составляет до 30—40% от общей длины рейса, расход топлива превышает данные для благоустроенных дорог и обыкновенно составляет для автомобилей МАЗ-525 до 170—180 л на 100 км пробега, для ЯАЗ-210Е до 80—85 л и для МАЗ-205 — 40—45 л.

В качестве примера в таблицах 88 и 89 приведены практические данные о расходе топлива автосамосвалами МАЗ-205, ЯАЗ-210Е и МАЗ-525 на отдельных карьерах.

Расход топлива уменьшается с увеличением грузоподъемности автосамосвалов, так, на 1 м³ перевозимого груза автомобиль МАЗ-525 рас-

Таблица 88

Расход топлива и смазочных материалов на рудных карьерах

Наименование карьеров	Марка автосамосвала	Дизельное топливо			Смазочные материалы	
		на 100 км, л	на 1 час работы, л	на 1 ткм, л	на 100 км, кг	на 1 час работы, кг
Сибавский рудник	МАЗ-525	147,0	15,36	125	16,29	1,7
»	»	146,9	13,56	123	17,45	1,61
Учалинский рудник	ЯАЗ-210Е	79,6	—	—	6,36	—
»	»	82,7	—	—	6,65	—
Соколовско-Сарбаевский рудник	МАЗ-525	154,0	—	—	23,0	—
»	»	202,2	—	—	22,0	—
Блявинский рудник	ЯАЗ-210Е	67,4	9,1	187,0	3,5	0,47
»	»	70,8	9,2	200,0	3,8	0,50
Кимперсайские рудники	МАЗ-205	35,1	—	—	2,45	—
»	»	33,0	—	—	2,31	—

Таблица 89

Расход топлива автосамосвалами

Наименование карьеров	Расход топлива на 100 км пробега, л			
	МАЗ-205	ЯАЗ-210Е	МАЗ-525	примечание
Жириновский Волгоградской обл.	45 (50—60)	80 (95—100)	170 (190—200)	В скобках указан расход топлива в дождливую погоду
Яблонный овраг	37	70,6	256	
Гора Могутовая	36,5	66,0	175	
Сокский	38,2	75,0	185	

ходуется на 32% меньше, чем автомобиль МАЗ-205 и на 24% меньше, чем автомобиль ЯАЗ-210Е.

Внутригаражный расход топлива для технических нужд ориентировочно можно определять в процентах от нормы на 100 км пробега.

На 1 машино-день	1,5%
На регулировку при техническом осмотре	5%
На обкатку после среднего ремонта	10%
На обкатку после капитального ремонта	30%

При расчетном определении расхода топлива может быть подсчитан по уравнению

$$q_m = \frac{75 \cdot 3600}{427 \cdot H \cdot \eta} = \frac{632}{H \cdot \eta}, \quad (184)$$

где q_m — расход топлива автомобилем, кг/л. с. час;

75 — работа, соответствующая 1 л. с. кгм/сек;

427 — механический эквивалент работы, соответствующий 1 ккал тепла, кгм;

3600 — коэффициент для перевода времени, выраженного в секундах, в часы;

H — теплотворная способность топлива, ккал/кг;

η — коэффициент полезного действия двигателя.

Расход топлива в килограммах на 100 км пробега составит

$$Q_r = q_m \cdot N \cdot \frac{100}{v} = 63200 \frac{N}{v \cdot H \cdot \eta}, \quad (185)$$

где N — мощность двигателя на ободу колес, л. с.

Выражая расход топлива в зависимости от динамического фактора и скорости, можно построить кривые расхода топлива, которые называют экономическими характеристиками двигателей.

Способ определения расхода топлива по экономической характеристике двигателя впервые разработан и предложен акад. Б. А. Чудаковым.

Кривые расхода топлива в килограммах на 100 км пробега в соответствии с использованием мощности двигателя имеются для каждого из двигателей указанных выше марок автосамосвалов.

По экономической характеристике можно определить расход топлива для каждого элемента дороги в зависимости от суммы сопротивлений при установившейся скорости движения автосамосвала на данном участке.

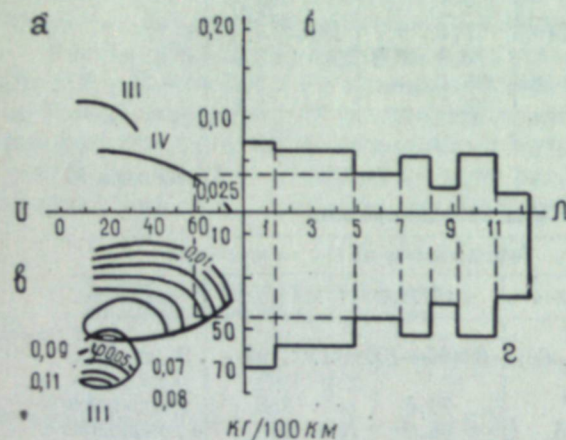


Рис. 53. Графики расхода жидкого топлива автосамосвалами:

а — динамическая характеристика автосамосвала; б — сумма сопротивлений участков продольного профиля автодороги; в — экономическая характеристика того же автосамосвала; г — расход топлива, соответствующий сумме сопротивлений отдельных участков продольного профиля дороги.

центном отношении от расходуемого топлива и для большегрузных дизельных самосвалов принимать от 5 до 8%. При этом должна учитываться сезонность работы автомобилей и степень их изношенности.

Расход дизельной смазки, по данным Волгодонстроя, для большегрузных автомобилей-самосвалов достигал 5—7% от расхода топлива.

По данным Сибавеского рудника за 1956—1957 гг. расход смазочных материалов для автосамосвалов МАЗ-525 достигал 11—11,5%, по данным Блявинского рудника для ЯАЗ-210Е 5,2—5,5%, по данным Кимперсайских рудников для МАЗ-205 — 7% от расхода топлива. Перерасход смазочных материалов на Сибавеском руднике был вызван большим износом дизелей и недостатками в организации заправочного хозяйства. Расход смазочных материалов на горнокапитальных работах, выполнявшихся трестом Уралсибэкскавация на рудных карьерах в те же годы, составлял для автомобилей ЗИЛ-585 8,2% и для МАЗ-205 — 7,5. Для уменьшения расхода топлива и смазочных материалов в карьерах можно рекомендовать:

1. Улучшить технику вождения автосамосвалов и использовать экономичные приемы вождения (метод разгон-накат, рациональные пере-

* Методика расчета расхода топлива по таким графикам изложена в книге автора «Автомобильный и тракторный транспорт на карьерах», Металлургиздат, 1957.

дачи на уклонах, мягкое торможение, выключение двигателя при длительных простоях).

2. Улучшить организацию службы ремонта и обслуживания дизелей. Своевременно заменять изношенные поршневые группы и топливные системы двигателей.

3. Упорядочить хозяйства заправочных пунктов, ликвидировать потери топлива и смазки при заправках; механизировать и автоматизировать заправку.

4. Повысить качество смазочных материалов, надлежащим образом регулировать тормоза; усилить контроль за давлением в шинах и т. п.

5. Использовать теплые закрытые стоянки или оборудованные подогревом открытые стоянки, усиленно прогревать в зимнее время дизели перед заводкой.

Непосредственно на карьерах необходимо:

1. Улучшить состояние покрытий автомобильных дорог, особенно в забоях и на отвалах.

2. Не допускать предельных затяжных уклонов и крутых спусков при въезде на карьер и выезде с него.

3. Устранить сложные маневры автосамосвалов в забоях, особенно подачи задним ходом к экскаваторам и для разгрузки на отвалах.

4. Не допускать нерациональных холостых пробегов.

5. Выключать дизели во время погрузки, разгрузки и ожидания их.

7. К методике определения расхода шин карьерными автомобилями

Стоимость шин составляет около 20% первичной стоимости автомобильных агрегатов и достигает 17,5—22% стоимости карьерных автомобильных перевозок.

Анализ стоимости эксплуатации полуприцепов грузоподъемностью 50 т на карьерах Ханна Каул Компани (США) показывает, что расходы на шины составляют 21—22% общих расходов, в то время как стоимость эксплуатации дизеля автосамосвала не превышает 7%. В практике США срок службы шин на большегрузных автосамосвалах достигает 6000 час (или шины проходят 38—40 тыс. км). По данным исследований предприятий Рейнско-Вестфальской известняковой промышленности (ФРГ), срок службы шин двухосных самосвалов составлял 1600—2300 час на задней оси и 2500—3800 час на передней [121].

Трехосные автомобили имели на 20% ускоренный износ шин как на передней, так и на задних осях.

В отечественной практике срок службы шин автосамосвалов МАЗ-525 размером 18,00—32" в 1959 г. составил на Сибавеском руднике 17 800 км, а на Сорском 21 680 км. На цементированных дорогах Балаклавского известнякового карьера пробег шин автомобилей ЯАЗ-222 достиг 45—55 тыс. км. Однако на преобладающем большинстве других карьеров пробеги шин едва превышают 50% указанных величин.

Средние показатели пробега шин на отечественных карьерах приводятся в табл. 90.

Как видно из табл. 90, срок износа шин изменяется в широких пределах и зависит от состояния дорог, температуры воздуха, своевременного ухода, ремонта и качества шин. Очень сильно изнашиваются шины при движении по карьерным дорогам, засоренным щебнем и осколочным камнем.

По данным научно-исследовательского института шинной промышленности (НИИШП), разница в сроке износа шин на щебеночно-гравий-

ных покрытиях по сравнению с асфальтовыми достигает 20—35%, а по грунтовым дорогам по сравнению с асфальтовыми — до 40—45% [68].

По данным треста Уралсибэксплуатация, на карьерах с укатанными дорогами износ шин автосамосвалов ЗИЛ-585 и МАЗ-205 составил 20 тыс. км, а на дорогах, имеющих скальное, каменистое или щебеночное основание, износ шин сокращался до 12 тыс. км.

Износ шин ускоряется при резко пониженном в них давлении, при неправильном вождении автомобиля (резком торможении на подъемах,

Таблица 90

Пробег шин на рудных и угольных карьерах и карьерах стройматериалов СССР (средние показатели)

Размер шин	Марка автосамосвала	Тип покрытия дорог	Пробег (срок службы шин), км
12,00—20"	МАЗ-205	Грунтовое	20000—25000
12,00—20"	МАЗ-205	Щебеночное улучшенное	23000—30000
12,00—20"	ЯАЗ-222	Грунтовое	16000—18000
12,00—20"	ЯАЗ-222	Щебеночное улучшенное	20000—24000
12,00—20"	ЯАЗ-222	Щебеночное цементированное	30000—35000
17,00—32"	МАЗ-525	Скальное выравненное	10000—12000
17,00—32"	МАЗ-525	Щебеночное улучшенное	15000—18000
17,00—32"	МАЗ-525	Щебеночное улучшенное укатанное	20000—25000

ных самосвалов МАЗ-525 (в среднем 13—14 тыс. км), помимо плохого состояния дорог и постановки дела очистки их от просыпавшихся кусков транспортируемых пород, зависят также от неудовлетворительной организации на карьерах ремонта и ухода за резиной и невысокого качества резины и корда, применяемых промышленностью для изготовления покрышек.

Стоимость затрат на авторезину (включая ее ремонт) в стоимости 1 т·км перевозок, как показывают наши исследования, растет с увеличением грузоподъемности автомобилей (рис. 54). Это объясняется более коротким сроком службы резины большегрузных автосамосвалов из-за недостатков ее конструктивного исполнения. С увеличением производительности машин стоимость перевозок снижается, а расходы на резину, по существу, остаются без изменений (например, для МАЗ-525 и МАЗ-530).

По данным Сибавеского и Соколовского карьеров за 1958 г., в результате проведенного нами анализа удалось установить, что выход из строя шин происходит по следующим причинам (табл. 91 и 92).

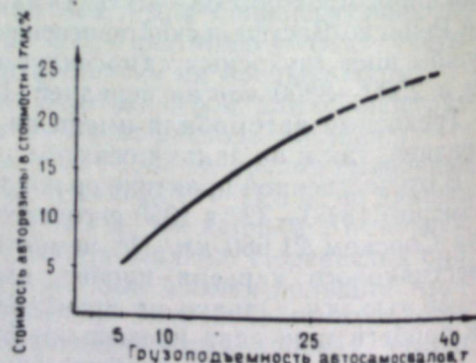


Рис. 54. Расходы на авторезину в зависимости от грузоподъемности автосамосвалов.

Таблица 91

Причины выхода из строя автомобильных шин 17,00—32" на Сибавеском руднике

Причина	Количество случаев	Пробег, км			
		минимальный	максимальный	средний	%
Разрыв по беговой дорожке до 35 см	28	6872	24216	15544	31,1
Разрыв по беговой дорожке более 35 см	30	6510	29949	18230	33,3
Боковой разрыв до 35 см	8	9730	22224	15980	8,9
Боковой разрыв более 35 см	10	8190	17816	13003	11,1
Крестообразный разрыв	4	11631	17357	14498	4,5
Отслаивание протектора	4	7368	16387	11877	4,5
Отслаивание с задиром протектора	3	9451	22616	16033	3,3
Естественный износ	2	20996	34525	27760	2,2
Прочие повреждения	1	15424	15424	15424	1,1
Всего	90				100,0

Таблица 92

Причины выхода из строя шин 17,00—32" на Соколовском карьере

Причина	Количество случаев	Пробег, км			
		минимальный	максимальный	средний	%
Незначительный разрыв по беговой дорожке	44	2574	24305	9525	24,6
Значительный разрыв по беговой дорожке	51	152	16490	6815	28,5
Небольшой боковой разрыв	10	312	16011	10332	5,6
Значительный боковой разрыв	32	5892	23219	18550	17,8
Крестообразный разрыв	4	5191	28320	13427	2,2
Отслаивание протектора	16	2194	19287	9849	8,9
Естественный износ	21	10795	25892	12193	11,8
Прочие повреждения	1	748	748	748	0,6
Всего	179				100,0

Из табл. 91 и 92 видно, что основная причина выхода из строя шин — это разрыв по беговой дорожке (55—60% случаев). Как удалось установить, разрывы происходят вследствие:

- езды по неровным скальным дорогам в забоях, а также по захлещенным (просыпающимся каменным материалом) дорогам;
- наезда на различные препятствия;
- перегрузки шин;
- резкого торможения на уклонах;
- разрыва корда из-за недостаточной прочности или загнивания (вискозный корд при попадании 6% влаги наполовину теряет прочность). Значительное место среди причин выхода шин из строя занимают также случаи разрыва боковых стенок шин; происходит это вследствие:
 - езды при недостаточном внутреннем давлении в шинах;
 - перетирания соприкасающихся боковых покрышек при недостаточном зазоре между сдвоенными шинами;
 - заклинивания остроугольных камней между шинами задних колес;
 - наездов на разного рода препятствия.

Крестообразные разрывы являются следствием наезда автосамосвалов на остроугольные камни, особенно при езде на высоких скоростях и с сильно нагретыми шинами.

Отслаивание протектора (составляет до 10% всех случаев), наиболее частое у большегрузных автосамосвалов, происходит из-за некачественного изготовления шин и слабого сцепления резины с кордом.

По данным наших наблюдений, как на указанных, так и на других рудных карьерах естественный износ шин большегрузных автосамосвалов в среднем не превышает 5% от всех других причин выхода шин из строя.

По практическим данным железорудных карьеров США причины выхода шин из строя распределяются следующим образом: разрыв и порезы 43%, аварийный разрыв 7%, износ шин 30%, другие причины 20%.

Для определения расхода авторезины проведем некоторые предварительные расчеты:

$$Q_{об} = Q_{час} \cdot t_{час}, \quad (186)$$

где $Q_{об}$ — общее количество перемещенного груза, m ;

$Q_{час}$ — количество перемещаемого груза в 1 час, m ;

$t_{час}$ — время, в течение которого был реализован пробег одного комплекта автомашин, час.

Отсюда часовая производительность автосамосвала $Q_{час}$ без учета простоев при погрузке может быть вычислена так:

$$Q_{час} = \frac{Q_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot v \cdot t_{час}}{l_{гр}} = \frac{Q_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot l_p}{l_{гр}}, \quad (187)$$

где Q_n — вес груза в автосамосвале, m ;

β — коэффициент использования пробега;

γ — объемный вес породы, m/m^3 ;

$l_{гр}$ — путь автосамосвала с грузом;

l_p — пробег одного комплекта шин, км.

Произведение технической скорости v на время $t_{час}$, за которое был реализован комплект авторезины, будет равно пробегу одного комплекта

$$v \cdot t_{час} = l_p. \quad (188)$$

Расход авторезины в комплектах P_k (один комплект включает общее число шин, которыми оснащен автосамосвал) равняется:

$$P_k = \frac{1}{Q_{об}} = \frac{l_{гр}}{Q_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot l_p}, \text{ компл./}m. \quad (189)$$

Для увеличения пробега автошин в карьерах могут быть предложены следующие рекомендации:

1. Улучшение состояния автомобильных дорог, мест погрузки и разгрузки, систематическая планировка их и очистка. Важное значение при этом имеет оснащение карьеров необходимыми дорожными машинами и штатом опытных водителей машин и шоферов автомобилей.

2. Контроль и наблюдение за шинами в процессе их эксплуатации, организация своевременного и качественного ремонта всех, даже малейших, повреждений (после качественного ремонта покрышки большегрузных автосамосвалов могут иметь пробег 10—12 тыс. км).

3. Увеличение радиусов кривых автомобильных дорог (более 1,4—1,5 минимальных радиусов поворота автосамосвалов), смягчение предель-

ных уклонов и достаточная ширина дорог, позволяющая избегать движения по обочинам, где качество покрытия хуже.

4. Тщательная и своевременная очистка шин от грязи, горной породы и особенно междушинного пространства (при двойных скатах). Недопущение попадания на шины дизельного топлива, смазки.

5. Периодическая перестановка автошин (через 4—5 тыс. км пробега) в целях их равномерного износа.

6. Выбор наиболее подходящего типа и рисунка протектора, а также давления в шинах в зависимости от состояния покрытия дорог, нагрузок и принятых в данных условиях скоростей движения автосамосвалов.

При выборе типа покрышки и рисунка ее протектора должна учитываться грузоподъемность автомобиля, вид разгрузки (задняя или боковая), тип и состояние дорожного покрытия, скорость движения, дальность транспортирования, уклон дорог, вид транспортируемого материала и климатические условия.

Многослойные покрышки с крупным рисунком протектора, обеспечивая большую прочность шины, при значительной скорости движения (до 40 км/час) сильно нагреваются. Более тонкие покрышки с незначительным количеством слоев резины чаще подвергаются разрыву от ударов и при торможении.

Важное значение в увеличении пробега шин в карьерах имеет правильное установление давления в шинах и контроль за ним. Измерение давления должно производиться утром, когда шины находятся в ненагретом состоянии. Шины с ненормально низким давлением не должны эксплуатироваться до выявления причин утечки воздуха и должны быть отремонтированы. Давление ниже допустимого приводит к быстрому износу внешней стороны протектора и к значительным перегибам покрышки, в результате чего шина перегревается. Если эксплуатация шины с низким давлением приводит к образованию радиальных разрывов, то при завышенном давлении быстро изнашивается центральная часть шины, с частым разрывом, особенно в результате ударной нагрузки. Желательно, чтобы давление воздуха в шинах было постоянным в течение дня. Наряду с давлением должен осуществляться контроль за температурой нагрева шины, состоянием тормозной системы и правильным размещением шин на ведущих осях.

Выпускаемые в настоящее время в США шины для тяжелых горных работ в скальных карьерах рассчитываются на скорости движения до 48 км/час, однако рекомендуется их применение при скоростях не более 40 км/час.

Особенно вредно влияют на износ шин внезапные остановки, которые могут вызвать разрыв даже новой шины. Опасность разрыва увеличивается с увеличением скорости. Для этого следует избегать внезапных остановок, необходимо снижать скорость при движении в кривых, избегать проскальзывания колес при трогании с места и при движении на подъем.

В США уделяется особенно большое внимание эксплуатации шин. Так, на железорудных карьерах Кливленд-Клифс у компании имеется штат инспекторов по контролю за качеством шин и, кроме того, на каждом карьере имеется ответственное лицо, которое также отвечает за их эксплуатацию. Ими проверяется состояние покрышек до начала работы (давление, наличие и характер порывов и т. д.). Инспектора ведут контроль за состоянием новых и старых покрышек, устанавливают сроки ремонтов, определяют пригодность покрышек к восстановлению и т. д. При этом ведется учет расходов, связанных с эксплуатацией покрышек до и после их восстановления. При такой системе эксплуатации шин на

железрудном карьере Канистео срок службы покрышек впервые был доведен до 10 000 часов (включая часы работы и после ремонта). В то время как средний срок службы шин обычно не превышает 7000—8000 час.

Чрезвычайно большое значение в продлении срока службы шин имеет своевременно и качественно организованный ремонт. Малейшие повреждения и порывы должны устраняться с помощью вулканизации холодным методом, без снятия шин с оси колеса, с помощью специальных самовулканизирующихся веществ. Кроме этого, на карьерах необходимо организовать текущий ремонт шин большегрузных автомобилей методами горячей вулканизации в специальных мастерских. Для крупного ремонта шин, связанного с их перештамповкой, необходимо иметь специальные заводы районного значения, осуществляющие ремонт шин большого числа карьеров, применяющих большегрузный автотранспорт. Наконец, необходимо организовать выпуск оборудования для вулканизации, перештамповки, обдирки и шерохования шин больших размеров. Для продления срока службы шин необходимо также организовать правильное их хранение на карьерах. Покрышки необходимо хранить в прохладном сухом, теплом помещении, а при отсутствии помещения хорошо закрывать их брезентом. Не хранить покрышки вместе с бензином и смазочными. Штабели покрышек должны укладываться на деревянное основание. В каждом штабеле должны быть помещены покрышки одного диаметра. Нельзя покрышки большего размера укладывать на покрышки меньшего диаметра. Наиболее правильно хранить покрышки надетыми на обод колеса с давлением воздуха 50% от нормального и закрытыми брезентом. Рекомендуются ставить покрышки на автомобили в карьерах осенью или ранней зимой. Автопокрышки, которые проработали зимой, имеют более тонкую поверхность по беговой дорожке, чем новые, а потому не перегреваются. Новые покрышки с более толстой беговой дорожкой при работе перегреваются на 30% быстрее. При смене шин особенно тщательно должны подбираться покрышки для двойных скатов, так как плохой подбор (по диаметру, ширине колеи и т. д.) приводит к неравномерной нагрузке на каждый из двух скатов и к неравномерному износу их. Отбор шин для двойных скатов должен производиться после накачки в них воздуха и желательно до установки на ось самосвала (разница в диаметрах не должна превышать 35—40 мм). Между шинами должен быть зазор строго определенной величины в зависимости от марки автомобиля. Неправильный зазор приводит к перегреву и истиранию боковых поверхностей покрышек.

Отечественные автомобили должны снабжаться специальными приспособлениями для удаления камней из зазора между покрышками, что делается для всех самосвалов, выпускаемых в США для скальных карьеров.

Для автосамосвалов особо большой грузоподъемности необходимы шины с нейлоновым или капроновым кордом с 28—40 слоями и с более прочным усиленным протектором.

Для транспортирования по мягким грунтам нужны шины с пониженным давлением — менее 3 кг/см². Несколько размеров шин с давлением 1,75—2 кг/см² запроектировано ВНИИ шинной промышленности и подготавливается к выпуску.

Для автосамосвалов небольшой и средней мощности и больших расстояний откатки перспективны бескамерные шины, они обеспечивают большую безопасность езды, меньше нагреваются, проще в монтаже и после прокола некоторое время позволяют осуществлять движение.

По данным США, при увеличении на 15% стоимости бескамерных

шин для автосамосвалов срок их службы в полтора раза увеличивается. Считается, что около 90% всех простоев большегрузных автосамосвалов, связанных с состоянием шин, происходит из-за неполадок с камерами и клапанами и только 6% по причине неполадок самих покрышек. При применении бескамерных покрышек простои по указанным причинам могут быть доведены до 1%. За последние годы в США большое распространение получают широкие односкатные шины. На них меньше расходуется резины, облегчается монтаж, демонтаж и ремонт, они удобны в эксплуатации, снижается стоимость текущих ремонтов дорог. Такие шины при эксплуатации не меняют места; снимаются они для ремонта вместе с ободом.

Стоимость одинарной шины выше, чем сдвоенной, однако стоимость транспортирования 1 т груза на единицу пути при одинарных шинах ниже, чем при сдвоенных. Одинарные шины предпочтительны в сложных условиях эксплуатации, при короткой длине откатки и малых радиусах кривых.

Значительно увеличивается срок службы изготавливаемых в настоящее время в СССР шин со съёмным протектором и шин с радиальным расположением в каркасе нитей корда.

Основными преимуществами таких шин являются:

а) долговечность в связи с заменяемостью колец и более длительным использованием самой покрышки.

б) повышенная мягкость хода вследствие локализации деформаций от наезда на препятствия протекторными кольцами.

Улучшается управление автомобилем и обеспечивается хорошее сцепление с дорогой вследствие того, что канавки рисунка протектора всегда остаются открытыми.

Весьма перспективны также шины с каркасом из металлокорда по типу французских шин «Мишлен». По данным США, срок службы их на 30% больше, чем шин с нейлоновым кордом.

Срок службы шин полуприцепов и прицепов примерно такой же, как и шин автосамосвалов.

В последнее время (в 1960—1961 гг.) в Советском Союзе проведена большая работа по улучшению качества шин. Путем улучшения конструкции, совершенствования технологического процесса изготовления, применения большего процента натурального каучука, более высококачественных сортов сажи и капронового корда созданы более прочные покрышки. Только введение капронового корда позволило повысить прочность покрышек более чем на 20%, по сравнению с применявшимся ранее вискозным кордом. Ярославским шинным заводом начат выпуск шин 17,00—32" модели 207 для автосамосвалов МАЗ-525. Общая толщина протектора новой модели увеличена по сравнению с ранее выпускавшейся моделью И-128 на 7 мм, глубина рисунка на 14 мм, при соискании того же веса шины. Пробег новых шин с капроновым кордом, хранения того же веса шины. Пробег новых шин с капроновым кордом, по данным Сибавского карьера за 1960 г., достиг 25 000 км.

В целях унификации профилей ободьев большегрузных шин в дальнейшем намечается вместо шин 17,00—32" выпуск шин 17,00—33". Разработка конструкции шин этого размера поручена Воронежскому шинному заводу. Для 10 т автосамосвалов КрАЗ-222 Ярославским шинным заводом производится выпуск шин 12,00—20" модель Я-159 с увеличенной глубиной рисунка протектора до 30 мм (против 18 мм модели И-78). Эти шины в 1960 г. на Алтын-Топканском горнорудном комбинате имели средний пробег 29,5 тыс. км.

Для шин большегрузного транспорта на отечественных карьерах прежде всего необходимо:

а) обеспечить повышение качества шин 17,00—32", повысив долговечность их до 40 тыс. км пробега автомобиля;

б) освоить серийное производство шин 18,00—25", на нагрузку 8000 кг для гаммы новых большегрузных самосвалов;

в) наладить производство шин 18,00—33" на нагрузку 10 000 кг, шин 27,00—33" и 26,50—33" для новых типов большегрузных самосвалов и тягачей;

г) организовать производство шин низкого давления, бескамерных шин, а также шин со съёмным протектором, в первую очередь для автомобильных агрегатов небольшой грузоподъемности;

д) резко улучшить условия эксплуатации шин в карьерах, организовать контроль и уход за шинами, создать карьерные мастерские для выполнения текущих ремонтов и заводы для больших ремонтов шин, начать выпуск шиноремонтного оборудования.

8. Исследование продолжительности транспортного цикла

Транспортирование горной массы автосамосвалами в карьерах осуществляется прерывно, циклами, которые при нормальной работе должны следовать один за другим, с определенным ритмом, без задержек в течение всей смены.

Обыкновенно в транспортном цикле автосамосвала по продолжительности наибольший удельный вес имеет «фактор движения» (коэффициент использования цикла), т. е. время движения автомобиля в груженом и порожнем состоянии.

Фактор движения во времени цикла автосамосвалов на карьерах колеблется от 55 до 90%. Кроме того, можно установить следующие зависимости.

1. Фактор движения увеличивается с расстоянием транспортирования. Так, например, на Сибайском руднике при среднем расстоянии транспортирования 2 км фактор движения составляет 70—75%, а при 4 км он увеличивается до 85—90% от общего времени цикла автосамосвала (рис. 55).

2. Фактор движения резко возрастает с увеличением глубины карьера, так как уменьшаются расстояния, проходимые автомобилями по горизонтам разработки и при выезде из карьера по горизонтальной поверхности, и увеличивается длина подъемов (рис. 56). Таким образом, с глубиной карьера длина участков с уклонами (в процентах от общей длины) непрерывно растет до глубины 200 м более резко, а в дальнейшем более медленно и плавно, достигая 92% при глубине карьера 400 м. При этом фактор движения изменяется в такой же зависимости.

3. Фактор движения увеличивается со снижением скорости движения в карьере (рис. 57), что имеет место: а) при использовании тихоходных маломаневровых автомобилей, б) при плохом состоянии дорожных покрытий, в) при ухудшении атмосферных условий, г) при встрече в пути различных препятствий (переезд через железнодорожные пути, крутой поворот и т. д.).

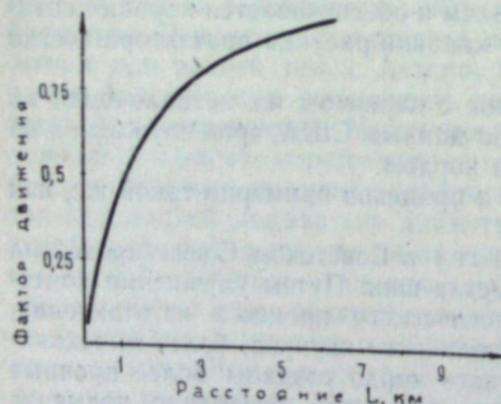


Рис. 55. Изменение фактора движения в зависимости от расстояния транспортирования.

Время погрузки и разгрузки автомобилей включает и время ожидания.

Время погрузки зависит от:

а) грузоподъемности автосамосвалов или прицепов (их породоемкости);

б) модели экскаватора и емкости его ковша;

в) вида сменного оборудования экскаватора;

г) угла поворота экскаватора под погрузку;

д) характера разрабатываемых пород и их кусковатости;

е) параметров забоя и т. д.

В зависимости от производительности экскаватора и емкости автосамосвала время погрузки может быть определено по уравнению

$$t_{\text{погр}} = \frac{E \cdot t}{q_0}, \quad (190)$$

где E — емкость кузова автосамосвала или прицепа, м^3 ;

t — продолжительность цикла работы экскаватора при погрузке, мин ;

q_0 — фактический объем породы в ковше, м^3 .

$$q_0 = q \cdot K_n \cdot K_{\text{упл}} = q \cdot K_n \cdot \frac{K_p''}{K_p'}, \quad (191)$$

где q — геометрическая емкость ковша экскаватора, м^3 ;

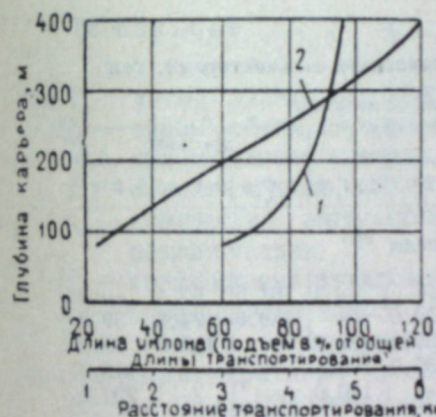


Рис. 56. Зависимость между глубиной карьера, длиной уклона автодороги и расстоянием транспортирования:

1 — длина уклона; 2 — длина транспортирования.

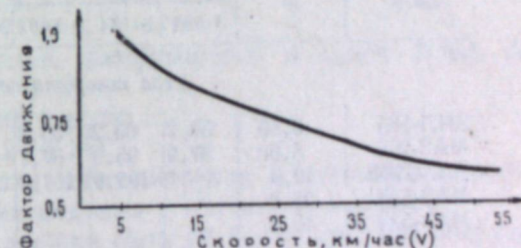


Рис. 57. Изменение фактора движения в зависимости от скорости движения автосамосвалов.

$K_{\text{упл}}$ — коэффициент уплотнения.

$$K_{\text{упл}} = \frac{K_p''}{K_p'}, \quad (192)$$

где K_p'' — коэффициент разрыхления породы в кузове автосамосвала;

K_p' — коэффициент разрыхления породы в ковше экскаватора.

В тех случаях, когда автосамосвал не непосредственно подается к экскаватору под погрузку, а устанавливается от него на некотором расстоянии и только после отъезда находящегося под экскаватором автомобиля подъезжает к нему, расчет следует производить по формуле

$$t_{\text{погр}} = t \cdot n + t_{\text{под}}, \quad (193)$$

где n — число ковшей, погружаемых в автосамосвал;

$t_{\text{под}}$ — продолжительность подъезда автосамосвала от места ожидания к месту погрузки; как было установлено нами, она составляет при расстоянии подъезда 12—15 м около 18—20 сек.

Число ковшей экскаватора, загружающих породой кузов автосамосвала, должно приниматься кратным наименьшему решению, полученному из выражений

$$n' = \frac{Q \cdot K_p'}{q \cdot K_n \cdot \gamma} \quad (194)$$

$$n = \frac{E \cdot K_p'}{q \cdot K_n \cdot K_p''} \quad (195)$$

где K_n — коэффициент наполнения ковша экскаватора;
 γ — объемный вес породы, $т/м^3$.

Среднее расчетное время погрузки автосамосвалов экскаваторами приведено в табл. 93.

В табл. 94 приведены данные о времени погрузки автосамосвалов экскаваторами СЭ-3 на Волгодонстрое.

Чистое время разгрузки для современных автосамосвалов составляет от 0,3 до 1,2 мин; определяется оно, в основном, продолжительностью подъема и опускания кузова (см. табл. 95).

Таблица 93

Среднее расчетное время погрузки в автосамосвалы экскаваторами, сек

Марка автосамосвала	Грузоподъемность, т	Модель экскаватора						
		прямая лопата					драглайн	
		Э-505	Э-754	Э-1003	Э-2001	ЭКГ-4	Э-505	Э-1003

Угол поворота стрелы 70°

ЗИЛ-585	3,50	59,2	63,2	35,8	—	—	101,0	52,4	—
МАЗ-205	5,00	87,9	95,9	57,7	30,0	—	139,0	74,3	39,0
ЯАЗ-210Е	10,0	—	192,9	107,0	60,0	38,8	—	153,0	80,0
МАЗ-525	25,0	—	—	—	135,0	108,0	—	—	145,0
МАЗ-530	40,0	—	—	—	—	170,0	—	—	220,0

Угол поворота стрелы 135°

ЗИЛ-585	3,50	77,0	128,3	48,5	—	—	124,0	64,8	—
МАЗ-205	5,00	110,0	118,0	74,4	40,0	—	164,0	90,0	48,0
ЯАЗ-210Е	10,0	—	247,0	228,0	110,0	50,6	—	206,0	120,0
МАЗ-525	25,0	—	—	—	165,0	140,0	—	—	180,0
МАЗ-530	40,0	—	—	—	—	210,0	—	—	280,0

Угол поворота стрелы 180°

ЗИЛ-585	3,5	88,4	87,8	56,2	—	—	139,0	73,0	—
МАЗ-205	5,0	127,0	133,0	86,0	45,0	—	184,0	102,0	55,0
ЯАЗ-210Е	10,0	—	266,0	160,0	135,0	68,6	—	—	150,0
МАЗ-525	25,0	—	—	—	210,0	168,0	—	—	240,0
МАЗ-530	40,0	—	—	—	—	250,0	—	—	360,0

Кроме чистого времени погрузки и разгрузки, следует учитывать дополнительное время на подачу автомобилей под погрузку и разгрузку, время на маневры на конечных пунктах, время на ожидание погрузки и разгрузки и т. д. Это дополнительное время составляет, при нормальной организации работ, в среднем 2—4 мин [59].

Большое значение имеет обеспечение фронта для разгрузки автосамосвалов: наличие достаточного числа и приемной способности бунке-

Таблица 94

Время погрузки большегрузных автосамосвалов экскаватором СЭ-3 на Жирновском карьере

Марка автосамосвала	Количество ковшей экскаватора	Нагрузка автосамосвала, т	Продолжительность погрузки, сек		
			минимальная	средняя	максимальная
МАЗ-205	1	4,8	55	60	70
ЯАЗ-210Е	2	9,6	67	80	100
МАЗ-525	5	24,0	150	165	180

Таблица 95

Время подъема и опускания кузова автосамосвалов (по паспортным данным)

Марка автосамосвала	Подъем кузова, сек	Опускание кузова, сек
ЗИЛ-585	14	18
МАЗ-205	30	30
ЯАЗ-210Е	20	30
МАЗ-525	30	30

ров, наличие значительной длины фронта разгрузки на отвалах. Фронт разгрузки должен определяться по числу одновременно прибывающих на разгрузку автомобилей в периоды пик по графику с запасом не менее 20—25% числа одновременно разгружающихся автомобилей. Длина фронта разгрузки может быть также подсчитана по формуле

$$l_0 = K_p \cdot K_z \cdot \frac{Q_0 \cdot b}{n_0 E} \quad (196)$$

где l_0 — длина фронта разгрузки, м;

Q_0 — общий объем породы, поступающей за смену в отвал, $м^3$;

b — ширина автосамосвала, м;

E — емкость кузова, $м^3$;

n_0 — количество автосамосвалов, разгружаемых в одной точке без разравнивания;

K_p — коэффициент разрыхления породы;

K_z — коэффициент запаса (1,2—1,25).

Практически время разгрузки автосамосвала с маневрами равно примерно двухкратному времени подъема и опускания кузова.

Время ожидания погрузки должно быть не более времени погрузки одного автомобиля и не менее продолжительности одного цикла работы экскаватора.

Точно так же, время ожидания разгрузки не должно превышать времени разгрузки одного автомобиля.

Минимальное и максимальное время ожидания погрузки может быть выражено следующими зависимостями:

$$t_{\text{ожид}} > t, \quad (197)$$

$$t_{\text{ожид}} < t_p, \quad (198)$$

где $t_{\text{ожид}}$ — время ожидания погрузки автосамосвала, сек;

t — время цикла работы экскаватора, сек;

t_p — время погрузки автосамосвала, сек.

Для приближенных расчетов время ожидания погрузки может приниматься равным половине продолжительности погрузки

$$t_{\text{ожид}} \approx 0,5 t_p. \quad (199)$$

Максимальное время ожидания разгрузки будет

$$t'_{\text{ожид}} < t_p. \quad (200)$$

где t_p — время разгрузки, сек.

Однако ожидание при разгрузке при наличии достаточного разгрузочного фронта на отвалах и необходимого числа секций бункеров при ритмичной работе транспорта не должно иметь место.

Продолжительность разгрузки определяется суммой затрат времени на подъезд автосамосвала задним ходом к месту разгрузки от места ожидания или остановки

$$t_{\text{под}} = 15 \div 45 \text{ сек},$$

на отъезд автосамосвала от места разгрузки на расстояние 15—25 м

$$t_{\text{от}} = 5 \div 10 \text{ сек},$$

на подъем кузова для разгрузки

$$t_{\text{пл}} = 15 \div 50 \text{ сек}$$

и на опускание кузова после выгрузки

$$t_{\text{оп}} = 15 \div 30 \text{ сек},$$

т. е.

$$t_p = t_{\text{под}} + t_{\text{пл}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{от}} \quad (201)$$

Приведенные значения продолжительности отдельных элементов разгрузки взяты по данным практики Балаклавского, Сибаяевского, Соколовского, Гороблагодатского, Блявинского и др. карьеров.

Таблица 96

Общее расчетное время погрузки, разгрузки и ожидания автосамосвалов при их работе с экскаваторами, сек

Марка автомобиль- самосвала	Грузо- подъем- ность, т	Модель экскаватора							
		прямая лопата					драглайны		
		Э-505	Э-754	Э-1003	Э-2001	ЭКГ-4	Э-505	Э-1003	Э-2001
Угол поворота стрелы 70°									
ЗИЛ-585	3,5	238	246	198	—	—	322	225	—
МАЗ-205	5,0	336	350	274	220	—	420	308	238
ЯАЗ-210Е	10,0	—	584	414	320	278	—	—	360
МАЗ-525	25,0	—	—	—	518	456	—	—	530
МАЗ-530	40,0	—	—	—	—	680	—	—	800
Угол поворота стрелы 135°									
ЗИЛ-585	3,5	274	376	217	—	—	368	250	—
МАЗ-205	5,0	382	396	308	240	—	486	350	256
ЯАЗ-210Е	10,0	—	694	656	420	300	—	—	440
МАЗ-525	25,0	—	—	—	570	520	—	—	600
МАЗ-530	40,0	—	—	—	—	770	—	—	895
Угол поворота стрелы 180°									
ЗИЛ-585	3,5	290	290	232	—	—	398	304	—
МАЗ-205	5,0	314	426	336	250	—	528	620	270
ЯАЗ-210Е	10,0	—	732	620	470	356	—	—	500
МАЗ-525	25,0	—	—	—	660	576	—	—	720
МАЗ-530	40,0	—	—	—	—	840	—	—	1030

Продолжительность маневров автосамосвалов может приниматься исходя из высказанных нами ранее соображений или определяться по формуле

$$t_{\text{мн}} = \left(\frac{a}{v_1} + \frac{b}{v_2} + \frac{c}{v_3} + \dots \right) + t_{\text{пер}} (n_{\text{пер}} - 1), \quad (202)$$

где a, b, c — длины отрезков движения при маневрировании, км;

v_1, v_2, v_3 — скорости движения, составляющие обычно 5—10 км/час;

$t_{\text{пер}}$ — время на переключение передачи (5—8 сек);

$n_{\text{пер}}$ — число перемен направления движения.

В тех случаях, когда за время ожидания погрузки и разгрузки автосамосвалы успевают выполнить необходимые маневры и встают в положение, из которого должны подъезжать к экскаватору или разгрузочному пункту, учитывать время на маневры нет необходимости.

Общее время погрузки и разгрузки автосамосвалов при нормальной организации работ не должно превышать величин, подсчитанных по приведенным выше зависимостям и указанных в табл. 96.

9. Определение расчетных технических скоростей движения автомобилей

Время движения автомобилей между пунктами погрузки и разгрузки зависит от скорости, которая изменяется в зависимости от динамических качеств автомобиля, его технического состояния, дорожных условий и расстояния транспортирования.

Для расчетов продолжительности транспортного цикла и определения числа автосамосвалов в карьере обычно пользуются техническими скоростями движения. Техническая скорость представляет собой отношение пробега автосамосвала в грузовом или порожняковом направлении или в обоих вместе к чистому времени движения на этих расстояниях.

Установление расчетных технических скоростей может производиться двумя способами:

а) подсчетом общего времени движения по участкам пути согласно опытным данным;

б) по динамическим характеристикам, с учетом суммы сопротивлений покрытий и уклонов данных элементарных участков дороги.

По первому способу общее время движения автомобиля может быть выражено уравнением:

$$t_{\text{общ}} = t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} = 60 \left(\frac{l_1}{v_1} + \frac{l_2}{v_2} + \frac{l_3}{v_3} + \dots + \frac{l_n}{v_n} \right), \quad (203)$$

где $t_{\text{гр}}$ — время движения с грузом, мин;

$t_{\text{пор}}$ — время движения порожняком, мин;

l_1, l_2, l_3, l_n — участки пути с одинаковыми характерными дорожными условиями, км;

v_1, v_2, v_3, v_n — средние скорости движения на этих участках, км/час.

Если транспортирование производится по относительно однородному участку дороги, без резких подъемов и спусков, время движения автомобиля можно определить по уравнению:

$$t_{\text{общ}} = 60 \left(\frac{2l_{\text{заб}}}{v_{\text{заб}}} + \frac{2l_{\text{от}}}{v_{\text{от}}} + \frac{l - 2l_{\text{заб}} - 2l_{\text{от}}}{v} \right), \quad (204)$$

где $l_{заб}$, $l_{от}$ — участки дороги в забое и на отвале, км;
 $v_{заб}$, $v_{от}$ — средние скорости движения на этих участках, км/час;
 l — общая длина пути, км;
 v — скорость движения на основном участке, км/час.

Следует заметить, что движение большегрузных автосамосвалов на внутрикарьерных забойных дорогах со скоростью более 20 км/час влечет за собой необходимость устройства специальных и дорогостоящих дорог и затрудняет использование автосамосвалов на крутых подъемах, а поэтому не может быть рекомендовано.

Таблица 97

Средние расчетные технические скорости движения автосамосвалов на карьерных автомобильных дорогах, км/час

Участки карьерных автомобильных дорог	Марки автосамосвалов							
	МАЗ-530		МАЗ-525		ЯАЗ-210Е (ЯАЗ-222)		МАЗ-205 (МАЗ-503)	
	грузе- ный	порож- ный	грузе- ный	порож- ный	грузе- ный	порож- ный	грузе- ный	порож- ный
Постоянные откаточные автомо- билные дороги на поверхно- сти и в капитальных транше- ях, съездах								
а) горизонтальные	28	30	23	25	30	35	35	40
б) спуски до 5%	25	27	20	25	25	28	25	35
в) спуски с 5 до 10%	18	22	18	20	18	20	22	25
г) подъемы до 5%	18	22	15	22	22	26	26	28
д) подъемы с 5 до 10%	10—15	16—20	10—13	16—18	16	25	20	25
Постоянные заезды на отвалы								
а) подъемы до 5%	18	22	15	22	20	25	25	28
б) подъемы с 5 до 10%	10—15	16—20	10—13	16—18	15	20	20	22
Временные дороги на отвалах и в забоях, при подъездах к экс- каваторам	10—12	10—12	8—10	8—10	10—12	10—12	10—15	10—18

Средние расчетные технические скорости движения автосамосвалов, определенные нами для отдельных участков автодорог, могут быть приняты по табл. 97.

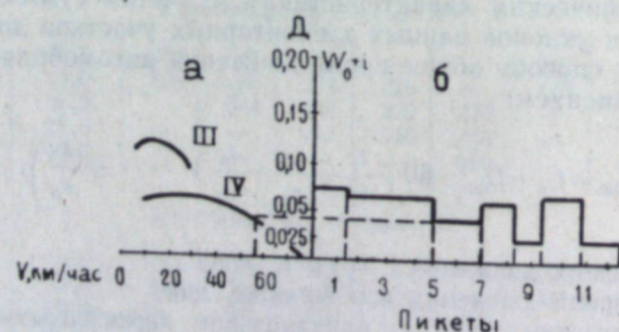


Рис. 58. Графики времени движения автосамосвалов:
а — динамическая характеристика автосамосвала; б — сумма сопротивлений участков продольного профиля автодороги.

По второму методу общее время движения автомобиля можно определить по графику динамической характеристики автомобиля (рис. 58), рядом с которым необходимо построить сумму сопротивлений каждого элемента дороги по продольному профилю в зависимости от типа покрытий и уклонов, т. е. $w_0 \pm i$.

Масштаб для построения сопротивлений можно принимать: по вертикали — одинаковым с масштабом динамической характеристики, по горизонтали — произвольным, но с таким расчетом, чтобы наименьшие элементы продольного профиля по длине могли быть четко различимы на графике. Точка пересечения кривой динамической характеристики с горизонтальной линией сопротивлений на определенном участке продольного профиля дороги дает равновесную скорость движения по данному покрытию и уклону.

Фактические показатели технических скоростей движения автосамосвалов на Жирновском карьере приведены в табл. 98.

Таблица 98

Показатели скорости движения автосамосвалов на Жирновском карьере Волгодонстроя

Наименование участка дороги	Марка автосамосвала	Возможная скорость двигателя, км/час	Фактическая скорость, км/час
Главный въезд в карьер с подъемом от 2,2 до 4,5%	МАЗ-205	46,5—30,7	23
Забойные и отвальные дороги с подъемом 2,5%	МАЗ-205	27,9—19,9	5
Забойные дороги на вскрыше карьера с подъемом 4,5—5,2%	МАЗ-205	27,9—22,8	7
Участок ровной главной откаточной дороги карьер — дробильный завод .	ЯАЗ-210Е	45	23
	МАЗ-525	30	11

Средние технические скорости движения автосамосвалов на карьерах Куйбышевгидростроя были: МАЗ-205 — 20—22 км/час, ЯАЗ-210Е — 18—20 км/час, МАЗ-525 — 12—15 км/час.

Весьма часто для укрупненных расчетов приходится пользоваться средними техническими скоростями как в грузовом, так и в порожняковом направлении. Однако нельзя пользоваться средней арифметической скоростью, которую обычно выражают как полусумму скоростей с грузом и без груза

$$v_{ср} = \frac{v_{гр} + v_{пор}}{2} \quad (205)$$

Правильней применять приведенную скорость $v_{пр}$, которая по своей величине значительно отличается от $v_{ср}$.

Если принять $v_{пор} = v_{гр} \cdot m$, то

$$v_{ср} = \frac{v_{гр} (m+1)}{2} \quad (206)$$

$$v_{пр} = \frac{2m}{m+1} \cdot v_{гр} \quad (207)$$

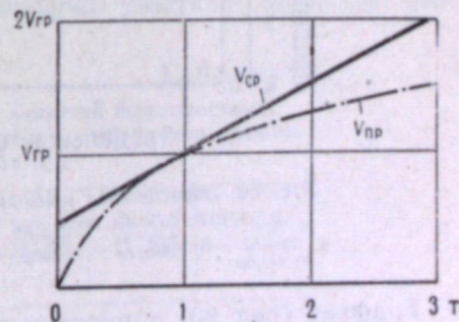


Рис. 59. Изменение средней арифметической и средней приведенной скоростей движения.

Согласно этим выражениям и графику рис. 59, только при $m=1$, т. е. когда $v_{пор} = v_{гр}$, приведенная скорость равна средней.

Во всех остальных случаях средняя скорость больше приведенной. Следовательно, количество машин, определенное по средней скорости движения, будет меньше требуемого для бесперебойной работы экскаватора.

Длина грузового пути движения автомобилей $l_{гр}$ не всегда равна длине порожнякового (холостого) пути $l_{пор}$ особенно при кольцевых заездах. Поэтому можно считать, что

$$t_{общ} = \frac{l_{гр} + l_{пор}}{v_{пр}}, \quad (208)$$

или

$$t_{общ} = \frac{l_{гр}}{v_{пр} \cdot \beta}, \quad (209)$$

где β — коэффициент использования пробега.

В этом случае $v_{пр}$ можно определить по уравнению

$$v_{пр} = \frac{l_{гр}}{t_{общ} \cdot \beta}. \quad (210)$$

Значения технических скоростей движения существенно изменяются в различные периоды года. Происходит это вследствие изменения состояния проезжей части внутрикарьерной дороги, что, в свою очередь, изменяет сопротивление движения, прочность покрытия и сцепление шин с покрытием дорог.



Рис. 60. Зависимость приведенных скоростей автосамосвала в разные сезоны года при разных уклонах автодороги:
I — летний; II — зимний; III — переходный период года.

Графики (рис. 60) в принципе показывают значения среднесезонных (приведенных) технических скоростей, которые можно обозначить:

- v^I — среднесезонная скорость в I период (лето);
- v^{II} — среднесезонная скорость во II период (зима);
- v^{III} — среднесезонная скорость в III период (переходный — осень, весна).

В период 1957—1958 гг. на Сибавском руднике нами были проведены исследования по установлению технических эксплуатационных (рейсовых) скоростей движения автосамосвалов МАЗ-525.

На основе этих данных представляется возможным сделать следующие выводы [31].

Техническая скорость груженого хода автосамосвалов МАЗ-525 колеблется в пределах 9,9—17,8 км/час, составляя в среднем около 13 км/час.

В весеннее время технические скорости груженого хода, несмотря на худшее состояние дорог, снижаются по сравнению с зимним периодом в среднем не более чем на 10%. Техническая скорость порожнего хода колеблется в пределах 11,9—28,5 км/час, составляя в среднем 21 км/час.

Наибольшие скорости порожнего хода относятся к летнему периоду, когда они достигают до 28—28,5 км/час. Наименьшие скорости порожнего хода имеют место в весенний период при плохом состоянии дорог, в этих случаях они снижаются до 15—18 км/час.

Если в остальные периоды года, кроме весеннего, соотношение между скоростями порожнего и груженого хода составляет около 1,9, то в весеннее время это соотношение уменьшается до 1,3, т. е. разница между скоростями груженого и порожнего хода в весенний период времени весьма незначительна.

Объясняется это тем, что плохое состояние дорог сказывается главным образом на ограничении более высоких скоростей, какими являются скорости порожнего хода. Последние в это время не превышают 18 км/час и снижаются по сравнению с зимними скоростями примерно в 1,5 раза. Таким образом, снижение технических скоростей движения в период весенней распутицы происходит главным образом за счет уменьшения скорости порожнего хода. В среднем скорости порожнего хода в 1,6 раза превышают скорости груженого хода.

Средние эксплуатационные (рейсовые) скорости изменяются от 8,8 до 15,7 км/час. Наиболее распространенные эксплуатационные скорости — 12 км/час, которые и можно рекомендовать для усредненных эксплуатационных расчетов при расстояниях откатки автосамосвалами МАЗ-525 в пределах 1,0—5 км для карьеров глубинного типа.

Соотношение между средними значениями технических и эксплуатационных скоростей изменяется в пределах 1,17—1,60, составляя в среднем 1,40.

Приведенные средние показатели технических скоростей показывают, что груженый ход автосамосвалами МАЗ-525 в основном производится на третьей передаче и только на некоторых участках дорог на второй.

Таблица 99

Фактические средние скорости движения автосамосвалов МАЗ-525 на внутрикарьерных дорогах Сибавского рудника (1958—1959 гг.)

Показатели	Летний период	Зимний период	Переходные периоды
Расстояние транспортирования, км	1,8	2,6	2,8
Техническая скорость груженого автосамосвала, км/час	12,7	12,6	11,6
Техническая скорость порожнего автосамосвала, км/час	22,6	23,6	15,8
Средняя техническая скорость, км/час	16,3	16,5	12,6
Продолжительность транспортного цикла, час	0,27	0,38	0,52
Эксплуатационная скорость самосвала, км/час	13,6	13,6	10,7

Однако опытные водители, применяя умелое вождение автосамосвалов, используют инерцию, развитую машиной, и ведут грузный самосвал на всем протяжении рейса на 3—4-й скорости.

Фактические средние технические и эксплуатационные скорости движения автосамосвала МАЗ-525 в различные периоды года показаны в табл. 99.

Расчетная приведенная скорость движения за год будет определяться приведенной среднегодовой скоростью

$$v_{\text{ср. г}} = \frac{T_1 v^I + T_2 v^{II} + T_3 v^{III}}{T_1 + T_2 + T_3} \text{ км/час,} \quad (211)$$

где T_1, T_2, T_3 — количество рабочих смен за соответствующий период. Обозначим отношения

$$\frac{T_1}{T_{\text{год}}} = a_1, \quad \frac{T_2}{T_{\text{год}}} = a_2, \quad \frac{T_3}{T_{\text{год}}} = a_3,$$

где $T_{\text{год}}$ — количество рабочих смен в году.

Подставив в формулу (211) значения a_1, a_2, a_3 , получим

$$v_{\text{ср. г}} = v^I \cdot a_1 + v^{II} \cdot a_2 + v^{III} \cdot a_3. \quad (212)$$

Отношения сезонных приведенных скоростей и среднегодовой приведенной скорости

$$\frac{v^I}{v_{\text{ср. г}}} = \eta^I; \quad \frac{v^{II}}{v_{\text{ср. г}}} = \eta^{II}; \quad \frac{v^{III}}{v_{\text{ср. г}}} = \eta^{III} \quad (213)$$

представляют собой величины, определяющие степень влияния состояния дороги на скорость движения в различные периоды года.

Расчетные значения среднегодовой скорости и коэффициентов влияния сезонности для автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530, полученные по формулам (212) и (213) для условий Урала, представлены в табл. 100.

Таблица 100

Расчетные значения среднегодовой технической скорости и коэффициентов сезонности для автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530

Показатели	Продольный уклон автодороги, %							Среднее значение $\eta_{\text{сез}}$
	0	2	4	6	8	10	12	
Приведенная среднегодовая техническая скорость движения МАЗ-525, км/час	26,8	22,6	18,0	15,0	13,8	13,0	10,9	—
То же для МАЗ-530	21,0	16,1	14,4	13,1	12,2	11,2	10,0	—
Коэффициент сезонности								
I период (летний)	0,99	0,98	0,92	0,96	0,96	0,97	1,02	0,973
II период (зимний)	1,09	1,13	1,16	1,09	1,09	1,08	1,12	1,103
III период (переходный) .	0,8	0,79	0,8	0,87	0,87	0,84	0,73	0,81

Одной из особенностей эксплуатации автотранспорта на карьерах является использование его на работе в ночное время суток. Измерение фактических скоростей движения автосамосвалов МАЗ-525 на горизонтальных и наклонных участках дорог в ночное время показало, что технические скорости порожних машин снижаются в пределах от 14 до 24% (в среднем 17%), грузных — от 0 до 18% (в среднем 10%). Основной причиной снижения скоростей в ночное время является недостаточная видимость дороги и встречных самосвалов.

10. Производительность автосамосвалов и автопоездов

Время транспортного цикла (автосамосвала или автопоезда), или время, затрачиваемое на один рейс, будет:

$$T_0 = t_{\text{погр}} + t_{\text{разг}} + t_{\text{ожид}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}} \quad (214)$$

где $t_{\text{погр}}$ — время погрузки автосамосвала или прицепов, час;

$t_{\text{разг}}$ — время разгрузки автосамосвала или прицепов, час;

$t_{\text{ожид}}$ — время дополнительных операций (маневры, ожидание погрузки и разгрузки), час;

$t_{\text{гр}}$ — время движения в грузовом направлении, час;

$t_{\text{пор}}$ — время движения в порожняковом направлении, час.

Следует различать техническую и эксплуатационную производительность автосамосвала.

Техническая производительность автосамосвала может быть выражена также следующим уравнением:

$$Q_{\text{час}} = \frac{Q_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot v}{l_{\text{гр}} + v \cdot \beta \cdot T_{\text{пр}}} \quad (215)$$

где v — средняя приведенная скорость, км/час;

β — коэффициент использования пробега;

$l_{\text{гр}}$ — длина грузового пути движения, км;

$T_{\text{пр}}$ — время погрузочно-разгрузочных операций, час.

Производительность автопоезда, соответственно, составит:

$$Q'_{\text{час}} = \frac{q \cdot n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot v}{l_{\text{гр}} + v \cdot \beta \cdot n \cdot T_{\text{пр}}} \quad (216)$$

где n — количество прицепов;

q — грузоподъемность прицепа, т.

Время погрузки прицепов принимается равным произведению времени погрузки одного прицепа на число прицепов в поезде. Маневры при погрузке одного прицепа составляют 1,5—2 мин.

Время разгрузки и поворота принимается от 3 до 5 мин при двух-трех прицепах.

Эксплуатационная производительность автосамосвала или автопоезда учитывает полезное использование времени автомобильным агрегатом и отражает общую организацию работ в карьере

$$Q_{\text{час. экпл}} = Q_{\text{час}} \delta, \quad (217)$$

где δ — коэффициент использования сменного времени на работе, равный отношению времени полезной работы в течение смены к сменному

$$\delta = \frac{T_{\text{см}} - T_{\text{прост}}}{T_{\text{см}}} \quad (218)$$

где $T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, час;

$T_{\text{прост}}$ — продолжительность технологических простоев автомобильного агрегата в течение смены, складывающихся из простоев экскаватора и собственных простоев автосамосвала, час.

Влияние скорости движения на производительность автосамосвалов, а также зависимость производительности последних от расстояния транспортирования показаны на графиках (см. рис. 61 и 62).

Эксплуатационные показатели работы автосамосвалов на различных карьерах приведены в табл. 101, 102, 103 и на рис. 63.

Основные эксплуатационные показатели работы отечественных автосамосвалов на передовых горных предприятиях составляют на 1 т грузоподъемности автомобиля в год:

Производительность 9—14 тыс. т
Пробег 1,5—5 тыс. км
Выработка 13—21 тыс. ткм

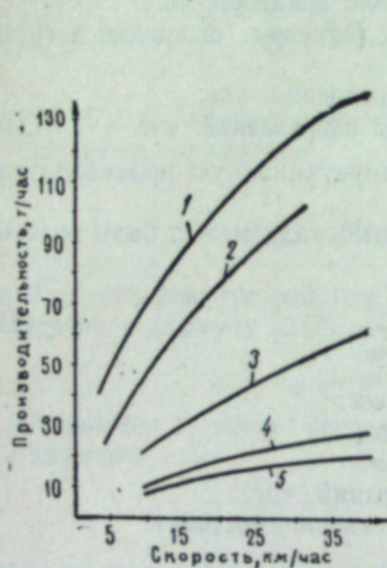


Рис. 61. Влияние скорости движения на производительность автосамосвалов.

1 — МАЗ-530 с экскаватором ЭКГ-4;
2 — МАЗ-525 с ЭКГ-4; 3 — ЯАЗ-222 с СЭ-3; 4 — МАЗ-205 с Э-1003;
5 — ЗИЛ-585 с Э-505.

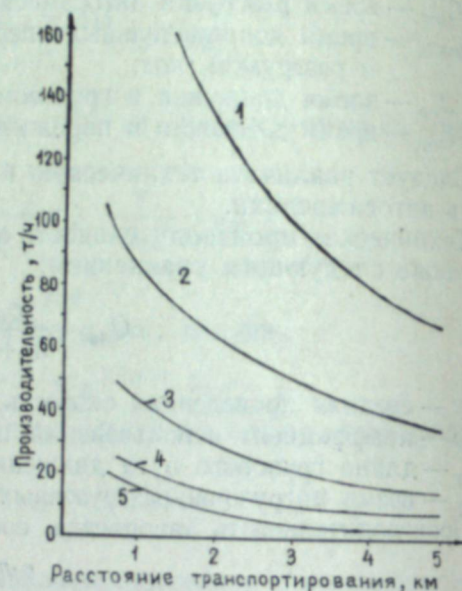


Рис. 62. Зависимость производительности автосамосвалов от расстояния транспортирования:

1 — МАЗ-530 с ЭКГ-4; 2 — МАЗ-525 с ЭКГ-4; 3 — ЯАЗ-222 с СЭ-3; 4 — МАЗ-205 с Э-1003; 5 — ЗИЛ-585 с Э-505.

Характерно, что наилучшие показатели на тонну грузоподъемности имеют автомобили грузоподъемностью 10 т (ЯАЗ-210Е и ЯАЗ-222), отличающиеся, как известно, совершенной конструкцией и большой эксплуатационной надежностью.

Наиболее высокие показатели на один автомобиль в год дают автосамосвалы МАЗ-525 (Сибавеский рудник, расстояние транспортирования 2,2 км):

Производительность достигает 280 тыс. т
Пробег 55 тыс. км
Выработка 580 тыс. ткм

Нужно заметить, что эти показатели превосходят аналогичные показатели автомобильного транспорта на карьерах штатов Миннесота и Невада (США).

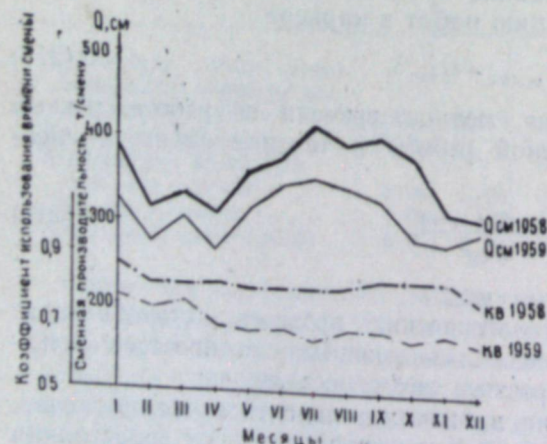


Рис. 63. Производительность автосамосвалов МАЗ-525 (сменная) по месяцам года за 1958—1959 гг. на Сибавеском карьере.

Таблица 101

Показатели работы автосамосвалов на отечественных карьерах 1957—1960 гг.

Наименование показателей	Абаканский железный рудник	Шерешетский железный рудник	Балкавский известняковый карьер	Жирновский известняковый карьер	Сокийский известняковый карьер	Сибавеский медный рудник	Гайский медный рудник
Род транспортируемого материала	Руда, пустая порода	Руда, порода, рудные скалы	Известняк, пустая порода	Известняк	Известняк, пустая порода	Руда, пустая порода	Пустая порода, руда
Марки автомобиль-самосвалов	МАЗ-525 СЭ-3	ЯАЗ-210Е СЭ-3	МАЗ-205, ЯАЗ-210Е СЭ-3	МАЗ-205, ЯАЗ-210Е, МАЗ-525 СЭ-3	ЯАЗ-210Е, МАЗ-525 СЭ-3	МАЗ-205, ЯАЗ-210Е, МАЗ-525 СЭ-3	МАЗ-525, МАЗ-530 ЭКГ-4, ЭКГ-8
Тип экскаватора							
Скорость движения (средняя), км/час.	13,0	18,0	15,0	20	15,0	20,0	18—20
Расстояние транспортирования, км	2,45	0,9	2,5	2,2; 2,9	0,8	1,1; 2; 3	до 2,0
Время погрузки самосвала, мин.	4,0	1,0	1,5	1; 1,3; 2,5	1,5; 2,5	1,1; 2,5;	1,5; 0,5; 2,5
Время разгрузки, мин.	2,0	1,0	0,7	1; 1,2; 1,5	1,5; 2,0	1,2; 1,5	0,5; 1,0
Время ожидания и маневров, мин.	6,0	3,0	—	3—6	1,5	2,0	1,0—1,5
Время движения в обоих направлениях, мин.	23	11	—	13; 14; 17	7,0	13; 13; 18	6,0—7,0
Время одного рейса, мин.	35	16	18	20; 21; 27	10; 11	17; 17; 24	8,0—10,0
Количество рейсов в смену	11,7	30	24	26; 23; 20	60; 45	28; 28; 20	20—40
Пробег в смену, км	35	60	110	100—120	65—75	90—120	80—120
Производительность автомобиля-самосвала в смену, т	275	300	120	125; 230; 480	400; 600	130; 260; 480	600; 800; 1000

Наименование показателей	Кабановский медный рудник	Уфалейский никелевый рудник	Сорский медный рудник	Руда, пустая порода	Учалынский медный рудник	Краснобродский угольный карьер	Блавынский медный рудник
Род транспортируемого материала	Руда, пустая порода	Руда, пустая порода	Руда, пустая порода	Руда, пустая порода	Руда, пустая порода	Уголь, пустая порода	Руда, порода
Марки автомобилей-самосвалов	ЯАЗ-210Е, МАЗ-205	МАЗ-205	ЯАЗ-210Е, МАЗ-525	ЯАЗ-210Е, МАЗ-525	ЯАЗ-210Е, МАЗ-525	МАЗ-205, ЯАЗ-210Е	МАЗ-205, ЗИЛ-150
Тип экскаватора	СЭ-3	СЭ-3	СЭ-3	СЭ-3	СЭ-3	СЭ-3	ЧКД-1,4
Скорость движения (средняя), км/час	18,0	28,0	16,0	16,0	16,0	15,0	19,0
Расстояние транспортирования, км	1,2	1,2	1,85	3,2	3,2	1,12	2,5
Время погрузки самосвала, мин	1; 1,5	1,0	3,0	2,0	2,0	1,6	2,5
Время разгрузки, мин	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Время ожидания и маневров, мин	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8	2,5
Время движения в обоих направлениях, мин	7,5	5	14,0	35,0	35,0	9,0	15,0
Время одного рейса, мин	1,2	9	20,0	40,0	40,0	13,4	22,0
Количество рейсов в смену	40, 45	50	22	12	12	36	20
Пробег в смену, км	95—110	120	88	80	80	83	58
Производительность автомобиля-самосвала в смену, т	220—380	240	250 (для ЯАЗ-210Е)	180 (для ЯАЗ-210Е)	180 (для ЯАЗ-210Е)	180 (для МАЗ-205)	90 (для МАЗ-205)

Таблица 102

Технико-экономические показатели работы автотранспорта на рудных карьерах СССР за 1959—1960 гг.

Показатель	К						Лесбийский	Криво-рожский (ЦГОК)	Криво-рожский (НГОК)
	Соколовский	Сарбайский				Татра			
Марка автосамосвала	МАЗ-525	МАЗ-205	ЯАЗ-210Е	Татра	МАЗ-525	ЯАЗ-222	МАЗ-525	МАЗ-525	ЯАЗ-222
Среднесписочное число автосамосвалов в хозяйстве	130	392	39	6	27	434	450	450	226
Среднесписочное число автосамосвалов в работе	45	97	13	4	14	210	113	113	121
Машино-дней в хозяйстве, тыс. машино-дней	47,4	43,2	14,4	2,3	3,9	177	60	60	90
В том числе в работе, тыс. машино-дней	16,5	35,6	4,7	1,4	5,2	66	—	—	40
Коэффициент использования автомобилей (в машино-днях)	0,35	0,25	0,33	0,63	0,53	0,37	—	—	0,43
Перевезено горной массы, млн. т	11,78	6,12	2,29	0,35	4,02	10,32	17,18	17,18	6,09
Весь пробег, тыс. км	2204,3	7373,0	1290,0	431,2	985,0	7780,0	9800,0	9800,0	6800,0
В том числе с грузом, тыс. км	1046,8	3370,0	629,0	210,6	483,0	3720,0	4503,0	4503,0	2855,0
Выработано тонно-километров, млн.	21,26	14,70	5,04	0,98	3,84	29,7	34,28	34,28	22,48
Всего рейсов, тыс. шт.	567,4	1254,6	251,6	76,7	221,6	1100	1610	1610	723
В том числе на 1 машино-смену, шт.	22,3	24,9	35,8	31,5	20,2	—	—	—	—
Продолжительность рабочего дня автосамосвалов, час	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Средняя техническая скорость, км/час	13,9	22,1	22	27	15,1	26,2	22,0	22,0	11,4
Коэффициент использования тоннажа	0,64	0,85	0,70	0,80	0,83	0,99	0,98	0,98	0,90
Коэффициент использования пробега	0,47	0,46	0,49	0,48	0,48	0,49	0,49	0,49	0,46
Среднее расстояние транспортирования, км	1,8	2,4	2,2	2,8	2,2	2,88	2,01	2,01	3,3
Среднесуточный пробег, км	180	207	273	299	170	170	178	178	190
Производительность на 1 списочный автосамосвал в а) тыс. т	90,7	15,6	58,7	58,4	149,0	62	—	—	—
б) тыс. т/км	168,0	37,8	129,0	168,5	327,0	185	—	—	—
Пробег на 1 списочный автосамосвал, тыс. км	16,9	18,8	38,1	71,8	36,5	—	—	—	—
Производительность 1 машино-тонны в а) тыс. т	8,90	1,17	5,88	7,3	5,96	2,57	—	—	2,78
б) тыс. т/км	6,80	7,50	12,9	20,5	13,10	7,41	—	—	9,22
Расход дизельного топлива: а) на 100 км пробега, л	218,0	41,0	65,0	49,6	172,0	—	—	—	—
б) на 1 т/км, л	0,225	0,206	0,166	0,216	0,192	—	—	—	—
Средний пробег авторезины, тыс. км	14,0	24,0	—	27,0	14,3	15,0	14—15	14—15	15—18
Стоимость 1 т/км, коп.	16,1	—	—	—	—	7,8	8,3	8,3	10,1

Таблица 103

**Технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта
на угольных карьерах
(по проектным данным)**

Показатель	Проектируемые карьеры				Действующие карьеры		
	Софрон- ский 1—2	Бегичев- ский	Артем 1 V—A	Томь-Усин- ский 7—8	Красно- бродский	Храмцов- ский	Южный Черемхов- ский
Марка автосамосва- ла	МАЗ-525	МАЗ-525	МАЗ-525	МАЗ-530	МАЗ-205 ЗИЛ-585	МАЗ-205 ЗИЛ-585	МАЗ-205 ЗИЛ-585
Списочное количе- ство автосамосва- лов	22	15	22	16	—	—	—
Дальность транс- портирования, км	2,5	2,5	3,5	2,1	2,5	2,0	6,0
Коэффициент ис- пользования гру- зоподъемности .	0,76	0,64	0,76	0,61	1,00	0,95	0,98
Сменная произво- дительность авто- самосвалов, т .	285	208	182	315	80—90	100—120	40—45
Производитель- ность одной спи- сочной автомашин- ы в год, т . . .	13600	100000	91000	150000	—	—	7340
То же, ткм . . .	—	—	—	—	—	—	35933
Коэффициент ис- пользования ав- топарка	0,85	0,85	0,85	0,85	0,42	0,60	0,55
Себестоимость пе- ревозок ткм, коп.	6,5	7,2	—	8,9	13,5	13,8	9,8
Себестоимость пе- ревозок 1 т уг- ля, коп.	16,2	18,0	—	18,7	13,7	17,6	19,2
Объем перевозок в год, тыс. т .	3000	1500	2000	2400	—	624	600

11. Расчет необходимого количества автомобилей в карьере

Определение числа рабочих автомобильных агрегатов может быть сделано исходя из условий:

- обеспечения работы экскаваторов транспортными средствами;
- обеспечения заданной производительности карьера.

В связи с этим нами предлагается следующая методика расчета.

Потребное количество автомобилей для обслуживания экскаватора может быть определено из отношения часовой эксплуатационной производительности экскаватора и производительности автосамосвала.

$$N = \frac{Q_{\text{час}}^{\text{экс}}}{Q_{\text{час}}^{\text{сам}}}, \quad (219)$$

где $Q_{\text{час}}^{\text{экс}}$ — часовая производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{час}$;

$Q_{\text{час}}^{\text{сам}}$ — часовая производительность автосамосвала, $\text{м}^3/\text{час}$.

Часовая производительность экскаватора при работе с автомобилем может быть представлена следующим выражением:

$$Q_{\text{час}}^{\text{экс}} = \frac{1}{\frac{1}{Q_{\text{т}}^{\text{экс}}} + \frac{t_0}{E}}, \quad (220)$$

где t_0 — перерыв в работе экскаватора при подаче под погрузку очередного автомобиля, час;

E — емкость кузова автосамосвала или прицепа, м^3 ;

$Q_{\text{т}}^{\text{экс}}$ — техническая производительность экскаватора, $\text{м}^3/\text{час}$.

В свою очередь, техническая производительность экскаватора равна

$$Q_{\text{т}}^{\text{экс}} = q \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{упл}}, \quad \text{м}^3/\text{час}. \quad (221)$$

Обозначим, как и ранее $K_{\text{упл}} \cdot K_{\text{н}} \cdot q = q_0$, тогда

$$Q_{\text{т}}^{\text{экс}} = \frac{q_0}{t}, \quad (222)$$

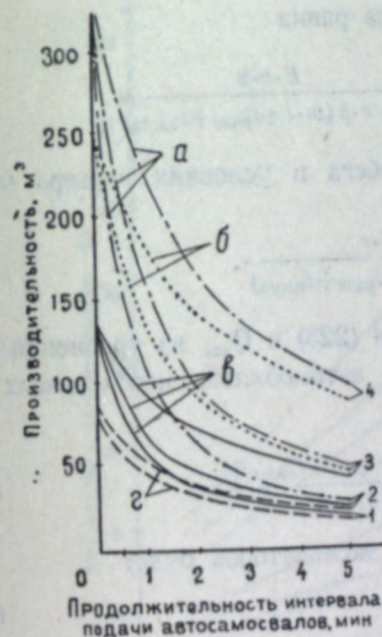


Рис. 64. Влияние продолжительности интервала подачи автосамосвалов на часовую производительность экскаватора (прямая лопата).

Экскаваторы: а — Э-2001; б — Э-2001; в — Э-1001; г — Э-505; автосамосвалы: 1 — ЗИЛ-585; 2 — МАЗ-205; 3 — ЯАЗ-210Е; 4 — МАЗ-525.

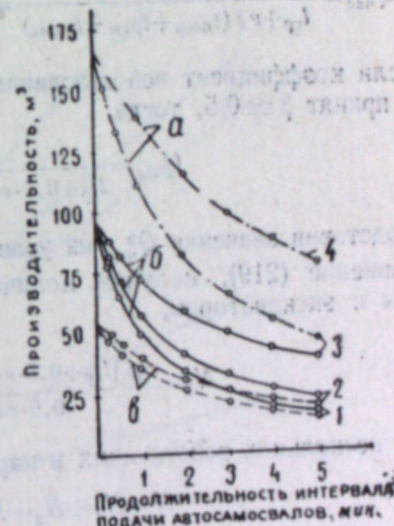


Рис. 65. Влияние продолжительности интервала подачи автосамосвалов на часовую производительность экскаватора (драглайн).

Экскаваторы: а — Э-2001; б — Э-1004; в — Э-1005; автосамосвалы: 1 — ЗИЛ-585; 2 — МАЗ-205; 3 — ЯАЗ-210Е; 4 — МАЗ-525.

где q_0 — фактический объем породы в ковше, м^3 ;

t — продолжительность одного цикла работы экскаватора, час.

Уравнение (220) после преобразования и замены значения $Q_{\text{т}}^{\text{экс}}$ принимает вид

$$Q_{\text{час}}^{\text{экс}} = \frac{q_0 \cdot E}{Et + q_0 \cdot t_0}. \quad (223)$$

Влияние интервала подачи автомобилей под погрузку (t_0) для экскаваторов типа прямая лопата и драглайн графически показано на рис. 64 и 65.

Согласно этим графикам, производительность экскаватора резко падает с увеличением интервала подачи автомобилей под погрузку.

Время простоя автомобиля под погрузочно-разгрузочными операциями

$$t_{пр} = t_{погр} + t_{разг} + t_{ожид}$$

Время, затрачиваемое на погрузку $t_{погр}$, зависит от продолжительности цикла работы экскаватора и числа загружаемых в автомобиль ковшей грунта

$$t_{погр} = \frac{E}{q_0} t. \quad (224)$$

Отношение $\frac{E}{q_0}$ должно быть всегда целым числом. Приравняв его m , можем уравнять (224) написать в следующем виде:

$$t_{погр} = m \cdot t. \quad (225)$$

Часовая производительность самосвала равна

$$Q_{час} = \frac{E \cdot v \cdot \beta}{l_{гр} + v \cdot \beta (t_{погр} + t_{разг} + t_{ожид})} = \frac{E \cdot v \cdot \beta}{l_{гр} + v \cdot \beta (m \cdot t + t_{разг} + t_{ожид})}. \quad (226)$$

Если коэффициент использования пробега в условиях карьера может быть принят $\beta \approx 0,5$, тогда

$$Q_{час} = \frac{0,5 E \cdot v}{l_{гр} + 0,5 \cdot v (m \cdot t + t_{разг} + t_{ожид})}. \quad (227)$$

Подставив значения $Q_{час}$ из уравнения (223) и $Q_{час}$ из уравнения (227) в уравнение (219), получим количество автомобилей, необходимых для работы с экскаватором,

$$N_1 = \frac{q_0 [l_{гр} + 0,5 \cdot v (m \cdot t + t_{разг} + t_{ожид})]}{0,5 \cdot v (E \cdot t + q_0 \cdot t_0)}, \quad (228)$$

а для нескольких работающих в карьере экскаваторов будет

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n. \quad (229)$$

Потребное количество автосамосвалов, определенное по данному уравнению для конкретных производственных условий (мягкие породы, угол поворота стрелы экскаватора до 135° , средние расчетные скорости движения), изображено на графике (рис. 66).

Определение потребного числа автосамосвалов для обеспечения заданной производительности карьера может быть сделано следующим образом. Суточная производительность автосамосвала

$$Q_{сут} = n \cdot Q_n \cdot \gamma \cdot m, \quad (230)$$

где n — число рейсов одного автомобиля в сутки;

γ — коэффициент использования грузоподъемности автомобиля.

В том случае, когда число рейсов неизвестно,

$$Q_{сут} = \frac{24 \cdot \rho \cdot Q_n \cdot \gamma \cdot \beta \cdot v}{l_{гр} + v \cdot \beta \cdot T_{пр}}, \quad (231)$$

где ρ — коэффициент использования автомобиля во времени.

Коэффициент использования автомобиля во времени ρ равен отношению периода полезной работы автомобиля ко времени суток

$$\rho = \frac{T_p}{24}. \quad (232)$$

В свою очередь

$$T_p = T - t_{доп}, \quad (233)$$

где T — полное время работы автомобиля в сутки, час;

$t_{доп}$ — дополнительные работы, выполняемые автомобилем, составляющие от 7 до 11% рабочего времени, в том числе:

а) нахождение под заправкой, пробег к месту погрузки из гаража и обратно — 5—8% рабочего времени;

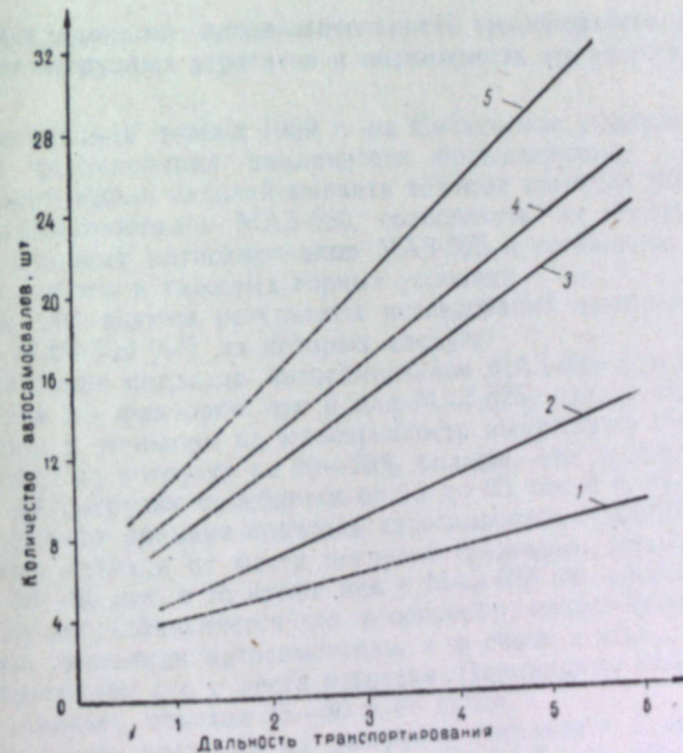


Рис. 66. Потребное количество автосамосвалов при работе с экскаватором:

1 — экскаватор ЭКГ-4 с автосамосвалом МАЗ-530; 2 — ЭКГ-4 с МАЗ-525; 3 — Э-505 с ЗИЛ-585; 4 — Э-1003 с МАЗ-205; 5 — СЭ-3 с ЯАЗ-222.

б) самообслуживание, подвоз горючего и эксплуатационных материалов и другие холостые пробеги — 2—3% рабочего времени.

Рабочее количество автомобилей в сутки

$$N_p = \frac{k G_{сут}}{Q_{сут}}, \quad (234)$$

где $G_{сут}$ — суточная производительность карьера, m ;

k — коэффициент, учитывающий неравномерность погрузки.

Полученное количество ходовых рабочих автомобилей должно быть

не менее количества, потребного для обеспечения работающих в карьере экскаваторов

$N_p \geq N,$ (235)
определенных ранее для каждого из экскаваторов в отдельности.

Списочное количество автомобилей в карьере после этого определяется так

$$N_{сп} = \frac{N_p}{\sigma_t}, \quad (236)$$

где σ_t — коэффициент технической готовности парка.

ГЛАВА IX

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

1. Исследование продолжительности транспортного цикла большегрузных агрегатов и возможность его уплотнения

В летне-осенний период 1959 г. на Сибавском руднике нами были проведены исследования цикличности большегрузных автомобилей. Исследования имели задачей выявить ходовые качества новых большегрузных автосамосвалов МАЗ-530, сопоставить их эксплуатационные данные с данными автосамосвалов МАЗ-525 и установить их пригодность для работы в тяжелых горных условиях.

В табл. 104 даются результаты исследований цикличности автосамосвалов МАЗ-530 [47], из которых следует:

1. Расстояние подъезда автосамосвалов МАЗ-530 под погрузку зависит от тех же факторов, что и для МАЗ-525, однако большие габариты машин и меньшая их маневренность вынуждают иметь расстояния подъезда на погрузку на 20—25% больше, чем у МАЗ-525. Время подъезда на погрузку колеблется от 15 до 63 сек и в среднем незначительно больше времени подъезда автосамосвала МАЗ-525.

2. Время отъезда от места погрузки груженого автосамосвала составляет 30—35 сек, в то время как у МАЗ-525 оно составляет в среднем 20—25 сек. Объясняется это, в основном, недостаточной удельной мощностью двигателя автосамосвала, а в связи с этим, более замедленным троганием его с места погрузки. Нормальную скорость автосамосвал развивает, отъехав 25—30 м от забоя.

3. Расстояние подъезда на разгрузку составляет в среднем 30 м, это занимает 25 сек так же, как и для МАЗ-525, что объясняется тем, что на отвале маневры не ограничиваются размерами площадок, как это имеет место в забоях.

Время разгрузки (время подъема и время опускания кузова) составляет в среднем 66—68 сек, что на 48% более, чем при МАЗ-525. При этом характерно, что увеличение времени разгрузки приходится, в основном, на более длительный подъем кузова — в среднем 45 сек (при МАЗ-525—25 сек).

4. Технические скорости груженого автомобиля изменяются от 6 до 16 км/час, составляя в среднем около 11 км/час, в то время как у МАЗ-525 средняя техническая скорость была 13 км/час. Наоборот, скорость порожнего хода МАЗ-530 превышает этот же показатель МАЗ-525 и колеблется от 18 до 32 км/час, в среднем 26 км/час — (у МАЗ-525 21 км/час). Значительное превышение скоростей порожнего

Показатели цикличности автосамосвалов МАЗ-530, по данным исследований на Сибавском руднике в 1959 г.

Таблица 104

Наименование показателей и элементов цикла	Экскаватор СЭ-3 с 3 м ³ ковшом						Экскаватор ЭКГ-4 с 4 м ³ ковшом					
	установка под погрузку с тупиковым подъездом			установка сбоку с петлевым подъездом			установка сбоку с петлевым подъездом			установка сбоку с тупиковым подъездом		
	руда			скальная порода			скальная порода			скальная порода		
	миним.	максим.	среди.	миним.	максим.	среди.	миним.	максим.	среди.	миним.	максим.	среди.
Время подъезда автосамосвала под погрузку, сек	35	—	53	15	22	18	15	25	20	18	37	27
Расстояние подъезда, м	—	—	58,0	—	—	33,0	—	—	40,0	—	—	35
Количество погруженных в автосамосвал ковшей	4	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6
Полное время погрузки автосамосвала, сек	125	210	158	240	251	244	150	275	204	185	300	242
Время погрузки одного ковша (в среднем), сек	31	52	40	41	42	41	25	46	33	31	50	41
Время отъезда автосамосвала от места погрузки, сек	—	—	20	56	60	32	20	27	23	—	—	55
Время движения с грузом, сек	994	1120	1057	650	1000	785	570	655	582	860	1120	990
Расстояние груженого хода автосамосвала, м	4400	4400	4400	2600	2600	2600	1600	1600	1600	2600	2600	2600
Время подъезда на разгрузку, сек	20	37	29	20	25	22	17	39	28	—	—	22
Расстояние подъезда на разгрузку, включая маневры, м	22	35	28	—	—	30	20	23	24	—	—	20
Время подъема кузова, сек	50	52	51	35	55	42	44	65	55	—	45	42
Время опускания кузова, сек	18	36	27	20	25	21	15	25	20	18	20	19
Полное время разгрузки, сек	68	86	75	55	65	60	64	95	80	64	65	64
Время движения в порожнем состоянии, сек	557	855	670	310	415	373	180	240	203	280	350	315
Расстояние порожнего хода, м	4400	4400	4400	2600	2600	2600	1600	1600	1600	2600	2600	2600
Техническая скорость груженого хода, км/час	16,0	14,1	15,0	14,4	9,35	11,9	10,1	8,8	9,7	7,9	6,0	6,8
Техническая скорость порожнего хода, км/час	28,4	18,5	23,0	30,2	22,5	25,0	32,0	24,0	28,3	24,1	19,3	21,5
Полное время цикла автосамосвала, сек	1801	2373	2062	1306	1838	1534	1016	1356	1186	1407	1872	1640
Эксплуатационная (рейсовая) скорость, км/час	13,4	17,6	15,4	10,2	14,4	12,2	8,5	11,3	9,7	10,0	13,3	11,4

Таблица 105

Сравнительные показатели цикличности автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 (по данным исследований на Сибавском руднике в 1959 г. в идентичных горнотехнических условиях при погрузке скальной породы экскаватором ЭКГ-4)

Наименование показателей и элементов цикла автосамосвалов	МАЗ-525	МАЗ-530	МАЗ-530	МАЗ-530
			МАЗ-525 (на самосвал), %	МАЗ-525 на 1 т грузоподъемности автосамосвала, %
Время подъезда к месту погрузки, сек	15	20	133,3	83,3
Время погрузки, сек	110	189	171,8	107,4
Количество ковшей, погружаемых в автосамосвал	4	6	150,0	93,7
Время отъезда от места погрузки, сек	20	31	155,0	86,8
Расстояние транспортирования, м	1200	1200	—	—
Время груженого хода, сек	710	785	110,5	69,6
Время движения по уклону, сек	20	20	100,0	62,5
Время маневров на отвале, сек	480	525	109,4	68,4
Время разгрузки, сек	45	65	144,4	90,2
Время порожнего хода, сек	460	300	65,1	40,6
Время спуска по уклону, сек	360	200	55,6	34,7
Время ожидания погрузки, сек	40	40	100,0	62,5
Общее время нахождения в движении, сек	1225	1156	94,4	59,0
Общая продолжительность, сек	1420	1450	102,1	63,8

автомобиля над скоростями груженого объясняется наличием у автосамосвала МАЗ-530 гидродинамической трансмиссии, обеспечивающей достаточную безопасность движения автосамосвала под уклон, а также большим совершенством тормозной системы автомобиля.

Соотношение между техническими скоростями груженого и порожнего хода автосамосвалов МАЗ-530 составляет примерно 1:2 (у МАЗ-525 1:1,6).

Средней скорости эксплуатационные скорости изменяются от 9,7 до 17,6 км/час и составляют в среднем 12 км/час, т. е. являются примерно равновеликими со средними эксплуатационными скоростями автосамосвалов МАЗ-525.

Таким образом, в укрупненных расчетах вполне возможно принимать средние эксплуатационные скорости одинаковыми как для МАЗ-530, так и для МАЗ-525. В табл. 105 приведен ряд показателей цикличности автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530; исследования проводились в идентичных условиях при погрузке экскаватором ЭКГ-4.

В результате можно установить следующее:

1. Время нахождения автосамосвалов МАЗ-530 в движении меньше, чем МАЗ-525 на 6%, за счет значительно больших значений скоростей порожнего хода (на 35%) по сравнению со снижением скоростей груженого хода (на 10%).

2. Скорость движения автосамосвалов МАЗ-530 на маневрах в забоях и на отвалах несколько ниже, чем у МАЗ-525, что объясняется большими габаритами МАЗ-530, трехосностью автомобиля и ограниченными площадями для маневров в забоях.

3. На небольших уклонах (до 4%) автосамосвалы МАЗ-530 развивают скорость до 35 км/час против 25 км/час на этих же участках у автосамосвалов МАЗ-525.

4. Скорость движения порожних автосамосвалов МАЗ-530 на горизонтальных участках достигает 40—42 км/час, в то время как автосамосвалы МАЗ-525 имеют скорость 25—26 км/час.

5. При спусках скорости движения автосамосвалов МАЗ-530 могут превышать в 1,5—1,6 раза скорости автосамосвалов МАЗ-525.

6. На значительных уклонах, подъемах (до 10—12 %) автосамосвалы МАЗ-530 имеют скорость движения ниже, чем МАЗ-525, вследствие меньшей удельной мощности двигателя у этих автосамосвалов.

7. Наилучшие показатели времени груженого и порожнего хода автосамосвалов МАЗ-530 дают на трассах со смягченным профилем и при значительных плечах откатки, когда соотношение горизонтальных участков и уклонов более 1,5÷2.

8. В условиях Сибавского карьера наилучшие показатели времени движения и времени цикла были получены при расстоянии откатки 3,5—4 км, из которых 2,5—3 км на горизонтальных участках.

9. Наличие тяжелых, а также особенно быстро изменяющихся по знаку уклонов, приводит к значительной потере скоростей движения автосамосвалов МАЗ-530, удлинению времени цикла и снижению производительности.

10. Мощность двигателя автосамосвала МАЗ-530 не обеспечивает возможности использования автосамосвалов на полную грузоподъемность при уклонах более 7—8 %, поэтому фактическая грузоподъемность автосамосвала в этих случаях составляет не более 38 т.

11. Общая продолжительность цикла в карьерах с оптимальными уклонами по времени незначительно разнится и практически может приниматься одинаковой как для автосамосвалов МАЗ-530, так и МАЗ-525 (расстояния 1,5—2 км).

12. Дальнейшее снижение времени цикла у автосамосвалов МАЗ-530 возможно за счет уплотнения времени погрузки. При достаточном расширении забойных площадок и приобретении опыта погрузки время может быть снижено минимум на 25—30 %.

Если полученные показатели привести к 1 т грузоподъемности автосамосвалов, то можно установить следующее:

1. Все показатели цикличности, пересчитанные на 1 т грузоподъемности, за исключением времени погрузки — лучше у автосамосвалов МАЗ-530.

2. Общее время нахождения в движении, приходящееся на 1 т грузоподъемности, у автосамосвалов МАЗ-530 составляет только 59 % времени нахождения в движении МАЗ-525.

3. Общая продолжительность цикла, приходящаяся на 1 т грузоподъемности, у автосамосвалов МАЗ-530 на 35 % меньше, чем у МАЗ-525.

Поэтому можно считать, что и производительность автосамосвалов МАЗ-530, по сравнению с МАЗ-525, может быть примерно на 30 % выше. При этих условиях стоимость перевозок на автосамосвалах МАЗ-530, как показывают наши расчеты, будет на 10—12 % ниже, чем на автосамосвалах МАЗ-525 (табл. 106).

Для уплотнения времени цикла большегрузных автосамосвалов, как показывают исследования, необходимо:

1. Применять рациональное расположение и устройство подъездов в забоях и на отвалах и достаточных размеров площадки, что позволяет уплотнить по времени маневровые операции и время погрузочно-разгрузочных операций.

2. Достигнуть соответствия емкости кузова кратному числу погруженных полных ковшей и не допускать неполных черпаний.

3. Использовать время установки автосамосвала у экскаватора для наполнения экскаватором первого ковша и поворота его в сторону разгрузки.

4. Осуществлять погрузку автосамосвалов, равномерно распределяя груз по поверхности кузова, что позволяет ускорить разгрузку на отвале и в приемные устройства.

Таблица 106

Расходы при транспортировании автосамосвалами
МАЗ-525 и МАЗ-530 на Сибавском руднике,
коп/т (1959 г.)

Показатели	МАЗ-525	МАЗ-530
Стоимость дизельного топлива	0,53	0,51
Стоимость автомобильных шин	1,35	1,39
Стоимость смазочных	0,047	0,053
Стоимость ремонта	0,093	0,093
Амортизация	1,42	1,06
	4,27	3,95

5. Обеспечить контроль за состоянием, планировкой и очисткой дорог, подъездов в забоях и на отвалах, что позволяет осуществлять движение на больших скоростях.

6. Использовать наибольшие, допускаемые по условиям безопасности, скорости движения на главных дорогах, съездах, особенно в случаях однопольного движения машин.

2. Анализ использования автосамосвалов во времени и возможные пути улучшения их использования

Показателями состояния и использования автомобилей на карьерах являются коэффициент технической готовности и коэффициент использования [22, 27].

Коэффициент технической готовности σ_t равен:

$$\sigma_t = \frac{N_p}{N_{сп}}, \quad (237)$$

где $N_{сп}$ — списочное число автосамосвалов на карьере;

N_p — число технически исправных и годных к работе автомобилей.

Коэффициент технической готовности на карьерах колеблется в широких пределах, обыкновенно от 0,70 до 0,90; редко (при новом оборудовании) он достигает 0,95 (рис. 67).

Зависит он от: а) организации автохозяйств в карьере, а также от качества ремонта и обслуживания автомобилей, б) срока службы автомобилей и их пробега с начала эксплуатации, в) обеспеченности предприятий эксплуатационными материалами, запасными частями. Коэффициент технической готовности снижается в весенне-осенние периоды года, при плохом состоянии дорог.

Использование автомобилей в карьерах в течение года рассмотрим, введя показатели использования в сутках, сменах и часах.

Коэффициент использования в сутках (днях) выражается как:

$$\sigma = \frac{n'_{\text{дн}}}{n_{\text{дн}}}, \quad (238)$$

где $n'_{\text{дн}}$ — количество машино-дней нахождения автомобилей в хозяйстве;
 $n_{\text{дн}}$ — количество машино-дней работы автомобилей за тот же промежуток времени*

Величина этого коэффициента колеблется и составляет:

а) для карьеров, где использование автомобильного парка отвечает основным правилам технической эксплуатации (Сибавский, Сорский, Балаклавский, Жирновский и др.), — 0,70—0,85;

б) для карьеров, где не соблюдаются основные правила технической эксплуатации, при плохом состоянии дорог, неудовлетворительном

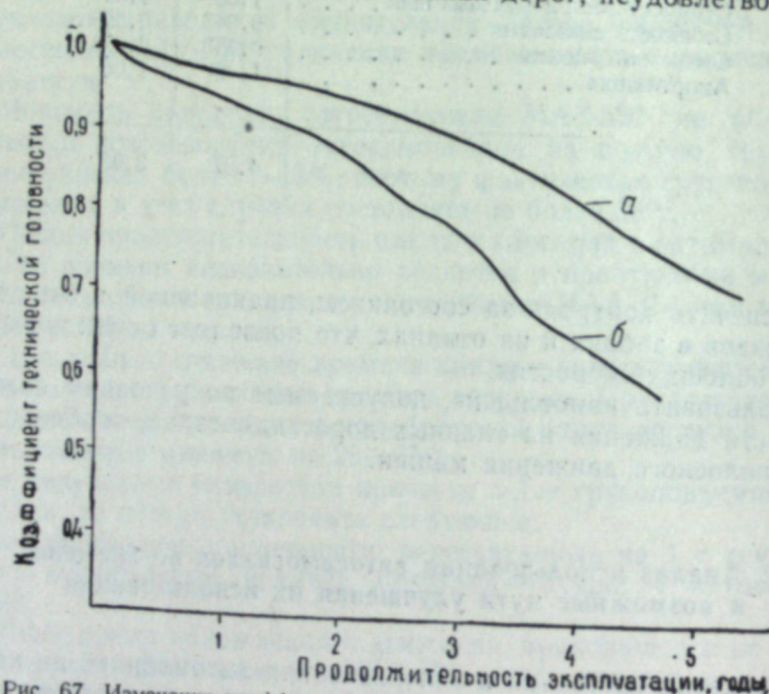


Рис. 67. Изменение коэффициента технической готовности автомобильного парка в зависимости от срока эксплуатации автосамосвалов:
а — нормально организованное автохозяйство (Сибавский карьер); б — плохо организованное автохозяйство (Соколовский карьер, по данным на 1959 г.).

обслуживании и ремонте и ненормальном материальном снабжении (Кабановский, Ново-Киевский, Соколовский, Кальмакирский и др.) — 0,60—0,40 и ниже.

Коэффициент использования автомобиля в сутках в значительной степени характеризуется состоянием парка, т. е. коэффициентом технической готовности. Однако, кроме того, на него существенное влияние оказывают: а) климатические условия района, б) состояние автомобильных дорог, в) укомплектованность составом водителей, г) наличие погрузочного и разгрузочного фронта и их состояние, д) общая организация работ в карьере.

Коэффициент использования в сутках (днях) на карьерах ниже в первой половине года, когда на эксплуатации автомобилей в большей степени сказывается влияние низких температур, снежных заносов

* Более подробно эти вопросы рассмотрены в нашем отчете «Исследование автомобильного транспорта на базе рудных карьеров Урала», Фонды ГГИ УФАИ СССР, 1958—1960 гг.

и весенней распутицы. Кроме этого, как правило, ухудшение использования наблюдается по мере увеличения срока пребывания автомобилей в хозяйстве и количественного роста парка. Последнее объясняется сложностью ремонта и обслуживания большого числа автомобилей и ослаблением внимания к уходу за каждой машиной.

Коэффициент использования в сутках не характеризует полноту использования автосамосвалов на протяжении дня. Для этого нами вводится коэффициент использования автомобиля в сменах.

$$\sigma_1 = \frac{n'_{\text{см}}}{n_{\text{см}}}, \quad (239)$$

где $n'_{\text{см}}$ — количество машино-смен работы автомобилей за определенный промежуток времени;

$n_{\text{см}}$ — количество машино-смен нахождения автомобилей в хозяйстве.

Коэффициент использования автомобилей в сменах ниже, чем коэффициент использования в сутках.

Чем больше разрыв в величинах коэффициентов использования автомобилей, тем, следовательно, меньшее количество смен работают в течение суток автомобили.

Большой разрыв в величинах этих коэффициентов свидетельствует о высоком проценте автомобилей, работающих односменно и двухсменно.

Еще меньшие значения имеет коэффициент использования в часах.

$$\sigma_2 = \frac{n'_{\text{час}}}{n_{\text{час}}}, \quad (240)$$

где $n'_{\text{час}}$ — количество машино-часов работы автомобилей за определенный промежуток времени;

$n_{\text{час}}$ — количество машино-часов нахождения автомобиля в хозяйстве.

На величину коэффициента использования автомобилей в часах по сравнению с коэффициентом использования в сменах влияет:

а) поздний выезд на работу и преждевременное возвращение автомобилей с работы; б) поломки и неисправности, вызывающие в рабочее время заезды в гараж или профилакторий для выполнения аварийного ремонта; в) отъезд с линии на время сменных перерывов, для выполнения подсобных работ и т. д.; г) заправка, оформление документов и другие задержки.

Сопоставление значений коэффициентов использования автомобилей во времени (в сутках, сменах, часах) наглядно представлено в табл. 107 и на графике (рис. 68).

Таблица 107

Коэффициенты использования автосамосвалов МАЗ-525 на Сибавском карьере

Показатели	1954 г.	1955 г.	1956 г.	1957 г.
Коэффициент использования в сутках (днях)	0,58	0,72	0,78	0,64
Коэффициент использования в сменах	0,30	0,38	0,41	0,40
Коэффициент использования в часах	0,20	0,26	0,28	0,29
Использование времени смены в наряде, %	67	68	68	71

Время пребывания автомобилей в наряде часто обозначается так же, как продолжительность рабочего дня, — в часах (включая полезную работу при погрузочно-разгрузочных операциях и движение). Продолжительность рабочего дня различна и зависит от числа рабочих смен в сутки. При двухсменной работе автомобилей она достигает 12,5—13,5 час и при трехсменной работе 18—20 час в сутки.

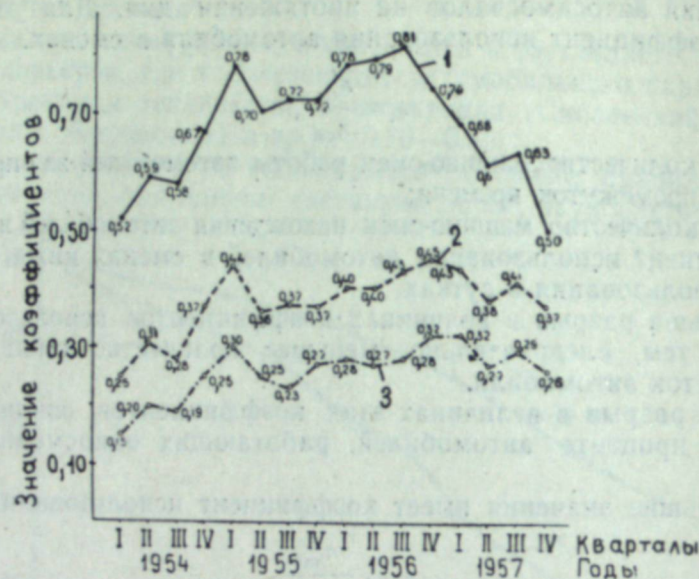


Рис. 68. Изменение коэффициента использования автосамосвалов во времени (по данным Сибавеского карьера):
1 — в днях; 2 — в сменах; 3 — в часах.

Результативность использования автомобиля как транспортного агрегата в работе характеризуют показатели использования смены в движении

$$\sigma_{\partial} = \frac{k'}{k}, \quad (241)$$

где k — количество часов в смену;

k' — количество часов в смену, в течение которых автомобиль находится в движении.

Величина этого коэффициента для различных карьеров изменяется от 0,60 до 0,80, составляя в среднем около 0,70.

Для изучения фактического состояния использования автомобилей в течение смены нами были проведены многочисленные наблюдения за автосамосвалами МАЗ-525 и ЯАЗ-210Е на ряде уральских карьеров (Сибавеском, Блявинском, Учалинском, Соколовском и др.); средние показатели по отдельным автосамосвалам приведены в табл. 108.

Анализ этих данных показывает, что отдельные элементы работы и простоев автосамосвалов в карьере могут быть если не полностью устранены, то значительно сокращены во времени.

Устранить можно ожидание погрузки автосамосвалов у экскаватора, что является следствием: а) неправильного распределения автосамосвалов между работающими экскаваторами, б) неисправностей или передвижек экскаваторов, в) неподготовленности забоя или горной массы для погрузки, г) плохого состояния автомобильных подъездов у экскаваторов.

Также устраним ряд мелких непроизводительных операций.

Таблица 108

Использование рабочего времени автосамосвалами МАЗ-525 и ЯАЗ-210Е по данным Уральских рудников (средние показатели 1958 г.)

Показатель	МАЗ-525		МАЗ-525		ЯАЗ-210Е		ЯАЗ-210Е		ЯАЗ-210Е		ЯАЗ-210Е	
	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%	мин	%
Получение путевого листа	—	0,9	—	0,8	—	1,2	—	0,6	—	0,4	—	0,6
Движение из гаража в карьер	14	2,5	9	1,6	10	2,1	6	1,2	3	0,6	7	1,4
Получение маршрута в диспетчерской и отметка путежки в конце смены	46	8,3	53	9,4	10	2,1	3	0,6	9	1,7	20	3,7
Погрузка горной массы	323	58,6	343	60,8	332	68,3	10	2,1	30	5,6	369	72,4
Движение из карьера на отвал и обратно	12	2,2	12	2,1	11	2,3	357	74,5	10	1,8	14	2,7
Разгрузка горной массы	73	13,2	74	13,1	24	4,9	63	13,1	30	5,9	30	5,9
Ожидание погрузки	—	—	—	—	3	0,6	—	—	—	—	—	—
Прочие потери времени	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Долливка воды в радиатор и осмотр автомобиля	—	—	26	4,6	21	4,3	4	0,8	11	2,2	—	—
Движение из карьера до топливозаправочной	9	1,6	11	1,8	4	0,8	—	—	—	—	6	1,2
Ремонт автомобиля	41	7,4	3	0,5	60	12,4	—	—	—	—	33	6,5
Заправка дизельным топливом	23	4,2	23	4,1	—	—	—	—	—	—	10	2
Перерывы по вине водителя	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Движение от заправочной в гараж	6	1,1	7	1,2	—	—	2	0,4	5	0,9	—	—
Движение из карьера в гараж	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого	552	100	565	100	486	100	480	100	510	100	510	100
Сделано т.км	855	—	900	—	510	—	544	—	495	—	495	—

В результате может быть рекомендован следующий вытекающий из этого анализа примерный рациональный сменный режим работы автосамосвалов [40] (табл. 109).

Таблица 109

Возможный рациональный режим использования автосамосвала в течение смены

Операция	МАЗ-525		ЯАЗ-210Е	
	мин	%	мин	%
Заправка автосамосвалов дизельным топливом и смазочными материалами	25	5,2	15	3,1
Движение из гаража в карьер и обратно	12	2,5	10	2,1
Погрузка горной массы, движение на отвал, разгрузка и движение с отвала к экскаватору (расстояние транспортирования до 2—2,5 км)	400	83,4	420	87,5
Непредусмотренные перерывы по вине водителя	15	3,1	15	3,1
Осмотр автосамосвала в течение смены и сдача его сменщику . .	28	5,8	20	100
	480	100	480	100

Выполнение этого режима является вполне возможным при средних расстояниях откатки автомобилей 2—2,5 км и когда расстояние между карьером и гаражом не превышает 1,5—2 км.

Для улучшения использования автомобилей необходимо:

- соблюдение системы обслуживания и планово-предупредительных ремонтов автомобилей;
- оснащение карьеров открытыми, закрытыми стоянками, гаражами, профилакториями, авторемонтными мастерскими, заправочными пунктами с соответствующим оборудованием, обеспечивающими нормальные условия содержания автомобильного парка;
- бесперебойное снабжение карьеров запасными частями, техническими материалами, топливом, резиной для своевременного и качественного ремонта и эксплуатации автомобилей;
- устройство автомобильных дорог в карьерах с усовершенствованными дорожными покрытиями, организация дорожной службы по ремонту и уходу за дорогами для возможности движения автомобилей на установленных скоростях;
- укомплектование автохозяйств квалифицированными и постоянными кадрами водителей и ремонтного персонала;
- устранение ненормальностей эксплуатации автомобилей; обеспечение бесперебойной погрузки, наличие достаточного рабочего фронта в забоях и в пунктах разгрузки, необходимых объемов транспортируемого материала, хорошего освещения для работы в ночное время и т. д.;
- улучшение организации движения автомобилей в карьерах и устранение непроизводительных потерь времени на различные разъезды автомобилей.

Выполнение этих основных рекомендаций обеспечит эффективную эксплуатацию автомобильных парков карьеров, позволит иметь следующие показатели использования, которые, по нашему мнению, могут быть заложены в основу планирования автомобильных перевозок в карьерах:

- коэффициент использования автомобилей в сутках (машино-днях) 0,75—0,85
- коэффициент использования автомобилей в сменах 0,50—0,60
- коэффициент использования автомобилей в часах на работе в карьере 0,35—0,45
- продолжительность работы для автомобилей при трехсменной работе, час/сутки 18—20
- при двухсменной работе, час/сутки 12,5—13,5
- использование автомобиля на полезной работе в карьере, % ко времени всей смены 80—85
- использование смены в движении, % 65—75

Примечание. Колебания значений коэффициентов использования (пункты а, б, в) зависят от числа смен работы автомобиля в карьере.

3. Исследование режима эксплуатации большегрузных автосамосвалов в карьерах

На большинстве карьеров Советского Союза, применяющих автомобильный транспорт, за основу принят суточный режим работы автосамосвалов в три смены. К числу таких карьеров относятся Сибавский, Учалинский, Блявинский, Соколовский, Гороблагодатский и ряд других карьеров. Реже применяют на карьерах двухсменную работу автосамосвалов (Сорский карьер и отдельные случаи на других карьерах, имеющие вынужденный характер, например, вследствие недостатка водителей, отсутствия потребности использования всего парка автомобилей и т. д.). Исключительное явление представляет односменная работа автосамосвалов. В качестве примера может быть назван Балаклавский карьер.

В зарубежной практике односменная работа автомобилей на карьерах является довольно частым явлением. Так, в США многие карьеры, располагающие даже большегрузными дорогостоящими автосамосвалами, используют их лишь в одну смену. Однако пример США не является показательным, так как односменная работа обычно вызывается меняющимися конъюнктурными потребностями в стране на различные виды добываемого сырья, что вызывает периодическое сокращение числа рабочих смен в сутки. Односменному использованию специального типа автомобилей широко развитое в США производство специального типа автомобилей и сравнительно невысокая их стоимость. Работа автомобилей в одну смену безусловно имеет ряд положительных особенностей, о чем свидетельствует опыт Балаклавского карьера [89]. При односменной работе закрепление автосамосвала за одним водителем повышает ответственность за сохранность машины, что в известной степени также стимулируется построенной соответственно заработной платой. При односменной работе, таким образом, полностью устраняется обезличивание. Большие ремонты автосамосвалов (средний, капитальный), как правило, выполняются за время пребывания закрепленного за машиной шофера в отпуске. Текущие ремонты и обслуживание автосамосвалов производятся в одну из нерабочих смен в течение суток.

Показатели работы автомобильного парка на Балаклавском карьере являются наиболее высокими в Советском Союзе. Ниже приводятся данные по автосамосвалам ЯАЗ-210Е за 1958 г.:

Коэффициент технической готовности парка	0,92
Коэффициент использования парка	0,65
Производительность одного списочного автосамосвала в год, тыс. т	135
Количество отработанных смен на один автосамосвал в год	238
Себестоимость 1 т.км, коп.	7,1

Срок службы автосамосвалов по пробегу достигает 280—290 тыс. км, пробег авторезины составляет 45 тыс. км.

Хорошее состояние и надежность автомобильного парка обеспечивает устойчивую и ритмичную работу предприятия. Однако, несмотря на положительные особенности односменного использования автосамосвалов, оно не может быть повсеместно рекомендовано из-за недостатка на карьерах большегрузных автосамосвалов и отсутствия закрытых стоянок и профилакториев для хранения и ремонта машин. Кроме того, односменный режим эксплуатации автомобилей создает необходимость больших первоначальных капиталовложений для приобретения еще весьма дорогих большегрузных автосамосвалов и постройки подсобных помещений. Поэтому на большинстве предприятий в настоящее время вынуждены применять двухсменную и трехсменную работу. Решить, какая из них в определенных условиях является наиболее целесообразной, зачастую бывает не так просто.

С этой целью под нашим руководством сотрудниками лаборатории открытых горных работ ГГИ УФАН СССР совместно с инженерно-техническими работниками Башкирского медресного комбината в течение 1957—1959 гг. проводилось исследование суточного режима работы большегрузного автотранспорта [52]. Для этого в 1957 г. на Сибавском карьере была организована круглогодичная работа автосамосвалов МАЗ-525 в две и три смены, по 10 автомобилей в каждой, а в 1958—1959 гг. были проведены более детальные наблюдения за отдельными автосамосвалами, имеющими одинаковую степень изношенности и работающими также в две и три смены. Суточный график эксплуатации самосвалов был построен исходя из 8-часового рабочего дня. При трехсменном режиме эксплуатации автосамосвалы (гаражные № 44 и 66) выезжали на линию в 8 час утра и работали в карьере до 15 час, после чего следовали на заправочный пункт, на осмотр и приемку-сдачу. Эти операции повторялись в конце каждой смены. Техническое обслуживание № 1 и № 2 проводилось в отведенные для этого рабочие смены (обычно в течение первой или второй). При двухсменном режиме работы автосамосвалы (гаражные № 74 и 75) работали в карьере только вторую и третью смены, а в дневную смену проходили техническое обслуживание № 1 и 2, а также необходимые текущие ремонты. Заправка дизельным топливом и смазочными материалами осуществлялась перед началом каждой смены, а ежедневное обслуживание — в конце ее. Результаты наблюдений за группой автосамосвалов, проведенных в 1957—1959 гг., и за отдельными машинами в 1958 г. приведены в табл. 110 и 111.

Анализ полученных данных позволяет судить об эффективности двухсменной и трехсменной работы автосамосвалов на Сибавском карьере. Как следует из таблиц:

1. Коэффициент использования автосамосвалов в машино-днях при двухсменной работе был несколько большим (0,76 против 0,74 при трехсменной работе). Коэффициент использования во времени в часах, хотя и был при двухсменной работе более низким, однако он снижался не на одну треть (как можно было ожидать при переходе с трех смен на две), а только на 13%.

Таблица 110

Технико-экономические показатели работы автосамосвалов МАЗ-525 на Сибавском карьере в зависимости от режима эксплуатации в две и три смены

Показатель	Режим эксплуатации автосамосвалов											
	1957 г.			1958 г.			1959 г.			Средние значения		
Коэффициент использования автосамосвалов:	1957 г.			1958 г.			1959 г.			Средние значения		
	двухсменный	трехсменный	отношение двухсменного к трехсменному, %	двухсменный	трехсменный	отношение двухсменного к трехсменному, %	двухсменный	трехсменный	отношение двухсменного к трехсменному, %	двухсменный	трехсменный	отношение двухсменного к трехсменному, %
а) в машино-днях	0,69	0,81	85,0	0,78	0,68	115,0	0,82	0,68	115,0	0,76	0,74	103,6
б) в часах	0,42	0,61	67,6	0,50	0,57	88,0	0,42	0,61	67,6	0,50	0,57	88,0
Продолжительность нахождения автомашин в работе в течение:												
а) суток, час	14,5	18,2	80,0	14,3	16,5	86,7	13,2	14,0	94,3	14,0	16,2	87,0
б) смены, час	7,2	6,1	119,3	7,1	5,5	129,0	6,6	4,6	143,5	7,0	5,4	130,6
Производительность автосамосвала:												
а) в тыс. т:												
среднемесячная	17,0	21,15	80,5	16,54	15,48	107,0	15,12	16,64	91,0	16,20	17,2	94,3
среднесуточная	0,81	1,0	81,6	0,71	0,75	95,0	0,62	0,74	84,6	0,72	0,83	86,5
среднесменная	0,41	0,33	122,0	0,36	0,25	141,0	0,31	0,25	127,0	0,36	0,28	130,0
б) в тыс. т.км:												
среднемесячная	37,6	55,0	67,2	39,3	35,0	112,3	29,7	31,6	94,0	35,3	40,5	87,2
среднесуточная	1,78	2,24	79,4	1,69	1,7	99,5	1,21	1,4	86,5	1,56	1,78	87,8
среднесменная	0,89	0,75	119,0	0,84	0,57	149,4	0,60	0,47	130,0	0,78	0,59	131,3
Пробег автосамосвала, тыс. км												
среднемесячный	3,13	4,58	68,2	3,51	3,09	113,5	28,23	28,66	98,4	31,1	3,51	88,7
среднесуточный	0,15	0,87	80,3	0,15	0,15	100,0	1,21	1,4	86,5	1,38	1,55	89,4
среднесменный	0,075	0,062	120,5	0,075	0,05	150,0	0,058	0,043	135,0	0,069	0,052	135,0

Таблица 111

Показатели работы автосамосвалов МАЗ-525 (за 1958 г.) на Сибавском карьере

Показатель	Режим эксплуатации автосамосвалов						Отношение средних значений при двухсменной работе к трехсменной, %
	3 смены			2 смены			
	гаражный номер автосамосвала	средние значения	гаражный номер автосамосвала	средние значения	гаражный номер автосамосвала	средние значения	
Продолжительность в работе автосамосвала в течение:							
суток, час	14,8	15,8	15,3	15,4	11,9	13,6	89,0
смены, час	4,9	5,3	5,1	7,7	6,0	6,6	130,0
Производительность автосамосвала							
а) тыс. т							
месячная	11,62	11,02	11,34	19,42	10,04	14,73	130,0
суточная (максим.)	1,22	1,15	1,19	1,18	1,08	1,12	94,6
суточная (миним.)	0,32	0,12	0,22	0,52	0,02	0,27	122,0
среднесуточная	0,68	0,69	0,68	0,84	0,53	0,69	100,2
среднесменная	0,23	0,23	0,23	0,42	0,26	0,34	150,0
б) тыс. ткм							
месячная	27,8	23,3	25,5	48,3	22,8	35,5	139,0
суточная (максим.)	3,03	2,78	2,9	2,8	2,22	2,53	87,3
суточная (миним.)	0,52	0,30	0,41	1,03	0,06	0,55	135,0
среднесуточная	1,63	1,45	1,54	2,10	1,20	1,65	107,2
среднесменная	0,54	0,48	0,51	1,05	0,60	0,82	160,7
Пробег:							
общий за месяц	2451	2116	2284	4742	2005	3374	148,0
суточный (максим.)	249	208	228,5	230	195	215,5	95,0
суточный (миним.)	56	28	42	87	10	48,5	115,4
среднесуточный	144	132	138	205	105	155	112,2
среднесменный	—	—	—	—	—	—	—

2. Продолжительность нахождения автосамосвалов в работе в течение суток при двухсменной работе составила 13,5—14 час, а при трехсменной 15,5—16 час, т. е. немногим больше. В течение каждой из смен «двухсменные» автосамосвалы имели по времени продолжительность пребывания на работе на 30% больше, чем «трехсменные».

3. Среднемесячные и среднесуточные показатели производительности и пробега, хотя и в большинстве случаев являются меньшими при двухсменном режиме, чем при трехсменном, но при пересчете на одну смену для первого режима они будут больше на 12—15%.

4. В том случае, когда опытные автомобили (табл. 111) проходили положенные по графикам технические обслуживания и уход в точно установленное время и в необходимом объеме, среднемесячные и среднесуточные показатели при двухсменной работе были значительно большими, чем при трехсменной.

5. Среднесменные показатели производительности при двухсменной работе составляли 340—360 т и 780—820 ткм соответственно против 230—280 т и 520—600 ткм при трехсменной работе. Отношение средних значений показателей при двухсменной работе к трехсменной колебалось от 130 до 160%.

6. Среднесменные показатели пробега при двухсменной работе были на 35—65% выше, чем при трехсменной работе и достигали 77 км в смену против 51 км при трех рабочих сменах.

По данным наблюдений за отдельными автосамосвалами в 1958 г. было установлено, что время их простоев составляло 43—47% от общего времени работы автосамосвалов в месяц для «трехсменных» машин и 35% для «двухсменных». Простои автомобилей при трехсменном режиме были на 30% большими, чем при двухсменном (с учетом плановых простоев в текущем ремонте и технических обслуживаниях) (табл. 112).

Таблица 112

Простои автосамосвалов МАЗ-525 в зависимости от режима работы за февраль 1958 г. на Сибавском карьере

Простой, час	Режим эксплуатации автосамосвалов в сутки,			
	3 смены		2 смены	
	гаражный номер автосамосвалов			
	64	66	74	75
Технические неисправности и поломки	258	235	нет	191
Текущий ремонт	106,5	108	—	66
Техническое обслуживание № 1 и № 2	24,0	24	16,5	16,5
Итого	373,5	376,0	16,5	273,5

Опыт эксплуатации Сорского карьера показывает, что после перехода большегрузного автомобильного транспорта на двухсменную работу с прерывной рабочей неделей количество простоев машин резко сократилось (с 2833 до 432 час в год), т. е. в 6 раз, а себестоимость 1 м³ вскрышных пород была снижена с 1,43 до 0,91 руб., т. е. на 44%.

Анализируя опыт эксплуатации автосамосвалов МАЗ-525 на Сибавском карьере, можно считать, что средний срок службы автосамосвалов при интенсивной трехсменной работе в среднем составляет 3,5 г., а при двухсменной может быть продлен до 5 лет и более.

На основании этого нами сделаны ориентировочные расчеты эффективности эксплуатации автотранспорта в две и три смены для карьеров производительностью 25—30 млн. т горной массы в год при использовании автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530. Общая сумма экономии только по двум основным статьям годовых расходов (на амортизацию и расходы по эксплуатации транспорта) превышает 100 тыс. руб. В расчетах, правда, не учитывались необходимые затраты на строительство закрытых стоянок и профилакториев, большие первоначальные затраты на оборудование и ряд других мелких статей расходов; однако, даже при этом нетрудно убедиться, что экономически целесообразнее все-таки двухсменный режим работы автомобилей.

Кроме установленных преимуществ, выражающихся в более высоких показателях производительности, пробега, экономичности транспорта, двухсменная работа автосамосвалов позволяет:

а) более эффективно организовать производство технических обслуживаний и текущих ремонтов, не прерывая ежесуточной работы автомобилей;

б) улучшить руководство и надзор за эксплуатацией и ремонтной службой;

в) повысить ответственность водителей за сохранность машины и пребыванием ее в рабочем состоянии;

г) увеличить срок службы автомобилей;

д) уменьшить расход эксплуатационных материалов и резины.

Несмотря на значительные достоинства двухсменной работы в сравнении с трехсменной, она имеет и существенные недостатки:

а) общая производительность автотранспорта карьера в течение года, месяца и суток при трехсменной работе на 12—15%, а иногда и больше, выше, чем при двухсменной работе;

б) автомобилей для выполнения заданного объема перевозок требуется при трехсменном режиме на 20—25% меньше, чем при двухсменном.

Поэтому, несмотря на большинство более высоких относительных показателей двухсменной работы в некоторых случаях, особенно при выполнении ответственных работ в короткие сроки и при ограниченных ресурсах оборудования, в карьерах приходится ориентироваться на трехсменную работу автомобилей.

Таким образом:

1. Там, где имеются соответствующие условия, целесообразно автомобили в карьерах использовать минимальное количество смен, вплоть до одной смены (опыт Балаклавского карьера и ряда американских карьеров).

2. Односменная работа может оказаться целесообразной в случае наличия достаточного количества автомобилей на предприятиях, при условии хорошей организации службы эксплуатации, при надлежащих гаражных и дорожных условиях.

3. При работе предприятия в три смены в отдельных случаях, как временное явление, для выполнения целевых работ и при отсутствии оборудованных закрытых стоянок и профилакториев, особенно в суровых климатических зимних условиях, может оказаться необходимой эксплуатация автосамосвалов в три смены.

4. Наиболее рациональной по основным технико-экономическим показателям и с организационной стороны является двухсменная работа автомобилей, обеспечивающая наряду с относительно более высокой производительностью, экономичностью и большой срок службы автомобилей.

5. Двухсменная работа автосамосвалов является более удобной и гибкой в эксплуатации и при трехсменной работе предприятий, если выезд каждого автомобиля на работу осуществляется по графику в различные смены.

6. Для большинства карьеров, эксплуатирующих автомобильный транспорт, двухсменная работа при пополнении парка станет наиболее приемлемой и эффективной.

Режим работы автомобилей в карьере в течение смены должен быть подчинен или сочетаться с режимом работы обслуживаемых ими экскаваторов, обогатительных фабрик, складов, средств внешнего транспорта и т. д. Режим работы в карьере и пребывания автомобилей в гараже может быть выражен в виде графика, в котором совмещены графики выпуска автомобилей на линию, работы на линии, возвращения в гараж, технического обслуживания и ремонта (рис. 69).

Для обеспечения ритмичности работы автомобильного транспорта и обслуживаемых им экскаваторов, обогатительных и складских комплексов, а также с целью повышения производительности, работа автомо-

билей в карьерах может быть рекомендована (рис. 70) по часовому графику [12].

Часовой график составляется на каждую смену или на определенный срок, в зависимости от объема и характера работ.

Выпуск автомобилей на линию может осуществляться одновременно и ступенчато. При большом количестве автосамосвалов, работающих

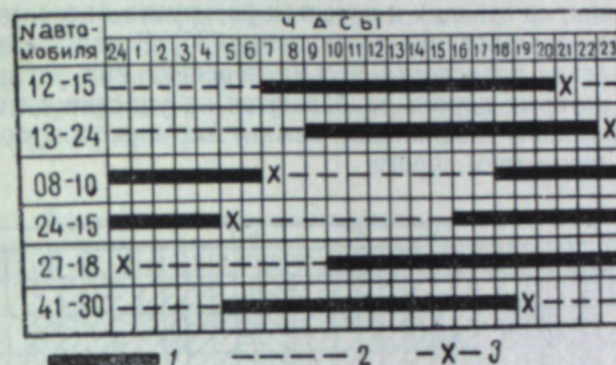


Рис. 69. Суточный график работы автосамосвалов в карьере:

1 — работа на линии; 2 — стоянка; 3 — техническое обслуживание.

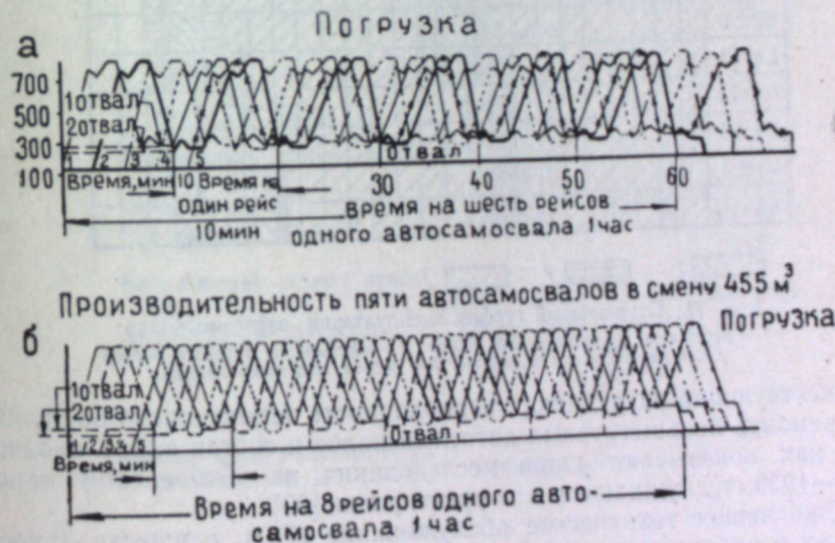


Рис. 70. Часовой график движения автосамосвалов при кольцевых и тупиковых подъездах:

а — тупиковый подъезд к экскаватору и на разгрузку; б — кольцевой подъезд у экскаватора и на отвале.

в карьере в смену, и ограниченных по размерам обслуживающих автопарк гаражей, мастерских оправдывает себя ступенчатый график выпуска, позволяющий повысить производительность экскаваторов на 20—30% и улучшить техническое обслуживание автомобилей (рис. 71). При достаточном обеспечении автосамосвалами работающих в карьерах экскаваторов, как показывают исследования, предпочтительна работа транспорта по закрытому циклу. Особенно целесообразна брига-

ная работа автомобилей, сгруппированных в колонны и закрепленных за определенным экскаватором. При ограниченном количестве автомобилей следует применять работу по открытому циклу без закрепления машин за экскаваторами.

Наиболее совершенным видом связи для руководства автотранспортом в карьере является двухсторонняя радиосвязь (в радиусе до 3—5 км). Для наблюдения за пунктами погрузки на контрольных точках по пути движения, на отвалах и в местах разгрузки автосамосвалов возможно широкое использование телевидения [35]. В направлении автоматизации управления транспорта весьма перспективна установка «автопилотов», при которых дороги разбиваются на участки для управления движением с помощью специальных замкнутых электропроводов, расположенных под покрытием дороги.

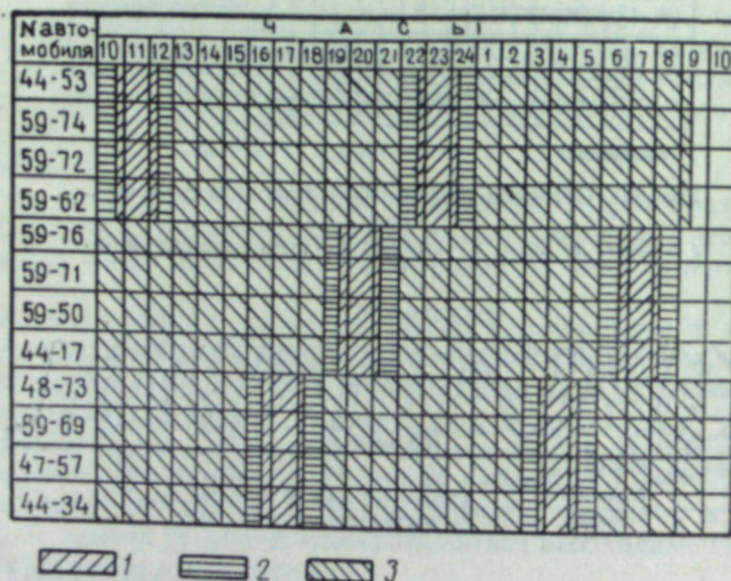


Рис. 71. Ступенчатый график эксплуатации автосамосвалов:
1 — пересмена и технический уход; 2 — оформление путевых листов и следование к месту работы; 3 — работа под экскаватором.

Существующая на рудниках периодичность технического обслуживания и ремонта большегрузных автосамосвалов и состав работ, входящих в них, как показывают наши исследования на Сибавском карьере в 1957—1959 гг., нуждаются в корректировке [39].

1. Ежедневное техническое обслуживание (ЕО), осуществляемое на рудниках в рабочее время в конце каждой смены, по своему характеру и объему работ в основном удовлетворяет существующим положениям, но нуждается в усиленном контроле за обеспечением всех положенных операций и качеством их выполнения.

2. Техническое обслуживание № 1 (ТО-1), в отличие от ранее принятой равномерной периодичности, следует проводить дифференцированно, в зависимости от времени года.

Выявленная неравномерность поломок и неисправностей автосамосвалов в течение года послужила основанием наметить различную периодичность обслуживаний для весенне-осеннего, летнего и зимнего периода года.

3. Техническое обслуживание № 2 (ТО-2) следует производить через 5000—6000 км пробега, независимо от сезона года, с включением некоторых дополнительных работ.

4. Практика подтверждает целесообразность совмещения технических обслуживаний № 1 (ТО-1) и № 2 (ТО-2) с соответствующими текущими (заявочными, аварийными) ремонтами.

5. Как показывают проведенные исследования, износ большинства деталей и узлов автосамосвала наступает в условиях карьеров после пробега 35—45 тыс. км, поэтому в целях своевременного выявления и замены изношенных деталей и узлов нами рекомендуется введение среднего ремонта автосамосвалов после пробега 45 тыс. км.

В результате выполненных исследований по режиму эксплуатации большегрузных автосамосвалов нами предложена следующая периодичность их обслуживания и ремонтов и необходимые трудовые затраты при этом (табл. 113) [39, 46].

Таблица 113

Периодичность и трудовые затраты, рекомендуемые при обслуживании и ремонте большегрузных автосамосвалов МАЗ-525

Технические обслуживания и ремонты	Периодичность в км пробега	Затраты времени в сменах	Затраты времени в чел/час
Ежедневное текущее обслуживание	70—80	1	0,7—1
Техническое обслуживание № 1	весна—осень 800—1000 лето 1200—1500 зима 1800—2000	1—2	60
Техническое обслуживание № 2	6000	1—3	120
Средний ремонт	45000	10—15	800—1000
Капитальный ремонт	90000	20—25	около 2000
Капитальный ремонт двигателя	40000—45000	10—15	500—600
Замена масла двигателя	1400—1500	В течение смены при ТО-1 и ТО-2	—
Замена масла в картере КПП	6000	—	—
Смена фильтров	700—800	—	—

На рисунках показаны графики технического обслуживания и ремонтов автосамосвалов МАЗ-525 без учета (рис. 72) и с учетом сезонности (рис. 73).

Описанная периодичность обслуживания и ремонтов внедрена на Сибавском руднике с конца 1958 г. Введение новой периодичности технического обслуживания и ремонтов позволило за счет их перераспределения во времени и дополнительного выполнения ряда операций предупредить поломки и неисправности в наиболее тяжелые по дорожным условиям сезоны года и за 9 месяцев 1959 г. на 22% сократить простои автосамосвалов в текущих ремонтах и снизить примерно на 12—15% стоимость их проведения.

На некоторых карьерах, применяющих машины средней грузоподъемности типа ЯАЗ-210Е (Балаклавский карьер), считается целесообразным вводить техническое обслуживание № 3 через 15—17 тыс. км про-

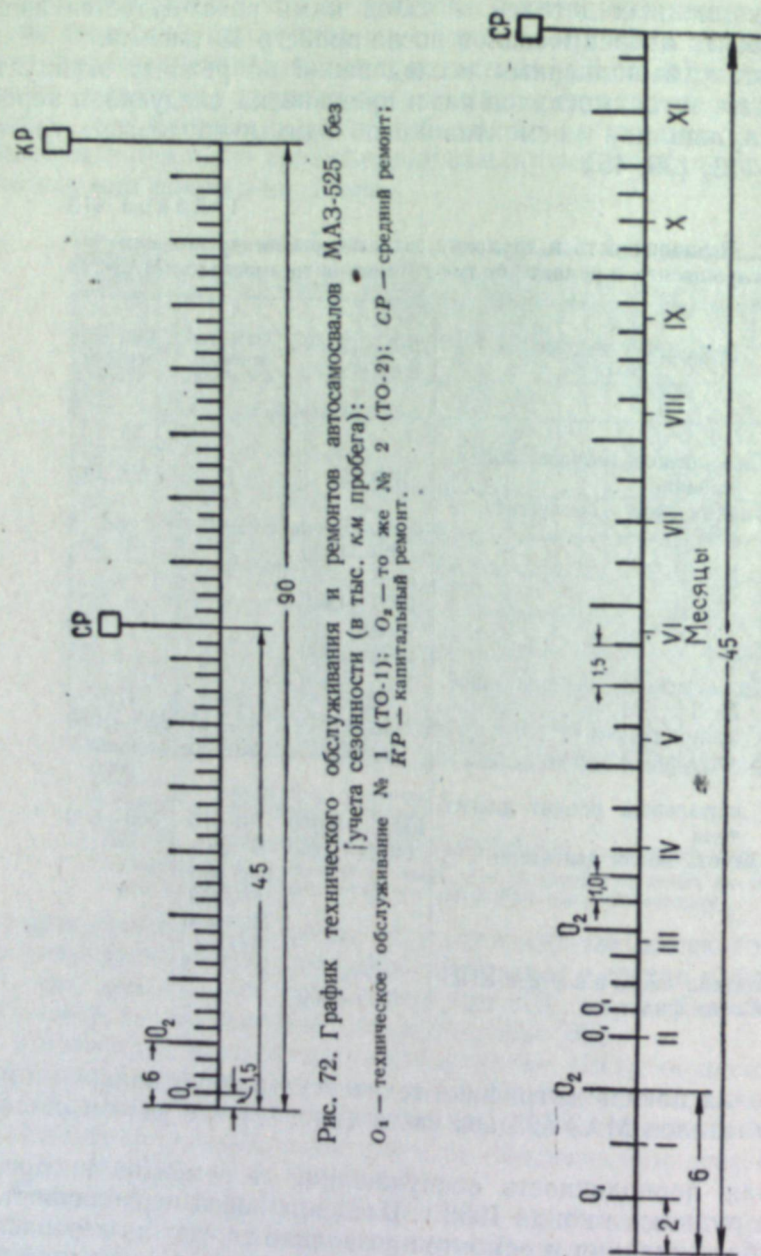


Рис. 72. График технического обслуживания и ремонтов автосамосвалов МАЗ-525 без учета сезонности (в тыс. км пробега):
 O_1 — техническое обслуживание № 1 (ТО-1); O_2 — то же № 2 (ТО-2); СР — средний ремонт; КР — капитальный ремонт.

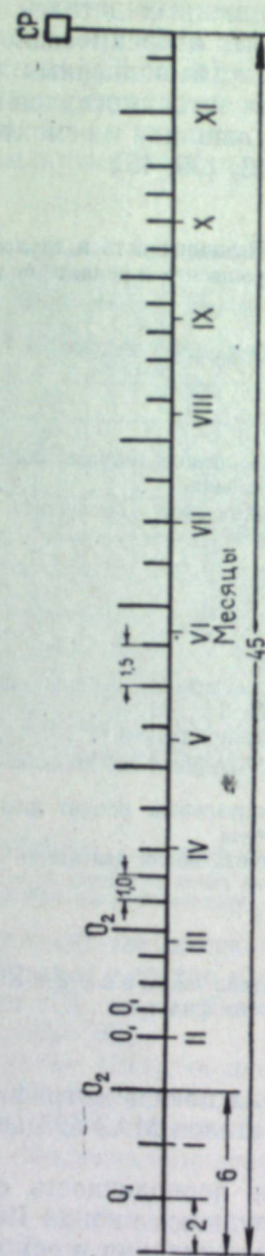


Рис. 73. График технического обслуживания и ремонтов автосамосвалов МАЗ-525 с учетом сезонности (в тыс. км пробега):
 O_1 — техническое обслуживание № 1 (ТО-1); O_2 — то же № 2 (ТО-2); СР — средний ремонт; КР — капитальный ремонт.

бега, т. е. примерно после работы автомобиля 1350—1600 час. Техническое обслуживание № 3 производится с учетом сокращения объема ремонтных работ при техническом обслуживании № 2.

Для соблюдения установленного режима эксплуатации важное значение имеет обеспечение карьеров площадями для обслуживания и ремонтов автосамосвалов: гаражами, профилакториями, стоянками, механическими мастерскими.

Профилактории должны обеспечивать проведение технического ухода за автомобилями по установленному графику и рассчитаны примерно на 20% автомашин рабочего парка.

Закрытые стоянки для условий центральной части Союза нужно иметь для 25—40%, а на Урале и в Сибири для 50—60% автомашин рабочего парка [23].

Открытые стоянки должны обслуживать парк автосамосвалов, не размещающихся в закрытых стоянках, и быть оборудованы пароподогревом или электроподогревом.

Авторемонтные мастерские для карьеров малой и средней производительности должны обеспечивать производство текущих и средних ремонтов, а для крупных карьеров — всех видов ремонтов автомобилей.

Целесообразна централизация капитальных ремонтов большегрузных автомобилей на специальных авторемонтных заводах районного значения, обслуживающих ряд карьеров района, территориально к нему тяготеющих.

При больших парках большегрузных автомобилей необходимо введение агрегатных методов ремонта, при этом оборотный фонд агрегатов на карьерах должен быть не менее 8—10%.

4. Вопросы улучшения эксплуатации автосамосвалов при перевозках налипающих и намерзающих в зимнее время пород

При перевозке в автосамосвалах вязущих глинистых пород обычно значительное количество породы остается (налипает) на днище и частично на стенках кузова после его опрокидывания. Особенно это имеет место в автосамосвалах, имеющих малый угол опрокидывания кузова (48—50°), где нередко остается до 15—20% транспортируемой породы. Разовая очистка кузова занимает 4—5 мин. При дальности транспортирования 1 км непроизводительно теряется до 1,5 час в смену и снижается производительность на 15—20%.

Для борьбы с налипанием глинистых пород к кузовам автосамосвалов можно рекомендовать следующие мероприятия, часть которых проверена нами на практике эксплуатации карьеров:

1. Посыпка кузовов автосамосвалов сухим шлаком, песком, опилками, высевками щебня и т. п. При посыпке котельным шлаком одного кузова автосамосвала расходуется, как установлено нами, 8—12 кг, т. е. на 1000 м³ перевезенной породы 2—4 т. Посыпка должна быть механизирована, производиться со специальных площадок или через бункер. Операция выполняется самим водителем в процессе движения автомобиля. Операция посыпки в этих случаях занимает не более 30 сек.

2. Смазка кузовов отработанными маслами через каждые 7—10 рейсов. Операция смазки занимает 1,5—2 мин.

3. Полировка кузовов автосамосвалов специальными проволочными щетками, осуществляемая на некоторых зарубежных карьерах.

4. Использование метода электроосмоса, предложенного Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники (полосовые электроды укрепляются на резиновой подкладке, покрывающей кузов).

Метод электроосмоса пока испытан на автосамосвалах небольшой грузоподъемности, где он оказался достаточно эффективным.

Для очистки кузовов от налипания глины нами разработан механический способ: скребок с зубьями, перемещающийся в направляющих, смонтированных на стреле, укрепленной на тракторе Т-80 [40]. Такого рода устройства применены на Сибавском и Учалинском рудниках. Очистка автосамосвала занимает 4—5 мин (рис. 74) и выполняется после 8—10 рейсов.

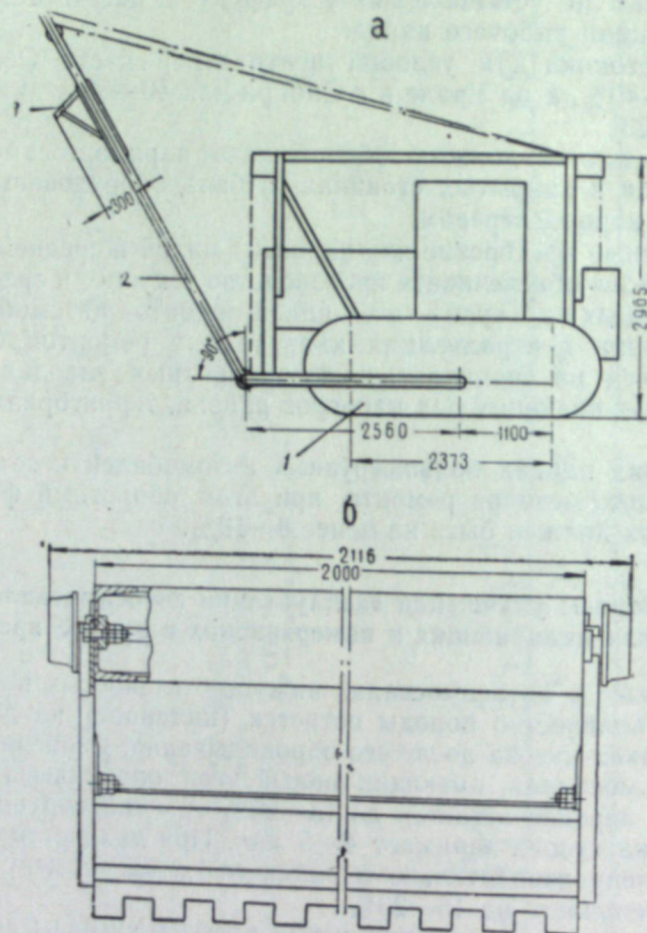


Рис. 74. Приспособление (конструкции М. В. Васильева) для очистки кузовов автосамосвалов, монтируемое на тракторе Т-80.

а — общий вид; б — конструкция скребка; 1 — трактор; 2 — стрела; 3 — скребок.

Однако до сих пор наиболее простым в осуществлении остается способ посыпки кузовов различными инертными материалами.

Для перевозки налипающих глинистых пород в США в последнее время начали выпускаться специальные автосамосвалы и полуприцепы с выдвижными заслонками, выталкивающими породу из кузова (полуприцепы Ле-Турно-Вестингауз), автомобили, имеющие большой угол опрокидывания (65—80°) (полуприцепы Кенворт, полуприцепы — самосвалы Атей), автомобили со сбрасывающими листами, которыми оборудуются кузова (думпторы Керинг), полуприцепы с отвесными боковыми стенками и створками, раздвигающимися в разные стороны (полуприцепы Ле-Турно-Вестингауз) и т. д.

Предложенные автором сбрасывающие листы к кузовам автосамосвалов ЯАЗ-210Е при производстве земляных работ на строительстве Березниковского порта вполне себя оправдали (рис. 75) [22].

В зимнее время влажные породы намерзают на кузова автосамосвалов, уменьшая их объем и затрудняя разгрузку (очистка кузовов занимает до 12—15 мин).

Для борьбы с намерзанием пород может быть предложено опрыскивание кузовов автосамосвалов растворами различных хлоридов (хлористый натрий, кальций, цинк, барий и т. д.).

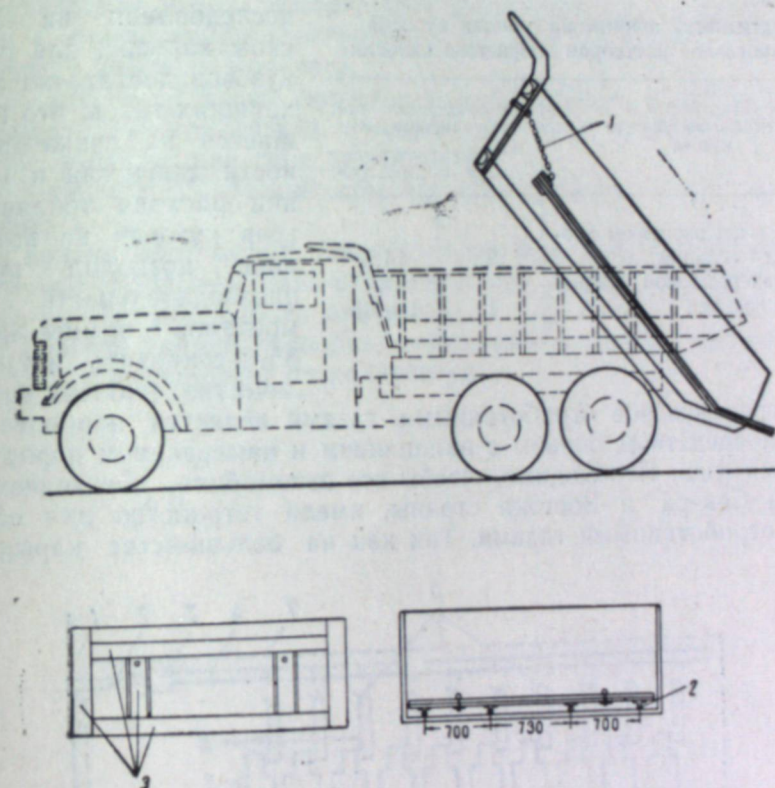


Рис. 75. Сбрасывающий лист для очистки дна кузова автосамосвала ЯАЗ-210Е от налипающих грунтов (конструкции М. В. Васильева): 1 — цепь; 2 — сбрасывающий лист; 3 — усиление переднего борта.

Опрыскивание хлористым натрием на Сибавском карьере производилось через 4—5 рейсов. По данным карьера, производительность транспорта при перевозках влажных пород в зимнее время раньше снижалась до 40%, а после применения опрыскивания не более 20—25% [12].

Более эффективно обмазывание кузовов насыщенным горячим раствором хлористого кальция (1—1,3 весовые части воды на 10 частей хлористого кальция). Расход раствора для автосамосвалов небольшой грузоподъемности 5—7 л, а для большегрузных — 10—12 л. На обмазку одного кузова необходимо 5—8 мин.

Слой обмазки 1—2 мм действует в течение 50—60 рейсов (при транспортировании на 2 км) (табл. 114).

Нами было также проведено использование смеси битума с древесной смолой и с отработанными минеральными маслами (40% битума IV и 60% смолы или 80% битума III и 20% отработанного масла). По-

верх битумной обмазки (1—3 мм) накладывали слой в 4—5 мм густого раствора CaCl_2 . Срок службы обмазки в этом случае достигал 170—180 рейсов (примерно 7 смен). Проведенные нами эксперименты свидетельствуют, что хлористые обмазки кузовов оправдывают себя лишь при температурах не ниже минус 18—20°; при более низких температурах они оказываются мало эффективными.

Для надежного предотвращения примерзания пород к кузовам автомобилей при любых температурах производится обогрев кузовов отработанными газами.

Таблица 114

Эффективность применения обмазки кузовов автосамосвалов раствором хлористого кальция

Состояние поверхности кузова	Время разгрузки, мин. при температуре	
	—5°	—10—15°
Не покрытая раствором хлористого кальция	9	14,5
Покрытая раствором хлористого кальция	1	1—1,5

Как показывают наши исследования на Уфалейском карьере, для обогрева кузовов достаточно 50% отходящих газов, что не отражается на снижении мощности двигателя и увеличении расхода топлива. Обогрев кузовов на этом руднике позволил повысить производительность автосамосвалов в зимнее время на 8% и сократить в 4 раза количество рабочих на отвале.

Обогрев кузовов отработанными газами является наиболее радикальным средством борьбы с налипанием и намерзанием пород в зимнее время года. Необходимо, чтобы все автомобили, поставляемые на рудники Севера и Востока страны, имели устройство для обогрева кузова отработанными газами. Так как на большинстве карьеров не

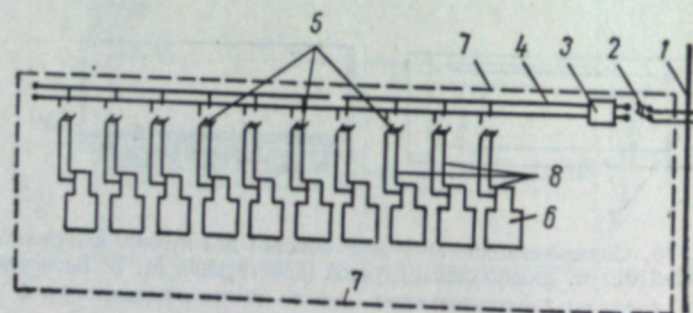


Рис. 76. Схема электрообогрева автосамосвалов на открытой стоянке (по предложению автора):

1 — внешняя электросеть; 2 — рубильник; 3 — трансформатор; 4 — сеть вторичного напряжения; 5 — двухполюсные рубильники; 6 — автосамосвалы; 7 — навес; 8 — электронагревательные элементы.

представляется возможным обеспечить весь парк автомобилей теплыми стоянками, необходимо организовать стояночный подогрев или разогрев двигателей перед работой.

Подогрев и разогрев двигателей производится горячей водой, паром, электрической энергией, различными подогревателями. Наиболее простым и эффективным способом подогрева двигателя автомобилей на карьерах является электроподогрев, осуществленный по инициативе автора на строительстве поверхностных сооружений Дегтярского рудника (рис. 76). В качестве источника электроподогрева использовался переменный ток напряжением 380 в. Для понижения в сети напряжения принимался трансформатор СТЭ-24. Трансформированный до 65 в ток

поступал для питания электронагревательного элемента, помещенного непосредственно в нижнем резиновом патрубке радиатора.

Электронагревательный элемент состоял из нихромовой петлевой спирали толщиной 0,8—1,0 мм, 20—25 ниток, намотанных на текстолитовую, шиферную или деревянную пластину длиной 100 мм, шириной 40—45 мм и толщиной 1,5—2,0 мм.

Концы нихромовой спирали внутри резинового патрубка были соединены с двумя болтами, выходящими наружу и служащими для подключения сети вторичного напряжения (65 в).

Электроподогрев обеспечивал надежную работу автомобилей в условиях уральской зимы и ускорял пуск двигателей перед началом рабочей смены. С применением электроподогрева простои в смену уменьшались с полутора часов до получаса.

Для ускорения пуска двигателей и обеспечения нормальной работы автосамосвалов при низких температурах были также проведены следующие оправдавшие себя мероприятия:

а) электромеханический стартер, смонтированный на передвижной тележке;

б) подача подогретого дизельного топлива, которая осуществлялась подогревом топливного бака отработанными газами; при этом обеспечивалась нормальная работа двигателя;

в) обогрев топливопроводов, помещения и стекол кабины теплым воздухом, поступающим от коллектора.

ГЛАВА X

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ С АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

1. Особенности работы автомобильного транспорта в карьерах значительной глубины

Непрерывный прогресс техники открытых горных работ расширяет возможности разработки месторождений на больших глубинах. Проектными глубина разработки ряда крупных карьеров предусматривается более 400 м. Рост глубины карьеров неминуемо вызывает удлинение транспортных коммуникаций, ведет к увеличению длины откатки с нижних горизонтов до поверхности, приводит на глубине к сокращению размеров карьера в плане и осложняет выемочно-транспортные работы, особенно при селективной разработке.

В стесненных условиях применение железнодорожного локомотивного транспорта становится чрезвычайно затруднительным, а порой и невозможным. Автомобильный транспорт вследствие своей большой гибкости, маневренности, способности преодолевать большие уклоны и малые радиусы закруглений является более приемлемым.

При доставке горной массы из глубоких карьеров автомобилям наибольшую часть пути приходится перемещаться по постоянным дорогам съездов (до 94—95%). Время движения автомобиля по временной дороге составляет от 5—6 до 18—20% общего времени рейса, остальную часть времени движение его производится по постоянным трассам с уклонами до 7—8%, а иногда и выше.

Для доставки горной массы со значительных глубин на поверхность наиболее целесообразно использование мощных большегрузных автосамосвалов, отличающихся хорошими динамическими качествами, благодаря чему они способны преодолевать затяжные подъемы на достаточно высоких скоростях.

Однако для использования автотранспорта в его чистом виде имеются значительные трудности. Вследствие увеличения длины транспортирования с глубоких горизонтов автомобильный транспорт становится мало эффективным из-за нарастающего снижения производительности и удорожания стоимости автомобильных перевозок. Как показывают исследования, при современном уровне техники экономически выгодные расстояния откатки автомобильного транспорта даже при использовании крупных большегрузных агрегатов не превышают в карьерах 7 км. Н. Г. Домбровский [65] считает, что наиболее рациональные дальности возки для автосамосвалов различной грузоподъемности, по условиям экономичности и уменьшения объемов капитальных работ, должны быть (в км):

Для автосамосвалов грузоподъемностью до 4 т (ЗИЛ-585, КАЗ-600 и др.) — 0,5—1,0; для автосамосвалов грузоподъемностью 10 т (ЯАЗ-210Е) — 1,0—1,5; для автосамосвалов грузоподъемностью 25 т (МАЗ-525) — 2,0—3,0; для автосамосвалов грузоподъемностью 40 т (МАЗ-530) — 4,0—6,0.

К. Е. Виницкий [59] для экскаваторов СЭ-3 при различной дальности транспортирования устанавливает, по условиям экономичности, следующую грузоподъемность автосамосвалов (в т):

при расстоянии транспортирования до 1 км	18—19
при расстоянии транспортирования до 2 км	19—22
при расстоянии транспортирования до 5 км	27—30

С. И. Попов [90] определяет предел дальности перевозок для автосамосвалов различной грузоподъемности в зависимости от ряда факторов: а) транспортных расходов, б) разницы в производительности экскаваторов, в) снижения потерь и разубоживания, г) уменьшения стоимости вскрытия.

Исходя из этого, он считает, что для автосамосвалов существует следующая предельная дальность транспортирования (в км): для автосамосвалов грузоподъемностью 3—5 т — 1,7—2,7 (ЗИЛ-585); для автосамосвалов грузоподъемностью 5 т — 2,2—3,0 (МАЗ-205); для автосамосвалов грузоподъемностью 10 т — 3,0—7,3 (ЯАЗ-210Е); для автосамосвалов грузоподъемностью 25 т — 4,7—8,8 (МАЗ-525); для автосамосвалов грузоподъемностью 40—50 т — 7,0—12,0 (МАЗ-530).

Первые из приведенных цифр для каждого из автосамосвалов учитывают лишь чисто транспортные расходы, вторые — влияние всех остальных факторов.

Грузоподъемность автомобилей, помимо соответствия емкости погрузочных средств и других указанных факторов, должна выбираться также с учетом производительности карьера. Нередко автосамосвалы 25 т (МАЗ-525) оказываются менее рентабельными в карьерах малой производительности, чем 10 т (ЯАЗ-222) (Орджоникидзевское рудоправление Никопольмарганец).

Исследования и практика отечественных и зарубежных карьеров позволили нам установить следующие наиболее рациональные зависимости между грузоподъемностью автомобильных агрегатов, производительностью карьеров и расстояниями транспортирования (табл. 115).

Как показывают исследования, автомобили грузоподъемностью 70—80 т нецелесообразно использовать при расстояниях транспортирования менее 3 км, а 100—120 т — менее 5 км.

Указанные в табл. 115 расстояния транспортирования определены для карьеров небольшой глубины с учетом, что более 50% указанного расстояния представляет движение на горизонтальных участках дорог в карьере и на поверхности при сравнительно ровном рельефе местности. В том же случае, если карьер большой глубины, где 85—90% приходится осуществлять движение на уклонах, рациональные расстояния транспортирования резко сокращаются и будут для автосамосвалов

грузоподъемностью до 10—12 т	в пределах 0,8—1,5 км
» до 20—25 т	» до 1,5—2,0 км
» до 40—50 т	» до 2,5—3,0 км

Если эти расстояния транспортирования перевести на рациональную глубину разработок при автомобильном транспорте, учитывая его приращение в чистом виде, то экономически выгодная глубина разработок будет находиться где-то в пределах 80—150 м. Ниже этих глубин воз-

никает необходимость заменить автомобильный транспорт другим видом транспорта или так его приспособить, чтобы он позволил:

а) значительно сократить расстояния транспортирования с нижних горизонтов карьера до поверхности;

б) уменьшить возрастающие с глубиной объемы подлежащих удалению пустых пород;

в) сократить объемы горнокапитальных работ и сроки подготовки нижних горизонтов к эксплуатации,

Таблица 115

Зависимость грузоподъемности автосамосвалов, производительности карьеров и расстояния транспортирования

Грузоподъемность автомобильных агрегатов, т	Производительность карьеров, млн. т горной массы в год	Расстояние транспортирования, км
5—7	до 2	до 2,2
10—12	до 5—7	до 3,0
20—25	до 15	до 4,7
40—50	до 30	до 7,0
70—80	до 40	до 8,0—10,0
100—120	до 50	до 12,0—15,0

До глубины 80—150 м целесообразно использование самоходных автомобильных агрегатов. Если продолжать использовать автотранспорт в карьерах ниже этой глубины, следует организовывать подъем автомобильных агрегатов на поверхность по более короткому расстоянию, чем затяжной съезд по капитальной траншее, что позволит сократить объемы горнокапитальных работ, уменьшить расстояние откатки и сохранить достаточно высокую производительность автомобильных агрегатов.

2. Автомобильные подъемники и принципы их конструктивного устройства

Стремление обеспечить экономичное использование автомобильного транспорта с ростом глубины карьеров привело нас к идее создания автомобильных подъемников [37].

Автомобильные подъемники позволяют транспортировать горную массу из карьеров по кратчайшему направлению, без перегрузок в тех же видах транспортных средств, в которые она грузится в карьере и которыми перевозится на поверхности.

Идея предложения автомобильных подъемников (1956 г.) заключается в следующем: транспортирование горной массы из забоев (от экскаваторов) осуществляется автосамосвалами до нижней площадки подъемника, расположенной на одном из нижних горизонтов. С нижней приемной площадки с помощью тяговых средств, установленных на поверхности, и каната, снабженного прицепными или толкающими устройствами, осуществляется подъем автосамосвалов по выбранному кратчайшему направлению.

На поверхности автосамосвалы сходят с трассы подъемника и собственным ходом следуют до пункта разгрузки — отвалов, обогатительных установок или приемных складских устройств.

Уклон, по которому производится подъем автосамосвалами, должен быть более предельного, преодолеваемого по тяговым условиям автосамосвалов, и не менее предельно допустимого для обычных конвейерных установок с тем, чтобы автомобильный подъем был более корот-

ким, чем движение автосамосвалов собственным ходом и чем подъем горной массы с помощью ленточных конвейеров.

Схема расположения автомобильных подъемников в карьере представлена на рис. 77.

В качестве варианта нами был рассмотрен подъем автосамосвалов на платформе, передвигающейся по рельсовому пути. Однако этот вариант был отклонен ввиду того, что значительный вес груженого автосамосвала МАЗ-525 (около 50 т) потребовал бы тяжелой платформы, мощной подъемной установки с канатами большого диаметра, что вызвало бы крупные капитальные затраты, а высокий расход электроэнергии на подъем сделал бы установку неэкономичной в эксплуатации. Поэтому для разработки нами был предложен второй вариант, основанный на принципе фуникулера и заключающийся в подъеме автосамосвала с помощью тяговой тележки, прицепленной на одной ветви каната, и в спуске второго автосамосвала, упирающегося в такую же тележку, сцепленную со второй ветвью.

Прежде чем перейти к описанию разработанной конструкции автомобильного подъемника, следует заметить, что в мировой практике не известно подобных действующих установок, осуществляющих подъем автосамосвалов из карьеров значительной глубины по уклонам различного величия и большим, чем имеют конвейерные подъемники. Известно лишь, что в США на одном из карьеров штата Нью-Йорк в 1943 г. для подъема горной массы от экскаватора на дробильную установку был применен канатный подъем автосамосвалов [37] на уклоне в 11%. Подъем этот выполнял [132] вспомогательные функции, заключающиеся в облегчении преодоления автомобилями тяжелого для них уклона. Принцип установки состоял в том, что опускающийся вниз порожний автосамосвал уравновешивал мертвый вес поднимающегося такого же груженого автомобиля. При этом спускающийся грузовик с использованием своего двигателя преодолевал вес груженого самосвала, приходящийся на грузовую ветвь каната.

Это позволило значительно облегчить подъем по уклону и увеличить количество перевозимого в автосамосвалах полезного груза.

Для подъема автосамосвалов на грузовой и порожняковой ветви каната было прицеплено по одной тяговой четырехосной тележке, которые ходили по рельсовому пути с шириной колеи 600 мм. Автосамосвалы в их передней части оборудовались усиленным буфером, который при спуске упирался в переднюю часть тележки, толкая ее перед собой, в то время как при подъеме вторая тележка на другой ветви каната упиралась в заднюю ось поднимаемого груженого автосамосвала. Тележки примыкали к автосамосвалам на ходу без остановки их движения. Часть движущей силы порожнего опускаемого автосамосвала использовалась на передвижение вниз подталкиваемой им тележки, от которой, в свою очередь, тяговое усилие через канат передавалось на задний мост поднимаемого автосамосвала, подталкиваемого при подъеме второй тележкой, и способствовало его выезду на горизонтальную площадку на поверхности подъемника.

Это позволило автосамосвалам спускаться без торможения, что уменьшило износ шин и тормозов.

По достижении автосамосвалом нижней приемной площадки он освобождался от поддерживающей его тележки и последняя свободно съезжала в канаву, достаточно глубокую, чтобы автосамосвал мог беспрепятственно пройти над ней. Для резкого останова верхней тележки после отхода груженого автосамосвала на поверхности было применено специальное спирально-пружинное тормозное устройство, состоя-

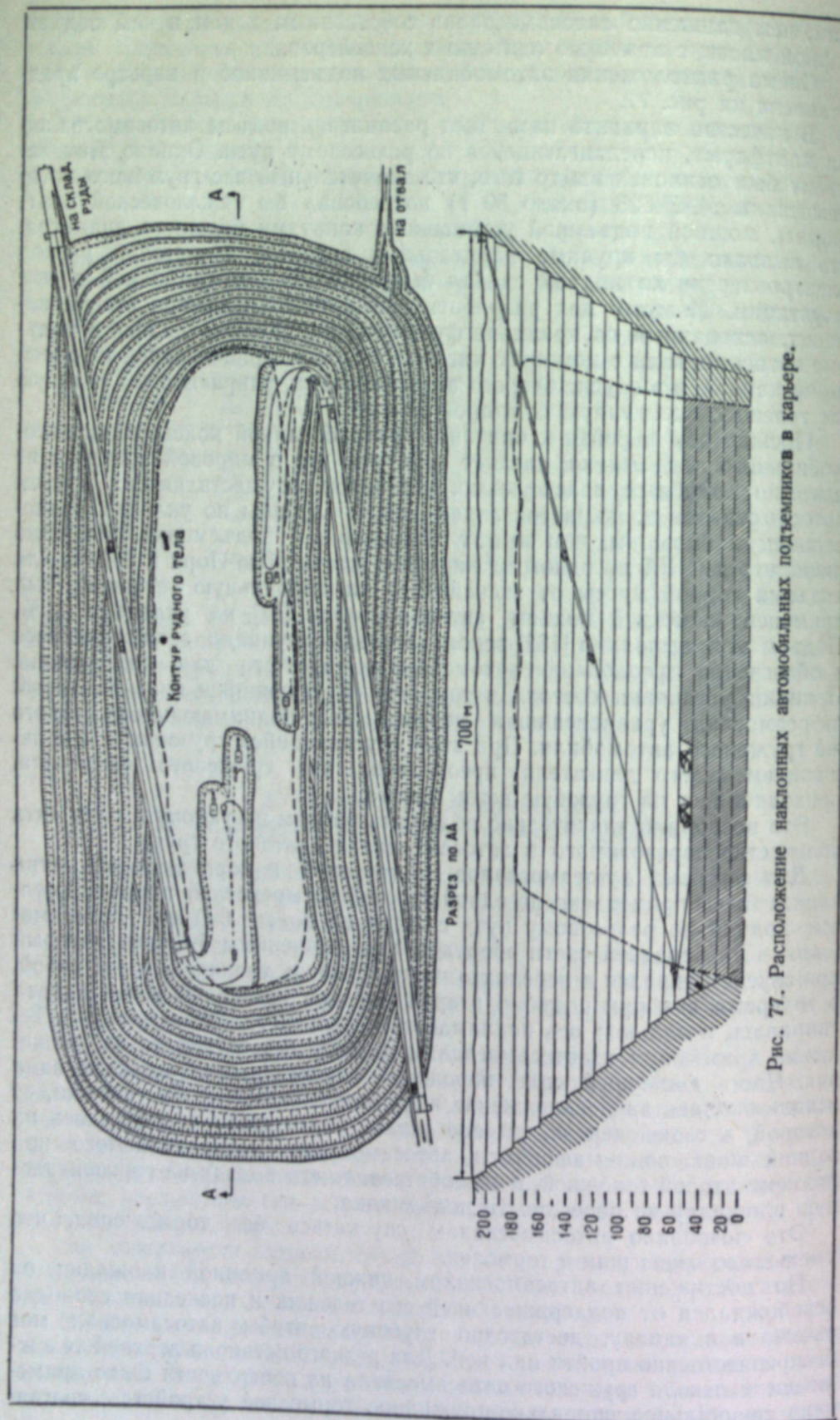


Рис. 77. Расположение наклонных автомобильных подъемников в карьере.

щее из зажимных рельсов с пружинами, штанги и буфера с пружиной. Когда тележка оказывалась между зажимными рельсами, она своей передней частью упиралась в этот буфер и спиральные пружины принимали на себя последний толчок от ее остановки.

Канаты установки на верхней площадке подъемника проходили под землей в туннеле, причем, канат с одного пути на другой передавался по двум большим вертикально расположенным блокам и двум блокам, расположенным наклонно (под углом около 45°). С поверхности площадка была перекрыта толстыми металлическими плитами, рассчитанными на вес проходящих по ним груженых автосамосвалов.

Для предупреждения аварий при разрыве канатов в каждой канаве, расположенной на нижней площадке подъемника, имелось специальное канатно-тормозное устройство, на одном конце которого канат провисал, и, когда тележка въезжала в канаву, она захватывала его и он, оказывая пружинящее действие, принимал на себя толчок тележки, предотвращая удар о заднюю стенку канавы.

Для определения момента отправки автосамосвалов на подъемнике был установлен фотоэлектрический регулятор. Когда автосамосвал проходил над канавой нижней площадки, он пересекал поле фотоэлектрического элемента, который включал сигнал отправки порожнего автосамосвала, находящегося на поверхности. После этого водитель верхнего автосамосвала передвигал свой самосвал настолько, чтобы при помощи тягового каната была возможность вытянуть нижнюю тележку из канавы, поставить ее за прицепом груженого автомобиля и только после этого начать подъем груза из карьера.

Описанная установка обслуживала один экскаватор. В работе было лишь 4 автосамосвала, которые в нормальных условиях имели следующее положение: один — у экскаватора под погрузкой, второй поднимался с грузом по уклону, третий, порожний, находился в процессе спуска и четвертый с грузом разгружался в приемный бункер дробилки. Причем, последний самосвал разгружался за такой промежуток времени, что успевал занять свою очередь к спуску.

Ниже дается техническая характеристика описанного подъемника:

Грузоподъемность автосамосвала, т . . .	15
Высота подъема, м	25
Угол наклона подъемника, град	6,5
Длина подъема, м	228
Скорость подъема, м/сек	4,8
Число подъемов в час	60
Диаметр каната, мм	20
Годовая производительность, т	1 млн. 800 тыс.

Как следует из приведенного описания, подъемник являлся лишь вспомогательной установкой с уклоном, близким к предельному, преодолеваемому автосамосвалами без посторонней движущей силы, и имел назначение лишь оказать помощь в добавочном тяговом усилии и выезжающим из карьера на поверхность автосамосвалам. Постройка носила вынужденный характер и была вызвана неудачно выбранным уклоном выездной траншеи. Кроме того, как видно из технической характеристики подъемника, он имел небольшую производительность. Судя по приведенным данным, автомобильные подъемники такого типа не могут обеспечить выдачу из глубоких карьеров добытой горной массы в автосамосвалах большой грузоподъемности при значительных уклонах на современных карьерах.

Поэтому нами предложен и конструктивно разработан совместно с кафедрой подъемно-транспортных машин Уральского политехниче-

ского института имени С. М. Кирова в 1957—1958 гг. [36] новый подъемник, предназначенный для подъема автосамосвалов грузоподъемностью 10—25 т и выше из карьеров глубиной более 80 м и при уклонах их

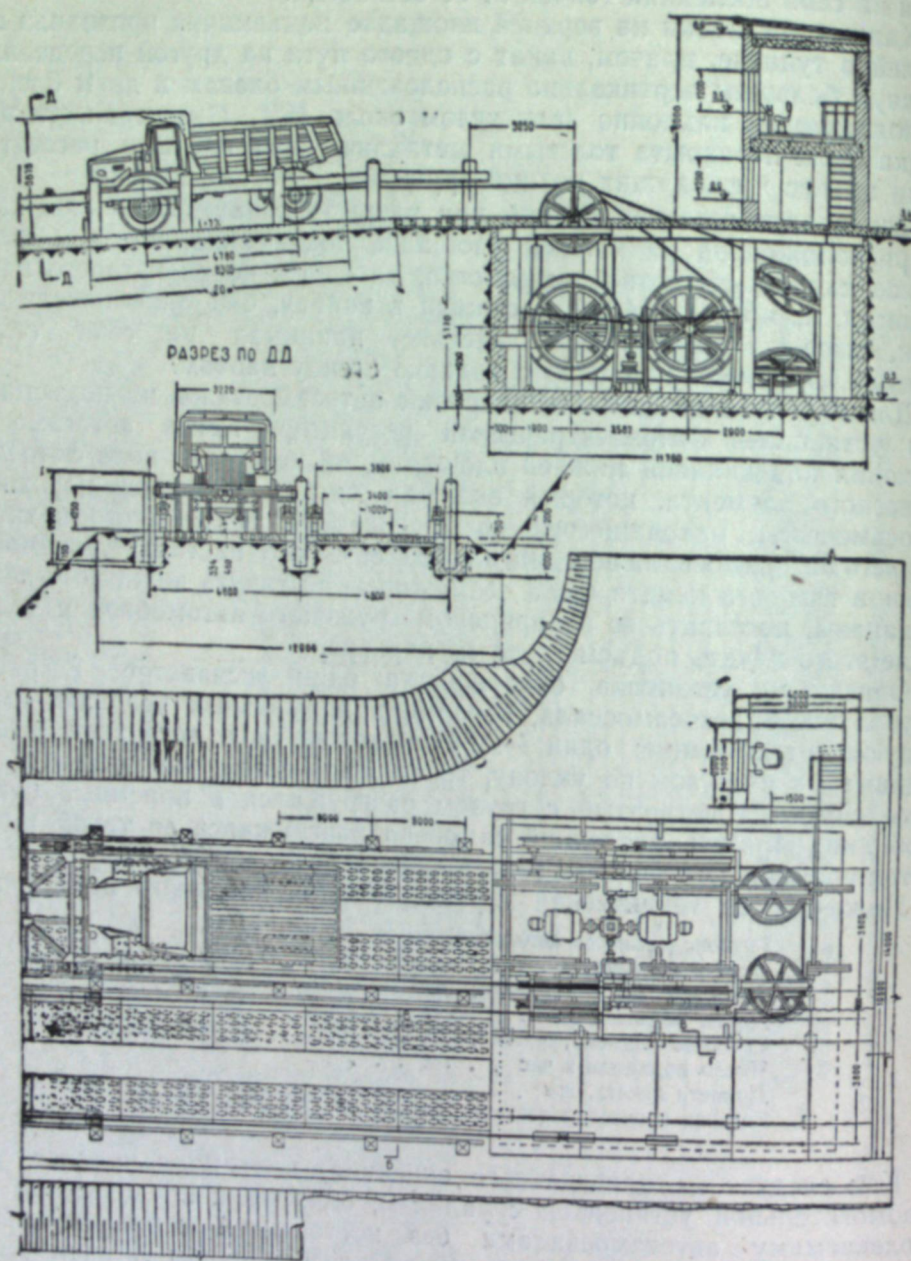


Рис. 78. Верхняя (приводная) станция наклонного автомобильного подъемника.

1. Ввиду большого уклона подъемника

1. Ввиду большого уклона подъемника исключено применение собственного хода, использование которого при таком уклоне вызывает необходимость применения второй передачи, работа же двигателя длительное время на низких передачах влечет быстрый его износ, а поэтому не является рациональной.

2. Вследствие высокого расположения рамы большегрузных автосамосвалов тяговые тележки при малой ширине колеи оказываются малоустойчивыми, поэтому было принято решение установить на ограждающих столбах специальные направляющие для передвижения тележек с тем, чтобы они двигались на уровне главных балок рамы автосамосвала.

При этом была достигнута правильная передача усилий на конструкцию рамы, а движение тележек на известной высоте от земли обеспечивало более безопасную работу подъемника.

3. Несмотря на уравнивание мертвых весов автосамосвалов, значительный вес поднимаемого полезного груза при наличии большого уклона потребовал применения специальной подъемной установки со шкивами трения.

4. Для перемещения автосамосвалов было решено путь подъемника устроить с покрытием из железобетонных решетчатых плит.

5. Кроме этого, введен ряд существенных конструктивных изменений в устройство ловителей, ограждающих устройств, нижней натяжной станции и т. д.

Поэтому и в принципе, и по существу конструктивного устройства предлагаемый подъемник является новой транспортно-подъемной установкой, рассчитанной для подъема большегрузных автосамосвалов из глубоких карьеров.

Автомобильный подъемник состоит из следующих основных частей:

- а) приводной станции со шкивами трения;
- б) тяговых тележек с прицепным устройством и ловителями;
- в) направляющих для тележек, установленных на ограждающих железобетонных столбах;
- г) нижней натяжной станции;
- д) двухслойной наклонной трассы подъемника, имеющей покрытие из инвентарных железобетонных решетчатых плит.

Ниже приводится техническая характеристика автомобильного подъемника для большегрузных автосамосвалов на глубоких карьерах.

Грузоподъемность автосамосвала, <i>т</i>	25
Высота подъема, <i>м</i>	150
Угол наклона подъемника, <i>град</i>	16
Длина подъема, <i>м</i>	550
Скорость подъема, <i>м/сек</i>	4
Число подъемов в час	15
Диаметр тягового каната, <i>мм</i>	32,5
Число электродвигателей	2
Характеристика электродвигателей	МАРП-123-8
Мощность двигателей (каждого), <i>квт</i>	160
Число оборотов двигателя, <i>об/мин</i>	735
Передаточное число конического редуктора	1
Передаточное отношение первой ступени дифференциальных редукторов	2,17
Диаметр хвостового каната, <i>мм</i>	15
Производительность подъемника, <i>тыс. т/год</i>	1250

Приводная станция (рис. 78) расположена на поверхности под верхней приемной площадкой, которая имеет перекрытие из сборного железобетона, уложенного по прогонам из швеллерных и двутавровых балок. Перекрытие рассчитано на проход по нему груженых автосамосвалов.

Привод состоит из: а) двух асинхронных электродвигателей трехфазного тока с фазным ротором, б) конического редуктора, в) двух

Вращение от электродвигателей передается на один общий вал конического редуктора и через промежуточные валы на входные валы

Вращение от электродвигателей передается на один общий вал конического редуктора и через промежуточные валы на входные валы

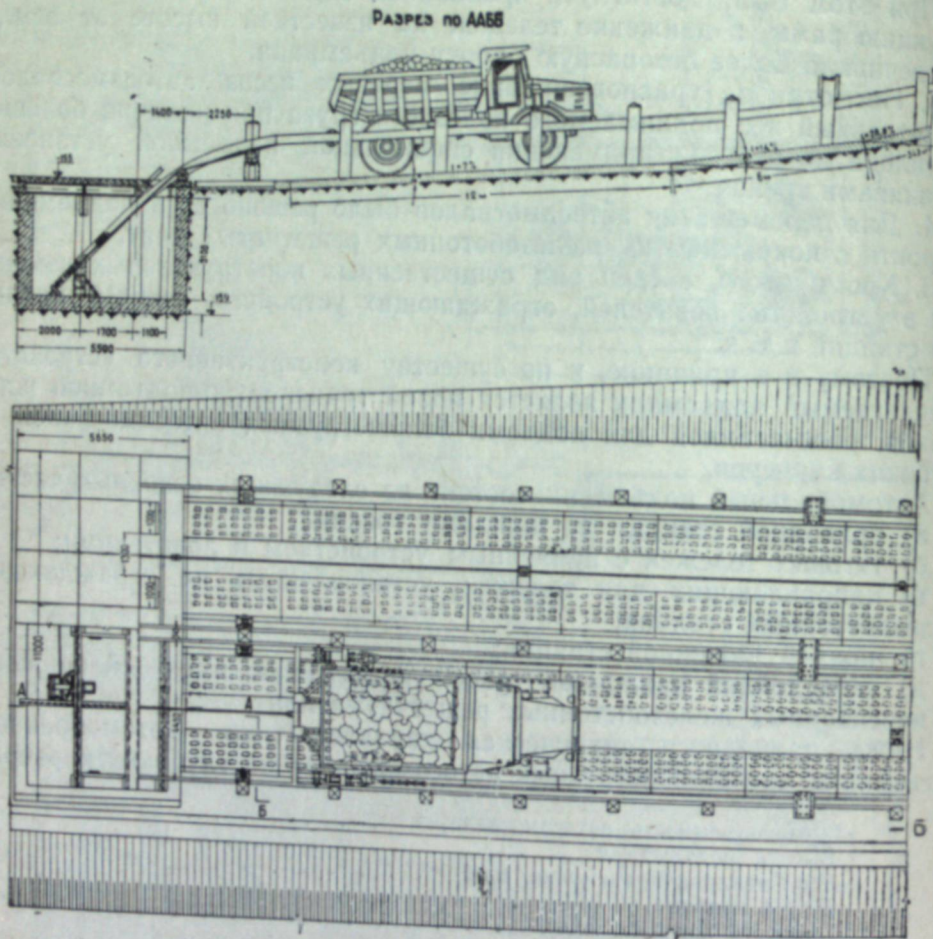


Рис. 79. Нижняя (натяжная) станция наклонного автомобильного подъемника.

дифференциальных редукторов, установленных соосно с коническим редуктором. Такая компоновка узла вызвана, во-первых, габаритами автосамосвала, который должен проходить между верхними направляющими блоками, и, во-вторых, соответствующей схемой запасовки канатков. Для полного использования силы сцепления на каждом приводном шкиве принята схема несимметричного дифференциала с ведущим

Обводка канатов принята диагональная, вращение шкивов — в различных направлениях. Концы канатов каждой ветви после обводки прицепных устройств тележек. Привод устройств тележек.

Привод снабжен тормозным пневматическим устройством. Тормозные шкивы установлены на одном валу с канатоведущими шкивами. Тяговые тележки состоят из сварной рамы.

Тяговые тележки состоят из сварной рамы, четырех ходовых колес, устройства, буферов и ловителей.

Прицепное устройство имеет специальные пружины, воспринимающие динамические усилия в период разгона и замедления тележки. Кроме этого, на раме тележки установлено два пружинно-фрикционных буфера, упирающихся в продольные балки рамы автосамосвала и воспринимающих удар в момент его подхвата тележкой.

Направляющие тележки выполнены из швеллерных балок, закрепленных на железобетонных оградительных столбах с помощью болтов. Оградительные столбы установлены вдоль каждой колен трассы с промежутками в 3 м. На столбах у нижней площадки каждой трассы с направляющими роликами для тягового каната, удерживающие канат на переходной кривой.

Трасса подъемника выполнена с покрытием из решетчатых железобетонных плит $3,0 \times 1,2 \times 0,2$ м весом по 1,2 т.

На всем протяжении трассы установлены ролики, поддерживающие хвостовой и тяговой канаты.

На столбах у верхней и нижней площадок установлены конечные выключатели, а на верхней переходной кривой — путевые выключатели реле замедления.

Натяжная станция (рис. 79) расположена на нижней площадке подъемника в прямке, где располагаются направляющие для спуска тяговых тележек. В прямке установлены два натяжных блока с пружинно-винтовым натяжным устройством для хвостового каната. Автосамосвалы проходят над натяжной станцией так же, как и на верхней площадке, — по железобетонному перекрытию. Для прохода их через проем в перекрытии, куда входит тяговая тележка, установлены специальные крышки. Закрывание крышек производится автоматически при проходе тяговой тележки.

Тележка через тягу и двухплечий рычаг действует на пружинное устройство, и крышка от собственного веса закрывается. Открывается крышка под действием пружины.

3. Расчет основных параметров автомобильных подъемников

Рассмотрев принципы конструктивного устройства подъемников, остановимся на установлении основных параметров, определяющих техническую целесообразность применения их на карьерах.

1. Начальную глубину, целесообразную для введения в карьере автомобильного подъемника, определяем из условия оптимального и экономически выгодного расстояния доставки автотранспортом при автомобилях определенной грузоподъемности. Исходя из этого, можно написать, что

$$L_1 + L_2 + L_3 \leq L_0, \quad (242)$$

где L_1 — расстояние откатки внутри карьера по горизонту, м;
 L_2 — расстояние откатки по выездной траншее из карьера (в случае вывозки горной массы на поверхность автотранспортом), м;
 L_3 — расстояние откатки по поверхности от борта карьера до отвала, склада, фабрики, м;
 L_0 — оптимальное, экономически выгодное расстояние доставки автотранспортом для автосамосвалов данной грузоподъемности, м.

В свою очередь

$$L_2 = \frac{H \cdot \beta}{\sin \alpha},$$

будем иметь

$$L_1 + \frac{H \cdot \beta}{\sin \alpha} + L_3 \leq L_0,$$

где H — глубина карьера, м;

β — коэффициент развития откаточной трассы, который может быть принят равным не более 1,2—1,3;

α — угол наклона трассы, град.

Ввиду малых углов α

$$\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = i,$$

тогда

$$L_1 = \frac{H \cdot \beta}{i}, \quad (243)$$

отсюда

$$H \leq \frac{(L_0 - L_1 - L_3) \cdot i}{\beta}. \quad (244)$$

Поскольку экономически выгодные расстояния откатки L_0 для автосамосвалов определенной грузоподъемности известны и могут быть определены как на основании наших работ, так и работ других авторов, задавшись величинами L_1 и L_3 можно установить глубину подъема, оправдывающую применение наклонного подъемника (табл. 116).

Таблица 116

Примерная глубина карьера, оправдывающая применение (ввод в работу) наклонных автомобильных подъемников, м

Марка автосамосвалов	Грузоподъемность, т	L_0	L_1	L_3	i	β	H
МАЗ-205	5	1500	150	500	0,08	1,2	60
ЯАЗ-210Е	10	2000	200	800	0,08	1,2	70
МАЗ-525	25	3500	500	1500	0,08	1,3	90
МАЗ-530	40	5000	800	2200	0,08	1,3	120

Примечание. Значения L_1 и L_3 устанавливаются для конкретных условий карьера.

2. Возможный угол наклона трассы подъемника определяется в основном углом естественного откоса погруженного в автосамосвал материала (рис. 80).

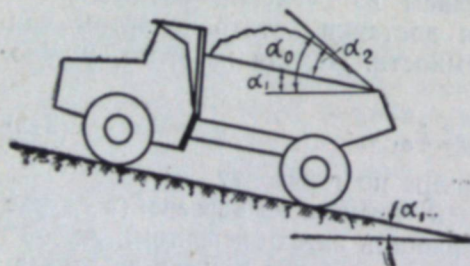


Рис 80. Положение в автосамосвале погруженного материала при подъеме по уклону.

$$\alpha_1 = \alpha_0 \cdot \rho - \alpha_2, \quad (245)$$

где α_1 — угол наклона трассы подъемника, град;

α_0 — угол естественного откоса транспортируемого материала, град;

ρ — коэффициент, гарантирующий от просыпания материала в движении, равный 0,8—0,85;

α_2 — угол неравномерности загрузки в автосамосвал материала, равный 15—20°.

В случае, если возможно равномерное заполнение кузова без «шапки»,

$$\alpha_2 = 0, \quad (246)$$

тогда

$$\alpha_1 = \alpha_0 \cdot \rho.$$

Минимальный угол трассы подъемника зависит от предельного уклона, преодолеваемого автосамосвалами при вывозке горной массы из карьеров, и составляет обычно 10%, т. е. 6°. Тогда можно считать, что углы наклона трассы подъемника могут изменяться в пределах 6—35° (табл. 117).

Таблица 117

Предельные углы наклона трассы подъемника при транспортировании различных пород, град

Наименование пород	α_0	ρ	$\alpha_0 \cdot \rho$	α_1	
				при $\alpha_2 = 0$	при $\alpha_2 = 15^\circ$
Сыпучие породы	40	0,8	32	32	17
Мягкие породы сухие	40	0,8	32	32	17
» » влажные	35	0,8	28	28	13
Щебень, гравий	37	0,8	30	30	15
Скальные дробленые породы, известняк, руда	40—45	0,8	35	35	20
Уголь рядовой	38	0,8	30	30	—

Исследования показывают, что наиболее высокие и устойчивые производительности подъема соответствуют углам наклона трассы в пределах 25—35° (рис. 81). При углах подъема менее 25° производительность начинает заметно снижаться и особенно резко падает при углах менее 10°, что соответствует уклонам менее 15—17%. Это подтверждает, что при уклонах менее 15% более целесообразно передвижение автосамосвалов собственным ходом, а если учесть большой износ двигателя и ходовой части машин, то этот уклон должен быть снижен до 10%.

Учитывая все сказанное, практически для большинства случаев, встречающихся в карьерах, следует рекомендовать принимать угол наклона трассы подъемника равным 20—25°.

3. Скорость подъема и спуска автосамосвалов определяется из условий безопасности, устанавливаемых правилами для подъема и спуска людей по наклонным выработкам, и в связи с этим должна приниматься не более 5 м/сек.

4. Время движения автосамосвалов и полная длина трассы подъемника устанавливается по пятипериодной диаграмме скоростей, являющейся характерной для установок со шкивами трения. В этом случае:

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (247)$$

$$t_0 = \left(\frac{2l}{v_1} + \frac{v - v_1}{a_2} + \frac{l}{v} + \frac{v - v_3}{a_3} + \frac{2l_4}{v_3} \right), \quad (248)$$

где t_0 — полное время движения автосамосвала по подъемнику, сек;

t_1 — время движения тележки до подхвата автосамосвала, сек;

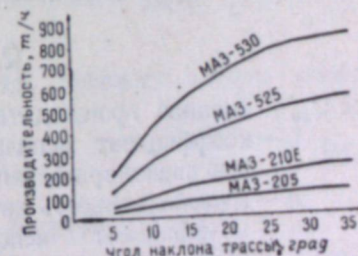


Рис. 81. Производительность автомобильного подъемника в зависимости от угла наклона трассы.

t_2 — время движения тележки с автосамосвалом до выхода на участок движения с постоянной скоростью, сек;
 t — время движения с постоянной скоростью, сек;
 t_3 — время движения тележки с автосамосвалом с замедлением, сек;
 t_4 — время движения тележки после освобождения от автосамосвала, сек;

$a_1 = a_4$ — ускорение для уменьшения удара при подхвате, обычно 0,1—0,12 м/сек²;

$a_2 = a_3$ — ускорение и замедление в моменты перехода автосамосвала на уклон и на горизонтальную площадку, обычно 0,3—0,4 м/сек²;

v и l — скорость и путь во время движения с постоянной скоростью, соответственно м/сек и м;

l_1 и l_4 — пути, проходимые тележкой без автосамосвала, м;

v_1 и v_3 — скорости движения на участках ускорения и замедления движения автосамосвала, м/сек.

Полная длина трассы подъемника будет

$$L = l_1 + l_2 + l + l_3 + l_4, \quad (249)$$

$$L = \frac{v_1^2}{2a_1} + \frac{v+v_1}{2} \cdot t_2 + l + \frac{v+v_3}{2} t_3 + \frac{v_3^2}{2a_4}. \quad (250)$$

Отсюда может быть определена величина — длина пути с постоянным выбранным уклоном, на которой производится движение автосамосвалов с постоянной скоростью.

Для ориентировочных расчетов $t_1 = t_2 = t_3 = t_4$ может приниматься равным 10—12 сек.

5. Производительность наклонного автомобильного подъемника может быть определена из выражения:

$$Q_{см} = \gamma \cdot \eta \cdot q \cdot m \cdot n, \quad (251)$$

где $Q_{см}$ — сменная производительность подъемника полезного груза;

γ — коэффициент использования грузоподъемности автосамосвалов при равномерной загрузке (0,95—0,98);

q — грузоподъемность автосамосвала или прицепа, т;

η — коэффициент использования подъемником времени смены (0,75—0,80);

m — число часов работы подъемника в смену;

n — число подъемов за час чистого времени работы.

В свою очередь

$$n = \frac{3600}{t_{ц}} = \frac{3600}{t_0 + t_m}, \quad (252)$$

тогда

$$Q_{см} = \frac{3600 \cdot \gamma \cdot \eta \cdot m \cdot q}{t_0 + t_m}, \quad (253)$$

где $t_{ц}$ — время подъема (спуска автосамосвала), сек;

t_m — время маневров на верхней (нижней) площадках, нормально 60—90 сек.

Для автосамосвалов грузоподъемностью 5—10 т (МАЗ-205 и ЯАЗ-210Е) наиболее высокая производительность подъема наблюдается при глубине разработок до 125 м, а для автосамосвалов 20—40 т — при глубине до 200—250 м (рис. 82).

6. Для установления мощности электрического двигателя подъемной машины производится определение усилия на ободе каната ведущего шкива

$$F_{экр} = \sqrt{\frac{\Sigma(F^2 \cdot t)}{T_{экр}}}. \quad (254)$$

Определение динамических усилий производится для различных периодов движения согласно пятипериодной диаграмме скорости. Методика определения усилий общеизвестна и излагается в специальных курсах подъемных установок.

По общеизвестным формулам определяется также расход электроэнергии подъемниками.

Расход электроэнергии на 1 т горной массы для подъемников, работающих в интервале глубин 80—250 м, будет колебаться в пределах 0,5—0,7 кВт-ч/т.

Удельный расход электроэнергии в приближенных расчетах может приниматься около 1 кВт-ч/ткм.

7. Конечная технически возможная глубина использования автомобильных подъемников находится в прямой связи с диаметром и весом тягового каната. Канаты подъемников должны рассчитываться по статической нагрузке, складывающейся из составляющей веса автосамосвала и тележки, веса ветви каната от точки схода его со шкива до точки прикрепления к тележке, находящейся на приемной площадке нижнего горизонта, а также сопротивлений движению тележки, автосамосвала и каната.

Полная концевая нагрузка на одну ветвь тягового каната может быть определена как:

$$P_0 = \frac{P}{2} + \frac{P_T}{2} + P_K + P_X. \quad (255)$$

Расчет каната должен производиться на нагрузку

$$P = P_0 \cdot m, \quad (256)$$

где m — запас прочности, принимаемой для грузоподъемных установок со шкивами трения > 8 .

Концевая нагрузка от автосамосвала равна:

$$P_a = (q + p) (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot w_0), \quad (257)$$

где q — вес груза в автосамосвале, кг;

p — собственный вес автосамосвала, кг;

α — угол наклона подъемника к горизонту, град;

w_0 — удельное сопротивление движению (по бетонной дороге равное 20 кг/т).

Концевая нагрузка от тележки будет:

$$P_T = g_T (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot w_T), \quad (258)$$

где g_T — собственный вес тележки, кг.

$$w_T = k \left(\frac{2f + \mu d}{D} \right), \quad (259)$$

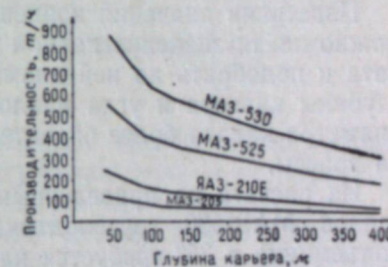


Рис. 82. Производительность наклонного автомобильного подъемника при автосамосвалах различной грузоподъемности.

где w_t — сопротивление движению тележки, $кг/м$;
 f — коэффициент трения качения ходового колеса, равный 0,08;
 μ — коэффициент трения подшипника качения, равный 0,02;
 D — диаметр ходового колеса, $см$ (в пределах 20—30 $см$);
 k — коэффициент реборд, равный 1,3;
 d — средний диаметр подшипника качения, $см$ (в пределах 8—12 $см$).
 Концевая нагрузка от каната

$$P_k = P \cdot L (\sin \alpha + \cos \alpha \cdot w_k),$$

где P — вес пог. м каната, $кг$;
 L — длина ветви каната, $м$;
 w_k — коэффициент трения каната по роликам, равный 0,05;
 Нагрузка от натяжения хвостового каната на ветвь тягового каната ориентировочно может быть принята

$$P_x = 0,8P_k. \quad (261)$$

Подставив значения концевых нагрузок в формулу (255) и (256), можно найти значение полной концевой нагрузки на тяговую ветвь каната и подобрать по ней диаметр каната. Диаметр каната зависит от глубины карьера и угла наклона трассы подъемника. На увеличение диаметра каната более значительно сказывается изменение угла наклона трассы.

Из расчета по приведенным формулам следует, что для автосамосвалов МАЗ-530 грузоподъемностью 40 т при предельном уклоне подъемника в 35° требуется канат 60 мм. Это делает громоздкой всю установку со шкивами трения.

Однако диаметр каната не является еще главным фактором, определяющим предельную глубину применения наклонных автомобильных подъемников. Значительно более важным фактором является снижение с глубиной производительности подъемника, работающего на сравнительно небольших скоростях (4—5 м/сек).

4. Исследование автомобильных подъемников в сопоставлении с другими видами подъема и автотранспортом

Изменение производительности автомобильного подъема исследовано нами в сопоставлении со скиповым и конвейерным подъемом. Скиповый подъемник принят с углом наклона 18°, грузоподъемностью скипов 25 т и скоростью их движения 10 м/сек. Автомобильный подъемник рассчитан на подъем 25 т автосамосвалов также под углом 18° и со скоростью подъема 4 м/сек. Конвейерный подъемник при уклоне 18° имеет производительность 450 т/час и скорость движения ленты 2 м/сек.

Как видно из графика (рис. 83), вначале наибольшую производительность имеет автомобильный подъемник, однако с глубиной 80 м более производительным становится конвейерный подъем, а после 250 м — скиповый. Конвейерный подъем при глубине 80—100 м остается наиболее производительным. Если же учесть, что при транспортировании скальных пород необходимо первичное дробление горной массы в карьере, то по техническим и экономическим соображениям заменять автомобильные подъемники конвейерами и скипами целесообразно лишь на глубине не менее 200—250 м. На основании произведенных расчетов в табл. 118 и 119 приводятся данные сопоставления автомобильных подъемников с собственно автомобильным транспортом.

Как видно из табл. 118, автомобильные подъемники дают экономию

Таблица 118

Эксплуатационные расходы при автомобильном транспорте и автомобильных подъемниках в год

Статья расходов	Автомобильный транспорт, руководящий уклон 7% (4°)			Автомобильный подъемник, уклон 28% (16°)		
	всего затрат, тыс. руб.	на 1 т, коп.	%	всего затрат, тыс. руб.	на 1 т, коп.	%
Заработная плата обслуживающего персонала	86,3	6,9	28,1	63,3	5,3	28,7
Ремонт и содержание дорог	35,5	2,8	11,5	20,5	1,7	9,3
Топливо и смазочные материалы	30,4	2,5	9,8	16,2	1,3	7,3
Резина, запчасти и пр. материалы	83,8	6,7	27,1	52,7	4,2	23,8
Электроэнергия	—	—	—	7,8	0,6	3,6
Амортизация	68,2	5,5	22,0	57,3	4,5	25,9
Прочие расходы	4,7	0,4	1,5	3,2	0,2	1,4
Всего	308,9	24,8	100,0	221,0	17,8	100

по всем статьям эксплуатационных расходов. Наиболее значительная экономия достигается на ремонте и содержании дорог и на затратах на топливо и смазочные материалы, а также на авторезину.

Как видно из табл. 119, на карьерах равной производительности и глубины расстояние транспортирования уменьшается почти вдвое,

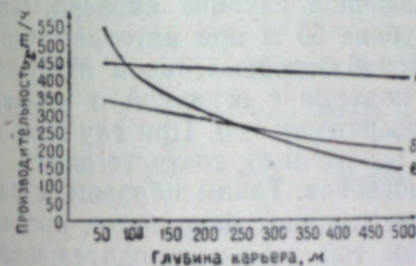


Рис. 83. Производительность конвейерных (а), скиповых (б) и автомобильных (в) подъемников в зависимости от глубины карьера.

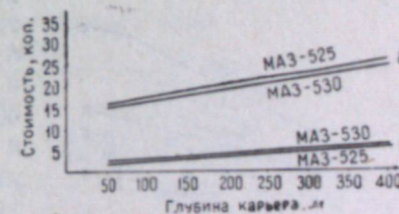


Рис. 84. Стоимость подъема 1 т горной массы: а — собственно автомобильным подъемником; б — подъемником с откаткой внутри карьера на расстояние 500 м и по поверхности на 1500 м.

парк автосамосвалов в среднем на 40%, производительность автосамосвалов и одного водителя возрастает в 1,5 раза, капитальные затраты меньше на 5% и эксплуатационные расходы на 28%, в итоге почти на 30% удешевляется стоимость транспортирования 1 т горной массы.

На рис. 84 представлена стоимость подъема с откаткой внутри карьера сы автомобильным подъемником и подъема с автомобильной откаткой с той же и на поверхности. По сравнению с автомобильными подъемниками достигаются значительная экономия, которая составляет при глубине 50 м 11%, при глубине 100 м 19%, при глубине 200 м 32%, а при глубине 400 м 40%. Таким образом, наиболее значительная экономия начинается выявляться с глубины 100—150 м. Собственно подъем по сравнению с подъемом и откаткой внутри карьера и на поверхности обходится дешевле в 5—7 раз.

Таблица 119

Основные технико-экономические показатели при автомобильном транспорте и автомобильных подъемниках на карьерах равной производительности и глубины

Наименование	Автомобильный транспорт		Автомобильный подъемник	
	показатели	%	показатели	%
Годовая производительность, тыс. т	1250	100,0	1250	100,0
Расстояние транспортирования, км	6,70	100,0	3,57	53,6
Парк автосамосвалов, рабочий	9	100,0	5	55,5
Парк автосамосвалов, списочный	12	100,0	8	67,5
Производительность автосамосвала в год, т	103500	100,0	155250	150,0
Эксплуатационные расходы в год, тыс. руб.	308,9	100,0	221,0	71,8
Капитальные затраты, тыс. руб.	483,3	100,0	456,7	94,9
Стоимость транспортирования 1 т горной массы, коп.	24,8	100,0	17,7	71,3

Подъем в автосамосвалах МАЗ-530 при одной и той же производительности карьера обходится несколько дороже, чем в автосамосвалах МАЗ-525, из-за большого удельного расхода энергии и стоимости подъемной установки.

На рис. 85 отражено потребное количество автосамосвалов при определенной производительности и различной глубине карьера. Так, при глубине 50 м при автотранспорте требуется 6 автосамосвалов МАЗ-530, а при подъеме с откаткой в карьере и на поверхности — 5. При глубине же 400 м необходимо соответственно 14 и 8 самосвалов. Таким образом, с увеличением глубины разработок при сохранении той же производительности потребное количество автосамосвалов при автотранспорте становится почти вдвое больше числа самосвалов, достаточного при осуществлении выдачи их на поверхность автомобильными подъемниками.

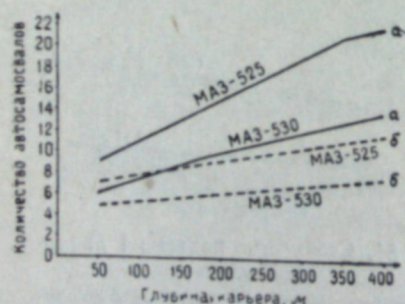


Рис. 85. Количество автосамосвалов, потребное при автомобильном транспорте (а) и при подъеме, включая откатку в карьере и на поверхности (б).

На рис. 86 показано изменение стоимости 1 ткм транспортирования от глубины разработок. Характерно, что стоимость 1 ткм автомобильного транспорта с увеличением глубины карьера незначительно уменьшается, наоборот, стоимость 1 ткм автотранспорта с применением подъемника с глубиной несколько растет, что, по-видимому, объясняется увеличением расстояния самого подъема и неизменностью расстояния откатки внутри карьера и на поверхности с глубиной. Что касается самого подъема, то стоимость 1 ткм значительно снижается с глубиной, так как основные затраты, входящие в стоимость 1 ткм, вызываются, главным образом, весом поднимаемого груза и в меньшей степени влиянием расстояния транспортирования. Вес груза, независимо от глубины, остается постоянным.

Трудовые затраты при автомобильных подъемниках не превышают

аналогичных затрат на обслуживании других видов подъема. Содержание трассы подъемника при качественной укладке железобетонных дорожных плит обеспечивает надежную работу подъемника на протяжении

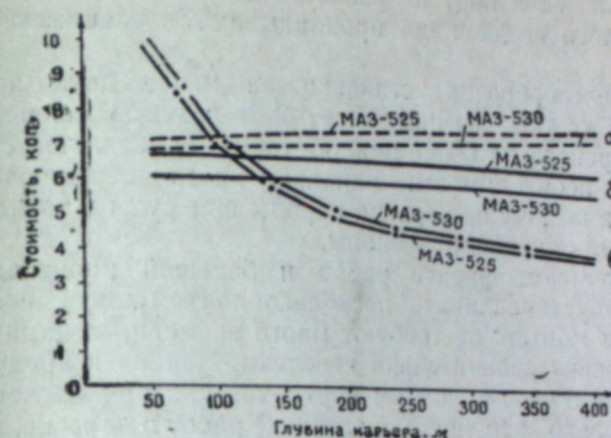


Рис. 86. Стоимость 1 ткм при собственно автомобильном транспорте (а), при собственно подъеме (б), при подъеме с автотранспортом (в).

всего его срока службы. В табл. 120 даны трудовые затраты на обслуживание подъема в течение суток (без содержания дорожных трасс) при глубине карьера 150 м.

Таблица 120

Обслуживающий персонал различных видов подъемников

Персонал	Подъем		
	конвейерный	скиповый	автомобильный
Сменные мастера	2	2	2
Машинисты	2	2	2
Электрослесари	—	—	2—4
Слесари	3—5	2—4	—
Пом. слесарей	2—4	—	2
Электрики	2	2	—
Сигналисты	—	2	—
	11—15	10—12	8—10

Примечания. а) Двухсменная работа, третья смена ремонтная.
б) При конвейерах централизованное управление.

5. Особенности ведения горных работ с автомобильными подъемниками и условия их рационального применения

Остановимся на особенностях ведения горных работ с применением автомобильных подъемников.

Установка подъемников в карьере может производиться на бортах или во флангах. Если к моменту установки подъемника на борту, где

он устанавливается, полностью завершены работы по вскрыше, то подъемник размещается в зависимости от угла откоса борта или нормально, или, что чаще, диагонально к плоскости борта.

В том случае, если борт не разнесен до его конечного положения, трассу наклонного подъемника прокладывают в специально пройденной траншее.

Наиболее целесообразна установка не менее двух подъемников. В этих случаях каждый из них может быть взаимозаменяемым на время ремонта, переноса на более нижний горизонт натяжной станции или, наконец, при необходимости одновременного переключения обоих подъемников на выдачу из карьера породы или руды в том случае, если до этого они были специализированы.

При значительном фронте работ и большой производительности карьера можно устанавливать несколько подъемников, поскольку их строительство и монтаж не требуют много времени, а капитальные затраты на установку сравнительно невелики. Наиболее предпочтительна установка подъемников на одном борту, так как при двухсторонней их установке не только затрудняется развитие работ в карьере, но и осложняется поверхностное хозяйство, которое приходится создавать на двух бортах карьера. Иногда установка подъемников на двух противоположных бортах или флангах вызывает рядом местных условий, например, трудностью размещения отвалов вблизи от карьера, если их располагать только на одном борту и т. д.

При установке подъемников на одном борту представляется возможность объединить или сблизить подъемные сооружения, иметь общие большие отвалы, близрасположенные обогатительные фабрики и приемно-погрузочные устройства для руды и т. д.

Все это позволяет снизить стоимость капиталовложений в поверхностное хозяйство карьеров.

Ввиду удобства взаимозаменяемости подъемников при наличии в карьере двух или более установок будет целесообразно для большого числа одновременно обслуживаемых подъемниками горизонтов и сокращения расстояний внутрикарьерной откатки располагать нижние станции подъемников на различной глубине. Каждый подъемник в процессе эксплуатации обслужит не менее двух-трех горизонтов: обычно — горизонт, на котором расположена натяжная станция, другой — выше ее и третий — вновь подготавливаемый для разработки. При ступенчатом расположении подъемников по глубине естественно представляется возможность иметь еще большее число горизонтов в одновременной работе.

Для сокращения расстояний откатки и для связи горизонтов между собой служат скользящие съезды. Устраиваются они в зависимости от направления потока груза к подъемнику с уклонами от 7 до 11%.

Подготовка к углублению подъемников осуществляется заблаговременно. Для этого на два горизонта вниз проводится траншея для трассы подъемника. Трасса подъемника пересекает площадку начатого разработки уступа, образуя в нем выемку. Выемка в площадке уступа обычно перекрывается мостом, служащим для сквозного движения автосамосвалов. Под мостом в выемке этого же уступа находится предохранительный целик или буфер специальной конструкции, благодаря которому на участке трассы, расположенном ниже моста, можно вести работы в безопасных условиях.

Таким образом, ко времени необходимости переноса нижней приемной станции через три уступа ниже на этом горизонте могут быть выполнены все подготовительные работы и для перехода на новую рабо-

чую площадку необходимо только убрать предохранительный буфер или целик с верхней площадки и сомкнуть трассу подъемника.

Для разработки месторождения с использованием автомобильных подъемников следует принять систему разработки с поперечной подготовкой и поперечным перемещением фронта работ*. Эта система разработки обеспечивает не только наименьшую дальность транспортирования, но также наибольшую протяженность фронта работ, наибольшее количество вскрытых и подготовленных запасов и наибольшие возможности для раздельной выемки различных сортов руд.

Скорость понижения работ при описанных способах подготовки и разработки месторождений с применением наклонных автомобильных подъемников может достигать 15—20 м в год.

При доработке месторождений углубление подъемника до дна карьера не вызывается необходимостью на последние 3—4 горизонта, особенно в тех случаях, если они имеют ограниченную площадь, могут разрабатываться с вывозкой с них горной массы на расположенную выше площадку подъемника.

Режим работы подъемника следует признать наиболее рациональным в две смены, используя третью как ремонтную. Кроме этого, в течение года автоподъемник должен иметь остановку на один месяц для осуществления крупного годовичного ремонта. На это время он должен быть подменен резервным подъемником, параллельно или в стороне от него смонтированным. На этот период наиболее целесообразно приурочивать и опускание на нижние уступы натяжной станции.

Исходя из вышесказанных соображений, число дней работы подъемника в году должно приниматься не более 270.

Автомобильные подъемники имеют следующие весьма важные достоинства:

1. Возможно с применением одних и тех же средств транспорта осуществлять откатку горной массы по горизонту; подъем на наклонной трассе (со значительным углом наклона) и откатку на поверхности до отвалов, фабрик и приемно-погрузочных устройств, избежав перегрузок горной массы.

2. Обеспечивается независимость добычных и вскрышных работ, а в случае необходимости возможна выдача с помощью одного или нескольких подъемников пустых пород вскрыши или только полезного ископаемого, что создает исключительную гибкость и удобство автомобильных подъемников в эксплуатации.

3. Возможно создание как в карьере, так и на поверхности раздельных грузопотоков по признакам сортности руд.

4. Сравнительно небольшие капитальные затраты на сооружение подъемника. Возможно быстрое его строительство и монтаж; небольшие горнокапитальные траншейные работы при диагональном его расположении по борту карьера, больший возможный угол наклона трассы, чем при конвейерных подъемниках.

5. Возможно по сравнению с откаткой из карьера автосамосвалами значительно сократить длину откатки. Последнее позволяет сократить парк дорогостоящих и дефицитных автосамосвалов, упростить гаражно-ремонтное хозяйство автотранспорта, иметь меньшее число шоферов и обслуживающего персонала, а, отсюда, и получить большую выработку на один автосамосвал и на одного занятого рабочего.

6. Сокращается протяженность карьерных дорог, а следовательно,

* Системы разработки при наклонных подъемниках впервые разработаны докт. техн. наук М. Г. Новожиловым и канд. техн. наук В. С. Хохряковым.

уменьшаются трудовые затраты и расходы на их устройство, ремонт и содержание.

7. Значительно уменьшается расход горючего, смазочных, авторезины, а также износ автосамосвалов, а следовательно, увеличивается срок их службы по сравнению с этими расходами при применении автомобильной откатки с нижних горизонтов карьера до поверхности.

8. Для доставки оборудования, людей и материалов не требуется устройство специальных автосъездов, как это бывает необходимо при конвейерных и скиповых подъемниках (где автосъезды нередко составляют около 10% от всех капитальных затрат). При автоподъемниках все необходимое в карьере доставляется автомобилями по наклонной трассе подъемника.

9. Возможно использование подъемников для спуска и подъема одних прицепов. При этом тягачи с прицепами работают только на коротких плечах в карьере по горизонту и на поверхности по главной магистрали. Это сокращает еще более число автомобилей, снижает капитальные затраты на оборудование, а в связи с этим и на 15—20% стоимость транспортирования. Некоторые трудности в маневрировании с тягачами и прицепами на верхней и нижней площадках могут быть значительно упрощены при четкой организации работ и при хорошей продуманности схемы маневровых операций. Подъем и спуск одних прицепов может осуществляться на значительно больших скоростях.

Кроме сказанного, использование прицепов имеет ряд преимуществ, которые заключаются в том, что подъем превращается из грузоподъемного только в грузовой. Это, в свою очередь, дает возможность работать на больших скоростях — до 8—10 м/сек, т. е. почти вдвое увеличить производительность подъемника, сократить обслуживающий персонал, водителей, обеспечить большую безопасность работы.

Основным недостатком автомобильных подъемников рассмотренной конструкции является: сравнительно невысокая производительность и ограниченные углы подъема.

В заключение представляется возможность наметить область целесообразного применения наклонных автомобильных подъемников.

К таким условиям следует отнести:

а) ограниченность размеров в плане месторождений, но имеющих значительную глубину залегания, предпочтительно крутое падение, пестрый состав руд, их перемежаемость с включениями пустых пород;

б) наличие как мягких, так преимущественно и скальных пород, руд средней и крупной кусковатости;

в) глубина карьера — в пределах 80—250 м, наиболее целесообразно в пределах 100—200 м;

г) уклон для трассы подъемника — в пределах 16—25° и, как исключение, до 30°;

д) возможность диагонального расположения подъемника по отношению борта карьера в целях снижения объема горнокапитальных работ;

е) производительность подъема при большегрузных автосамосвалах — в пределах 1—3 млн. т горной массы на один подъемник в год;

ж) производительность карьера при использовании двух-трех подъемников до 5—7 млн. т горной массы в год;

з) использование в качестве основного вида транспорта при разработке карьера автомобильного транспорта;

и) целесообразность применения скиповых и конвейерных подъемников, ввод которых только для доработки небольшого числа нижних горизонтов не оправдывает капитальных затрат на их устройство.

6. Особенности автомобильного транспорта при использовании его в комбинации со скиповым и конвейерным подъемом

Как было указано выше, при достижении глубины 200—250 м автомобильные подъемники по производительности и экономичности начинают уступать комбинированным видам транспорта. На этих и больших глубинах автомобильный транспорт целесообразно применять лишь в качестве сборочного с работой на коротком плече в комбинации со скиповыми или конвейерными подъемниками [96].

Автомобильный комбинированный транспорт при работе на значительных глубинах имеет большие преимущества по всем основным технико-экономическим показателям в сравнении с собственно автомобильным, железнодорожным и конвейерным транспортом [94]. В результате анализа, сделанного для Ингулецкого и Анновского месторождений, стоимость 1 т руды при разных видах транспорта получилась следующей [88] (табл. 121).

Таблица 121

Стоимость транспортирования 1 т руды при разных видах транспорта и их комбинациях, коп

Вид транспорта	При глубине карьера, м				
	60	120	180	240	300
Железнодорожный	15,9	17,8	19,8	21,9	22,8
Автомобильный					
а) 40-тонные автосамосвалы . . .	24,3	27,6	30,9	34,1	37,4
б) 40-тонные полуприцепы	18,7	21,1	23,5	25,7	28,1
Ленточные конвейеры	18,3	18,1	17,8	17,6	17,0
Комбинация железнодорожного транспорта с автомобильным	15,3	17,7	20,2	22,6	25,0
Комбинация скипового подъема с авто-транспортом	17,2	17,2	17,2	17,2	17,3
Комбинация ленточных конвейеров с авто-транспортом:					
а) дробилка на борту карьера . . .	13,8	16,2	18,7	21,1	23,5
б) дробилка в карьере	12,8	12,8	12,8	12,5	12,5

Как следует из табл. 121, комбинация автомобильного транспорта со скиповым и конвейерным подъемом является безусловно экономически целесообразной с глубины 200—250 м. Наиболее рациональной является комбинация автомобильного транспорта с ленточными конвейерами при расположении дробилки для измельчения горной массы непосредственно в карьере.

Стоимость транспортирования 1 т горной массы посредством комбинированного транспорта с ростом глубины работ возрастает довольно медленно, а при расположении дробилки в карьере даже несколько уменьшается в связи с сокращением плеча автомобильной откатки. Преимущества комбинированного транспорта (автосамосвалы + конвейеры) в сравнении с другими видами транспорта особенно велики по трудоемкости.

Подсчитанные нами сравнимые показатели стоимости и трудоемкости для карьеров различной глубины представлены в табл. 122.

Таблица 122
Стоимость транспортирования и трудоемкость при комбинированном железнодорожном и автомобильном транспорте, %

Виды транспорта	Глубина карьера, м							
	50		100		200		300	
	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость	стоимость	трудоемкость
Комбинированный:								
40-тонные автосамосвалы + конвейеры	100	100	100	100	100	100	100	100
Железнодорожный:								
80-тонные думпкары и электровазны со сцепным весом 150 т	100	270	110	320	135	440	160	500
Автомобильный:								
40-тонные самосвалы	105	240	120	290	165	320	200	350

Из табл. 122 следует, что комбинированный транспорт в карьерах глубиной 200 м в 1,3 раза по стоимости и в 4 раза по трудоемкости выгоднее железнодорожного и соответственно в 1,6 и в 3 раза выгоднее автомобильного транспорта. Поэтому целесообразность использования комбинированного транспорта на больших глубинах не вызывает сомнений. Важнейшим звеном в комбинированном транспорте является автомобильный транспорт. Его стоимость (рис. 87, 88) в общих транспортных затратах в этих случаях достигает 50%, а трудоемкость 60—65%. Кроме этого, при использовании автомобильного транспорта возможно обеспечить высокую ритмичность и поточность подачи горной массы из забоев к подъемникам (конвейерам). Автомобильный транспорт при работе на нижних горизонтах наилучшим образом и в кратчайшие сроки, с минимальными трудовыми и стоимостными затратами, обеспечивает развитие работ на глубине. С использованием его наиболее эффективно осуществляется:

- а) проходка разрезных траншей,
- б) развитие работ на вновь подготовленном к эксплуатации горизонте,
- в) устройство временных скользящих съездов,
- г) транспортные операции при углубке для нового положения дробильного узла или концевой станции подъемника,
- д) транспортные операции по доставке к экскаваторам, станкам и т. д. деталей, эксплуатационных и других материалов.

Во всех этих случаях автомобильный транспорт позволяет достичь наиболее высоких производительностей выемочно-погрузочного оборудования. Так, производительность экскаваторов при работе на большой глубине с автомобильным транспортом, как показывают расчеты, будет на 30—40% превышать производительность при железнодорожном транспорте. Строительство транспортных коммуникаций на нижних горизонтах обходится при автомобильном транспорте в несколько раз дешевле, чем при укладке железнодорожных путей. Дорожные расходы в общей стоимости транспортирования составляют небольшую часть (всего 8—10%), в то время как при железнодорожном транспорте они достигают здесь 20—25% и более.

При работе автомобильного транспорта короткий фронт работ, узкие заходки, небольшой высоты уступы, частая смена забоев, т. е. типичные явления при разработке месторождений на больших глубинах, по существу не отражаются на производительности выемочно-погрузочного и транспортного оборудования.

Автомобильный транспорт создает наиболее благоприятные условия для производства на глубине селективной разработки. При нем устраняется стесненность призабойного пространства, свойственная в этих случаях экскаваторным работам с рельсовым транспортом. При автотранспорте экскаватор может быть поставлен с торца или сбоку заходки, согласно с удобствами наиболее качественного выделения из забоя желаемых руд или пород [70].

Автомобильный транспорт

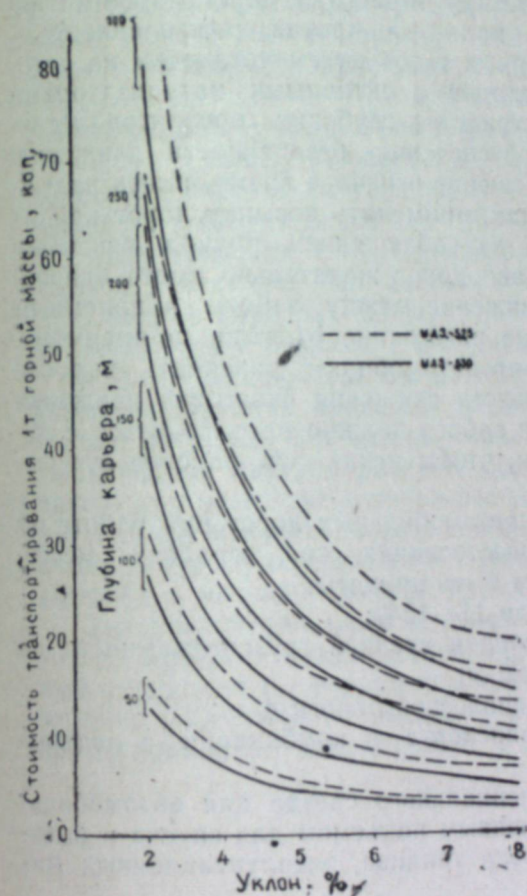


Рис. 87. Зависимость стоимости транспортирования 1 т горной массы от продольного уклона при различных глубинах карьера.

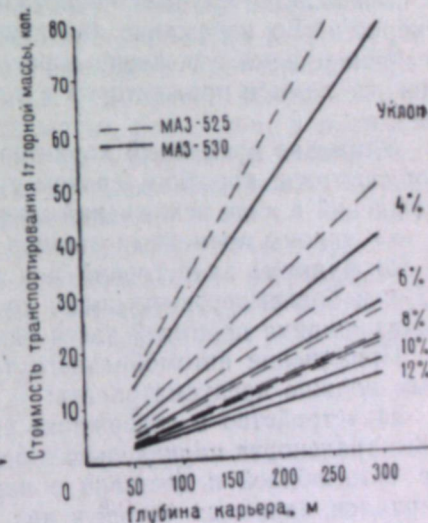


Рис. 88. Зависимость стоимости транспортирования 1 т горной массы от глубины карьера при различных уклонах автодороги.

при этом обеспечивает возможность раздельной отгрузки качественно однородной массы; допускает раздельное транспортирование различных типов сортов руд и пород; обеспечивает высокую маневренность экскаваторов в сложных забоях в целях достижения наилучших показателей сортировки неоднородной массы; допускает наиболее рациональный порядок поступления отдельных типов сортов руд в целях достижения наилучшего усреднения и повышения качественных показателей работы обогатительных и агломерационных агрегатов.

Для наибольшей эффективности работы автомобильного транспорта на больших глубинах следует стремиться к максимальному сокращению длин откатки, для чего необходимо выпрямление трасс, устрой-

ство временных съездов, ввиду того, что устраивать автомобильные дороги с улучшенными типами покрытий из-за короткого срока их службы не представляется целесообразным, необходимо также увеличение бульдозерно-грейдерного парка для использования его на регулярной очистке и планировке дорог.

Работа автомобильного транспорта на больших глубинах, как правило, сопровождается большой запыленностью и загазованностью карьерного пространства на нижних горизонтах. В связи с этим должны предусматриваться систематическая обработка дорог жидкими вяжущими веществами или частый полив, а против загазованности — применение нейтрализации выхлопных газов путем установки на автомобилях специальных нейтрализаторов с активными катализаторами [41]. Работа в ограниченном пространстве глубоких горизонтов заставляет ужесточить требования по обеспечению безопасности движения. Для этого необходимо усилить освещение в ночное время, иметь надежные ограждения дорог на поворотах, применять посыпку дорог при их обледенении, улучшить контроль за соблюдением правил движения водителями и т. д. Короткие отрезки дорог желательно иметь однопослосными, применять кольцевое движение между забоем и приемным пунктом у подъемника. Небольшие расстояния откатки, по-видимому, в большинстве случаев не позволят автомобилям развивать высокие скорости. Во избежание значительного снижения скоростей движения в ночное время освещение дорог и забоев должно производиться с помощью ламп и прожекторов с тем, чтобы исключить фаровое освещение.

Учитывая временный характер автомобильных дорог при работе на горизонтах с коротким сроком существования, при доработке месторождений в виде исключений могут быть приняты:

- а) уклоны временных съездов до 11—12%;
- б) радиусы закруглений для машин средней грузоподъемности до 15 м и большегрузных машин до 20 м;
- в) ширина проезжей части однопослосной дороги 4 м.

Применение автомобильного транспорта в комбинации с подъемным должно предусматривать:

- а) устройство и содержание специального съезда для автомобильного транспорта параллельно с основным подъемом для спуска и выезда автомобилей и доставки в карьер топлива, эксплуатационных материалов, запасных частей и др.;

- б) устройство на нижних горизонтах мастерских для производства мелких заявочных и текущих ремонтов оборудования (в том числе и автомобилей) с тем, чтобы избежать необходимости подъема или транспортирования его на поверхность.

Весьма важным при комбинированном транспорте является правильный выбор автомобильных агрегатов. При их выборе мы рекомендуем руководствоваться следующими соображениями, вытекающими из наших исследований:

1. При весьма ограниченных фронтах работ (до 100—150 м) и при работе в сложных условиях и стесненных забоях при малых плечах откатки (до 250—300 м) целесообразно использование полуприцепов с задней разгрузкой. Среди них наиболее отвечают этим условиям тягачи-самосвалы (типа турнороккеров) средней грузоподъемности, имеющие наилучшие показатели для машин этого класса по условиям маневренности, использованию мощности двигателя, вписыванию в кривые предельно малых радиусов, по удобству разгрузки на небольших площадках и т. д. При небольшой производительности и прямолинейности

дорожной трассы возможно использование думпторов, позволяющих организовать «челночное» движение транспорта.

2. При средних фронтах работ (до 200—250 м) и небольших расстояниях откатки (до 500—800 м), а также при больших уклонах скользящих съездов вполне рационально применение автомобилей-самосвалов средней грузоподъемности, с короткой базой, двухосных (желательно с двумя ведущими осями), отличающихся высокими динамическими качествами.

3. При значительных фронтах работ (более 250 м) и расстоянии откатки (свыше 800 м), прямолинейности линии забоев, малой стесненности призабойного пространства и сравнительно небольших уклонах (не превышающих 6—7%) целесообразно использование полуприцепов с боковой разгрузкой. Благодаря возможности быстрой разгрузки в приемных пунктах, движению в карьере на высоких скоростях, полуприцепы с боковой разгрузкой позволяют развить высокую производительность, которая достигает 600—700 тыс. т и более на автомобиль в год. Себестоимость 1 ткм перевозок при полуприцепах с боковой разгрузкой составляет (по данным технико-экономических расчетов для Ингулецкого карьера) 3,3 коп., в то время как в этих же условиях МАЗ-530 дает стоимость 1 ткм 4,6 коп. [88].

4. Для успешной работы автомобильного транспорта на нижних горизонтах глубоких карьеров, во избежание скопления автомобилей в местах погрузки и в целях создания меньшей грузонапряженности движения на внутрикарьерных дорогах и ускорения оборачиваемости машин при разгрузке в приемные устройства, желательно для каждого экскаватора иметь в обороте возможно меньшее число автомобилей. Ввиду этого автомобильные агрегаты должны быть наиболее маневренными и не ниже средней грузоподъемности.

Для увеличения фронта работ при работе автотранспорта в глубоких карьерах возможна проходка дополнительных разрезных траншей с крутыми скользящими съездами, разрезка уступов на подступы, ведение разработок на нижних горизонтах одновременно во взаимно противоположных направлениях и т. д.

ГЛАВА XI

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК С АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ В СССР

1. Оценка автомобильного транспорта в сопоставлении с железнодорожным в условиях карьеров

Прежде чем приступить к рассмотрению возможностей расширения области применения автомобильного транспорта и возможности замены им наиболее распространенного на карьерах железнодорожного транспорта необходимо сделать их сравнительную оценку [25]. При сравнении автомобильного и железнодорожного транспорта в карьерах принято считать, что автотранспорт способствует достижению более высоких выработок экскаваторами и лучшему их использованию, чем железнодорожный, вследствие:

- а) больших возможностей обеспечить непрерывность подачи транспорта к экскаватору;
- б) меньшего угла поворота экскаватора на погрузку, чем при железнодорожном транспорте;
- в) отсутствия связывающих работу экскаватора передвижных железнодорожных путей;
- г) более простой организации работ.

Ввиду этого при погрузке в автосамосвалы время чистой работы экскаваторов больше, чем при погрузке в думпкары.

Н. Г. Домбровский [65], рассматривая лучшие показатели работы экскаваторов на карьерах, утверждает, что коэффициент использования экскаваторов при железнодорожном транспорте достигает 0,76, а при автомобильном — 0,96, т. е. время чистой работы экскаваторов с погрузкой в автотранспорт на 20—25% больше.

Л. Г. Тымовский [103] считает, что увеличение производительности экскаваторов достигает 25—30% благодаря значительному сокращению простоев экскаваторов по транспортным условиям.

Однако, как нами установлено, приведенные выводы при сравнении этих двух видов транспорта не всегда подтверждаются имеющими место производительностями экскаваторов на ряде действующих карьеров.

Об этом свидетельствуют показатели работы по Сибавскому карьеру, имеющему наиболее совершенную организацию работы автотранспорта (табл. 123).

Производительность экскаваторов при железнодорожном транспорте оказалась на 16% выше. Характерно также и то, что при погрузке в железнодорожный транспорт каждый экскаватор (кроме № 6) давал более высокую производительность.

Таблица 123

Производительность экскаваторов на 1 м³ емкости при автомобильном и железнодорожном транспорте (Сибавский рудник 1958 г.)

Автомобильный транспорт				Железнодорожный транспорт			
марка экскаватора	№ экскаватора	емкость ковша, м ³	на 1 м ³ емкости ковша, м ³	марка экскаватора	№ экскаватора	емкость ковша, м ³	на 1 м ³ емкости ковша, м ³
СЭ-3	3	3,0	82253	СЭ-3	1	3,0	107702
СЭ-3	4	3,0	134387	СЭ-3	6	3,0	99225
СЭ-3	10	3,0	88585	СЭ-3	14	3,0	138835
СЭ-3	15	3,0	122644	СЭ-3	20	3,0	148710
СЭ-3	17	3,0	96258	ЭКГ-4	21	4,0	88162
ЭКГ-4	22	4,0	80580				

В среднем на 1 м³ емкости ковша экскаватора 100788 м³

В среднем на 1 м³ емкости ковша экскаватора 116427 м³

Для установления причин снижения производительности экскаваторов при автомобильном транспорте мы проанализировали работу пяти экскаваторов, которые на протяжении месяца обслуживались ежемесячно 28 автосамосвалами МАЗ-525. Среднесменные показатели работы этих машин в течение месяца представлены на графике (рис. 89), из которого видно, что автосамосвалы работали неравномерно, а число сделанных ими рейсов было различным из-за позднего выезда из гаража, преждевременного возвращения с работы в связи с мелкими неисправностями, а также из-за различных производственных неполадок, главным образом в забоях и на отвалах. В результате экскаваторы были обеспечены автосамосвалами в среднем на 79%, причем было выполнено лишь 67,5% рейсов, необходимых для бесперебойной работы экскаваторов.

Таким образом, автомобильный транспорт, способствующий повышению производительности экскаваторов в случаях обеспечения их в достаточном количестве автосамосвалами, теряет свои преимущества перед железнодорожным транспортом в случаях неритмичной работы автосамосвалов в течение смены.

Поэтому при применении автотранспорта в карьерах необходима более совершенная и четкая организация работы и более высокая культура производства, чем при железнодорожном транспорте, а также наличие резерва исправных автосамосвалов для восполнения выходящих с линии в течение смены. Только при этих условиях может быть реализовано преимущество автомобильного транспорта в создании условий для высокоэффективной работы экскаваторов.

Рассмотрим влияние грузоподъемности автосамосвалов на основные показатели автомобильного транспорта.

В табл. 124 приведены лучшие из среднегодовых показатели перевозочных карьеров, применяющих автомобильный транспорт (данные за 1958 г.).

Несмотря на то, что расстояние транспортирования на указанных карьерах изменяется в пределах 1—2 км, все же по этим данным и проектным материалам представляется возможным установить некоторую зависимость, характерную для современного состояния автотранспорта на карьерах.

Как следует из приведенной табл. 124 и рис. 90 пробег автосамо-

Среднегодовые показатели работы автотранспорта на передовых карьерах

Карьер	Марка автосамосвала	Среднее расстояние транспортирования, км	За год на списочный автосамосвал		
			пробег, км	производительность	
				т	ткм
Сибавский	МАЗ-525	2,0	55640	280600	580300
Учалинский	МАЗ-210Е	1,1	41500	110000	155700
Блявинский	»	1,4	52800	133530	186700
Уфалейский	МАЗ-205	1,1	40100	64500	73500
Кимперсайский	»	1,3	45000	60000	80000
Балаклавский	»	1,5	н. д.	48070	69000

свалов колеблется от 40,1 до 55,6 тыс. км в год, а пробег на 1 т грузоподъемности изменяется от 1,55 до 9 тыс. км. Зависимость эта имеет вид плавной кривой, причем, пробег возрастает с ростом грузоподъемности на 1 т веса автомобиля.

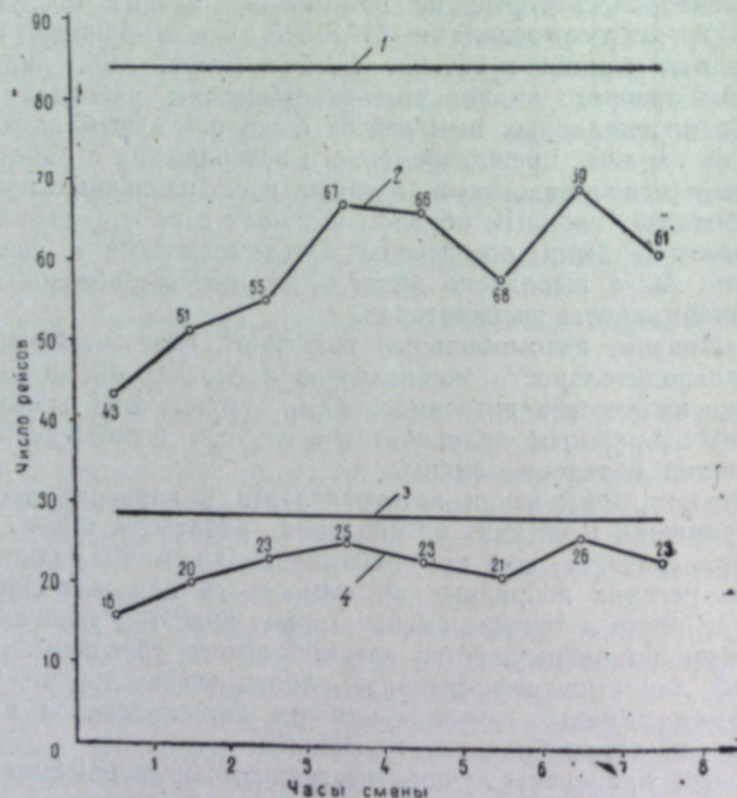


Рис. 89. Среднесменные показатели работы автосамосвалов МАЗ-525 на Сибавском карьере:

1 — число рейсов, необходимое для обеспечения работы экскаваторов в час; 2 — фактическое число рейсов автосамосвалов; 3 — число автосамосвалов, необходимое для обеспечения работы экскаваторов в час; 4 — число фактически работавших автосамосвалов.

Производительность 25-тонных самосвалов в год достигает 280 тыс. т. Лучшие показатели, отнесенные на тонну грузоподъемно-

сти, имеют небольшие самосвалы (13 тыс. т в год у МАЗ-205 против 11 тыс. т в год у МАЗ-525).

Производительность в тонна-километрах выше всего была достигнута при 25-тонных автосамосвалах и составляла 580 тыс. ткм в год. На 1 т приходится в год 23 тыс. ткм у 25-тонных самосвалов и 15 тыс. ткм у 5-тонных машин.

Это зависит от длины транспортирования, при которой используются большегрузные машины, и вполне закономерно с точки зрения снижения стоимости автомобильных перевозок.

Производительность с ростом грузоподъемности на 1 т веса машины несколько снижается, что зависит не только от увеличения расстояния транспортирования, но, главным образом, от снижения скоростей (на 20—25% у большегрузных автосамосвалов по сравнению с машинами малой грузоподъемности).

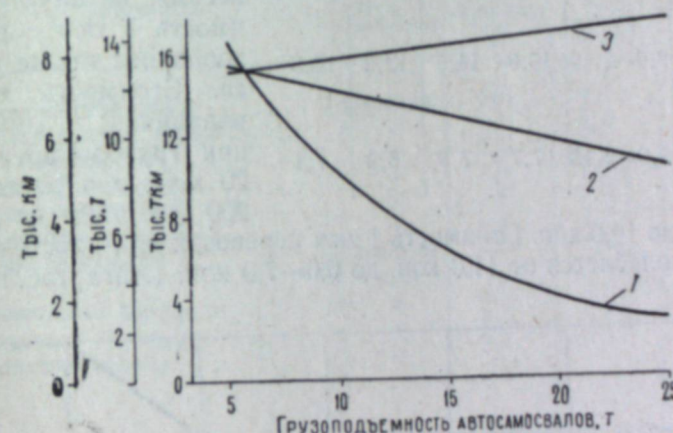


Рис. 90. Показатели работы автосамосвалов на 1 т грузоподъемности:

1 — пробег; 2 — производительность, тыс. т; 3 — то же, тыс. ткм.

Произвести сопоставление рассмотренных показателей большегрузных автосамосвалов с аналогичными годовыми показателями паровозов и электровозосоставов ввиду недостатка отчетных данных не представляется возможным. Однако, по имеющимся сведениям, для расстояний откатки 2—2,5 км производительность паровозосостава в год достигает на карьерах Урала 800—1000 тыс. т, т. е. если состав состоит из четырех думпкаров, то производительность одного 50-тонного думпкара примерно равна производительности 25-тонного автосамосвала.

Рассмотрим второй весьма важный вопрос — зависимость стоимости перевозок от различных факторов и сравнительные показатели экономичности автомобильного и железнодорожного транспорта.

Произвести такое сравнение обоих видов транспорта в одинаковых условиях на одном карьере почти не представляется возможным, так как не одинаковы ни расстояния транспортирования, ни соотношения объемов перевозимых пород. Поэтому для установления основных закономерностей нами использованы отчетные данные ряда карьеров, проектные материалы и расчетные показатели.

Наиболее низкие показатели стоимости автомобильных перевозок (среди карьеров Советского Союза) были достигнуты на Сибавском карьере (табл. 125).

На основании лучших показателей Сибавского, Учалинского, Блявинского и др. рудников и отдельных показателей Волгодонского, Ан-

гартгэсстрой и Куйбышевгидрострой, использовавших большегрузный автомобильный транспорт, нам удалось определить основную зависимость в изменении стоимости перевозок и установить оптимальные показатели, характерные для отечественных карьеров.

Как видно из графика (рис. 91) стоимость транспортирования 1 т горной массы повышается пропорционально увеличению расстояния,

Таблица 125

Достигнутые показатели стоимости автоперевозок на Сибавском карьере

Показатель	Расстояние транспортирования, км	1955 г.	1956 г.	1957 г.	1958 г.
Стоимость перевозок, 1 т, коп.	2,0—2,15	15,0	14,6	12,2	15,3
Стоимость 1 ткм перевозок, коп.	2,0—2,15	7,7	7,0	6,9	7,1

от 6,0 коп. до 14,0 коп. Стоимость 1 ткм перевозок при расстоянии от 200 до 3000 м колеблется от 11,0 коп. до 6,0—7,0 коп. (Ангартгэсстрой и др.).

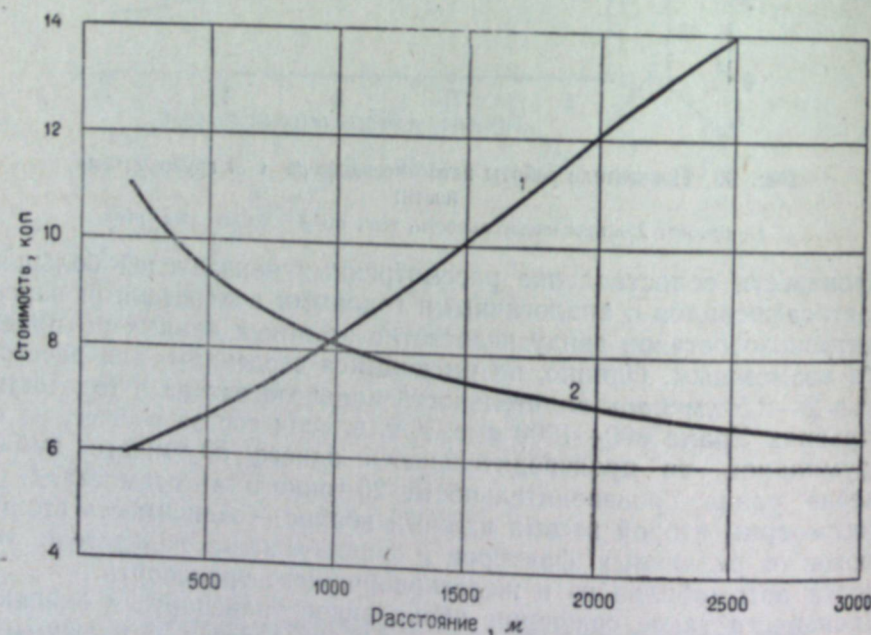


Рис. 91. Зависимость стоимости транспортирования 1 т горной массы (1) и стоимости 1 ткм перевозок (2) автосамосвалами МАЗ-525 от расстояния транспортирования.

Лучшие из достигнутых показатели являются далеко не предельными и, по-видимому, при надлежащей организации работ в карьерах и упорядочении эксплуатации автомобильного транспорта могут быть снижены на 30% и более. Однако для сопоставления с железнодорожным транспортом они пока могут считаться характерными.

Если на преобладающем большинстве отечественных карьеров, применяющих автомобильный транспорт, расстояния транспортирования изменяются от 1—1,1 до 2,5—2,7 км, то при железнодорожном транспорте эти расстояния значительно больше и обычно составляют от 3 до 7—8 км и более. Поэтому в одинаковых условиях сопоставление этих видов транспорта затруднительно.

Воспользовавшись зависимостью, показанной на кривой (рис. 91), приведем стоимость 1 ткм при железнодорожном транспорте и возможные значения при тех же расстояниях в случае использования автомобильного транспорта (табл. 126, данные за 1958 г.).

Таблица 126

Стоимость 1 ткм железнодорожных перевозок на Уральских карьерах

Предприятие	Род тяги при ж.-д. транспорте	Расстояние транспортирования, км	Стоимость 1 ткм при ж.-д. транспорте, коп.	Стоимость в случае применения автотранспорта, коп.
Первоуральский карьер	Паровозы	2,0	4,7	7,0
Гороблагодатский карьер	»	2,8	5,1	6,7
Бакальские карьеры	»	3,0	5,9	6,5
Сибавский карьер	»	3,7	1,8	от 5,5 до 6,0
Коркинские карьеры	»	5,0	2,5	
Богословские карьеры	»	6,0	1,7	
Бакальские карьеры	Электро- возы	6,0	2,5	от 4,5 до 5,5
Высокогорский карьер	»	6,2	2,8	
Богословские карьеры	»	7,0	1,2	
Коркинские карьеры	»	7,5	1,5	

Из табл. 126 можно сделать вывод, что в пределах наиболее распространенных при автомобильном транспорте расстояний стоимость 1 ткм равна или в 1,3—1,5 раза выше, чем при паровозной тяге. Однако с увеличением расстояния этот разрыв резко увеличивается и стоимость 1 ткм при автомобильном транспорте больше стоимости паровозной тяги в 2—3 раза, а электровозной даже до 4 раз. При этом не следует забывать, что принятые для сопоставления стоимости автомобильного транспорта соответствуют лучшим показателям передовых предприятий и относятся к наиболее мощным отечественным самосвалам, эксплуатирующимся на карьерах, МАЗ-525.

Стоимость 1 ткм при автомобильном транспорте изменяется в больших пределах. По данным 24 действующих карьеров [13], она равна: при автомобилях грузоподъемностью 25 т (МАЗ-525) от 6,96 до 9,8 коп., при автомобилях грузоподъемностью 5 т (МАЗ-205) от 10,3 до 13,6 коп., при автомобилях грузоподъемностью 10 т (ЯАЗ-210Е) от 10,4 до 12,0 коп.

По наилучшим достигнутым показателям и существующим предположениям для перспективного снижения стоимости 1 ткм составлен график (рис. 92), из которого видно, что наименьшая достигнутая стоимость 1 ткм при автосамосвалах МАЗ-205 составляет 8,0 коп., при автосамосвалах ЯАЗ-210Е — 7,2 коп. и МАЗ-525 — 5,2 коп. (Сибавский рудник).

Эти показатели нельзя считать предельными (см. табл. 127). Еще больше снизить стоимость автотранспорта в карьерах можно при использовании автосамосвалов МАЗ-530 грузоподъемностью 40 т, при которых, благодаря повышению производительности на 1 т грузо-

подъемности, уменьшению относительного числа обслуживающего и водительского состава, сокращению ремонтных работ и т. д., стоимость перевозок приблизится к лучшим показателям американских карьеров.

Кроме этого, следует учитывать, что расстояния транспортирования при автомобильном транспорте сокращаются по сравнению с железнодорожным транспортом в 2,5—3 раза (уклоны вместо 0,020—

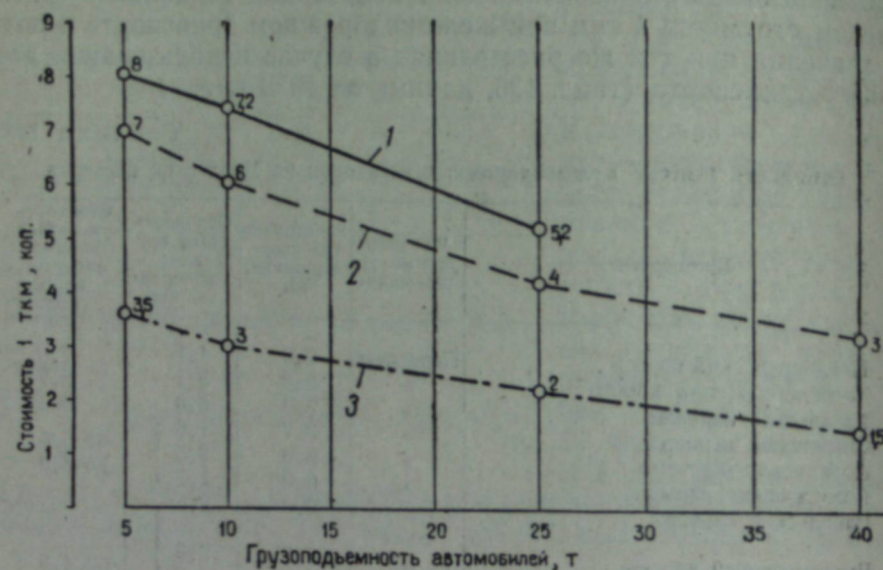


Рис. 92. Себестоимость 1 т·км автоперевозок:

1 — достигнутая; 2 — возможная после проведения технических и организационных усовершенствований автотранспорта; 3 — относительная стоимость автотранспорта по сравнению с железнодорожным.

0,040 составляют 0,080—0,100), при этом во столько же раз снижается и относительная стоимость перевозок. При таком сопоставлении автомобильный транспорт по стоимости 1 т·км может вполне конкурировать

Таблица 127

Фактический и возможный состав затрат в стоимости 1 т·км для большегрузных автосамосвалов (МАЗ-525, Сибавский карьер, данные за 1958 г.)

Наименование затрат	Фактический		Возможный при улучшении работы транспорта	
	коп.	%	коп.	%
Заработная плата основная	1,2	16,5	0,7	17,2
Заработная плата дополнительная и начисления	0,2	3,0	0,1	3,0
Амортизация	1,7	24,1	1,0	25,6
Топливо	0,4	5,3	0,3	7,8
Смазочные материалы	0,2	2,6	0,1	2,5
Авторезина	1,5	21,3	0,8	18,9
Текущий ремонт	1,1	15,9	0,5	12,5
Цеховые расходы	0,6	8,4	0,3	8,0
Содержание карьерных автомобильных дорог	2,0	2,9	0,2	4,5
	6,9	100,0	4,0	100,0

вать с электровозным при расстояниях транспортирования до 7 км. Если при расчетах стоимость карьерных перевозок на 5 т автосамосвалах (МАЗ-205) принять за 100%, тогда в аналогичных условиях стоимость перевозок 10 т автосамосвалами (ЯАЗ-210Е, ЯАЗ-222) будет равна 90%, 25 т (МАЗ-525) — 60% и 40 т (МАЗ-530) — 50%.

По расчетам Востсибгипрошахта для Черногорского угольного карьера, стоимость транспортирования 1 м³ автосамосвалами МАЗ-525 составила 46,4 коп., а автосамосвалами грузоподъемностью 50 т лишь 28,8 коп., т. е. на 38% ниже.

По данным американских карьеров Касл-Доум [18], стоимость 1 т·км при использовании автосамосвалов грузоподъемностью 50 т была на 17% ниже, чем при 34 т автосамосвалах. По данным карьеров Кайзер-Стил, стоимость откатки 36 т самосвалами составила 87,9% от стоимости откатки 22 т. Транспортирование 64 т машинами равнялось 68,8% от стоимости транспортирования 22 т автосамосвалами [130].

Сравнительные показатели (в % отношении) для 34 и 50 т автосамосвалов по данным американских карьеров [133].

Показатели

Грузоподъемность, т	34	50
Производительность, %	100,0	150,0
Тонно-километры в смену, %	100,0	134,0
Трудоемкость эксплуатации, %	100,0	100,0
Расход топлива, %	100,0	109,0
Расход шин, %	100,0	157,0
Трудоемкость ремонтов, %	100,0	89,0
Расход запасных частей, %	100,0	104,0
Общие расходы, %	100,0	110,0
Стоимость т·км, %	100,0	83,0

По данным американских карьеров стоимость транспортирования полуприцепами составляет 60% от стоимости доставки автосамосвалами равной грузоподъемности. Исследования показывают, что с выпуском в СССР 100—120 т карьерных автосамосвалов-полуприцепов стоимость 1 т·км может быть снижена до 1,8—2,0 коп. т. е. быть в 2,5 раза меньше, чем при МАЗ-525.

Сопоставление стоимости 1 т·км перевозок по элементам затрат на карьерах Советского Союза (табл. 128) со средними показателями стоимости перевозок на американских угольных карьерах штатов Огайо и Иллинойс характеризуется данными табл. 129.

При этом затраты на топливо и смазочные материалы почти равновелики, но зато амортизационные отчисления при большегрузных автосамосвалах на карьерах СССР составляют 21,5%, достигая 28,8%, в то же время на карьерах США за счет удлинения срока эксплуатации автомобилей и более низкой их стоимости они составляют 18,5%. Стоимость авторезины на карьерах СССР составляет 17,2% и достигает 22% от стоимости т·км. На американских карьерах за счет лучшего качества резины и хорошего состояния дорог в карьерах расходы на резину составляют в среднем 15,3%.

Затраты на ремонты и обслуживание автосамосвалов на карьерах США выше, чем на карьерах СССР, чем объясняется большая надежность в эксплуатации и более длительный срок службы автосамосвалов. Характерно, что только затраты на запасные части и ремонтные материалы в общей стоимости 1 т·км перевозок составляют 13,6%.

На большинстве американских карьеров при расстояниях откатки до 3—5 км стоимость автомобильного транспорта ниже стоимости железнодорожного (табл. 130).

Стоимость 1 ткм перевозок автомобильным

Затраты	Карьеры											
	Лебединский		Сибавский		Блявинский		Учалинский		Кимперсайский		Сорский	
	коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%
Зарплата и начисления	2,8	41,3	1,1	15,4	4,1	29,3	3,2	30,2	2,3	32,9	2,6	22,8
Топливо и смазочные материалы	0,6	9,0	0,5	7,8	1,2	8,6	1,2	11,3	0,5	7,8	0,7	6,4
Ремонт автосамосвалов	1,4	19,8	1,2	17,7	2,3	16,5	—	—	1,3	18,6	2,8	24,7
Авторезина	0,4	5,3	1,2	17,3	3,0	21,4	2,4	20,5	2,0	14,3	1,6	14,2
Амортизация	1,1	16,0	2,0	28,8	2,2	15,6	2,6	26,6	1,0	14,1	1,7	14,9
Прочие	0,6	8,6	0,9	13,0	1,2	8,6	1,2	11,4	0,9	12,3	1,8	17,0
Стоимость 1 ткм перевозок	6,9	100,0	6,9	100,0	14,0	100,0	10,6	100,0	8,0	100,0	11,4	100,0

Примечание. Данные по Соколовскому, Сибавскому, Сорскому и Кимперсайскому карьерам

Таблица 129

Стоимость 1 ткм перевозок автотранспортом на карьерах США

Элементы затрат	Величина затрат	
	центов	%
А. Эксплуатация		
Зарплата и социальное страхование	1,39	29,8
Топливо и смазочные материалы	0,35	7,5
Надзор	0,09	2,0
Б. Ремонт		
Зарплата и социальное страхование	0,65	13,3
Материалы и запасные части	0,59	13,6
Авторезина	0,76	15,3
В. Амортизация		
	0,87	18,5
	4,70	100,0

Как видно по данным табл. 130, использование на Канадских карьерах автомобильного транспорта взамен электровозного позволило снизить транспортные эксплуатационные расходы на одну тонну полезного ископаемого на 54,4%.

Большая экономичность перевозок автомобильным транспортом по сравнению с железнодорожным транспортом на американских карьерах объясняется:

а) высоким развитием американской автомобильной промышленности, выпускающей приспособленные для тяжелых условий горных работ

транспортом на рудных и угольных карьерах

Таблица 128

ры													
да								уголь					
Кургаши- канский		Алтын-Топ- канский		Кальмакп- ский		Соколов- ский		Бегичевский		Софронов- ский		Томь-Усин- ский № 7—8	
коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%	коп.	%
2,9	24,8	4,4	29,6	2,4	22,6	1,9	17,0	2,1	29,0	2,0	29,0	2,5	28,0
0,8	6,7	1,1	7,2	0,7	6,6	0,9	8,3	0,6	8,0	0,5	7,0	0,6	7,0
2,8	24,0	3,5	23,5	3,0	28,3	2,0	17,4	1,2	17,0	1,4	20,0	1,4	16,0
2,1	18,0	2,0	13,5	1,9	17,9	2,3	20,0	1,5	21,0	1,2	18,0	1,8	22,0
1,4	12,0	1,4	9,4	1,6	15,2	2,4	20,8	1,6	22,0	1,7	23,0	2,1	24,0
1,7	14,5	2,5	16,8	1,0	9,4	2,0	16,5	0,2	3,0	0,2	3,0	0,3	3,0
11,7	100,0	14,9	100,0	10,6	100,0	11,5	100,0	7,2	100,0	7,0	100,0	8,7	100,0

ерам приведены за 1958 г., а по остальным карьерам за 1959 г.

Таблица 130

Транспортно-эксплуатационные расходы при железнодорожном транспорте на асбестовых рудниках Бритиш-Канадизн (в %)

Статья затрат	Электровозный железнодорожный транспорт	Автомобильный транспорт	Стоимость автотранспорта по отношению к железнодорожному транспорту
Уход и содержание железнодорожных путей и автодорог	18,0	15,5	37,3
Текущее обслуживание и ремонт транспортных средств	28,6	22,6	40,7
Содержание шоферов и поездных бригад	47,6	29,6	19,4
Содержание и обслуживание отвалов	3,4	7,4	64,9
Электроэнергия, жидкое топливо, смазка	2,4	10,0	126,5
Покрывки и камеры	—	14,9	—
	100,0	100,0	45,6

вполне надежные в эксплуатации автомобили сравнительно невысокой стоимости (в сопоставлении с транспортными средствами железнодорожного транспорта);

б) низкой стоимостью нефтяного топлива и смазочных материалов;

в) преимущественным применением на карьерах автомобилей большой грузоподъемности, оказывающихся в эксплуатации наиболее экономичными;

г) хорошей организацией технического обслуживания и ремонтных автомобилей при бесперебойном обеспечении их ремонтными материалами и особенно запасными частями и сменными агрегатами;

д) высококачественными дорогами с покрытием, соответствующим грузоподъемности применяемых большегрузных автомобилей, и совершенным уходом и ремонтом за дорогами;

е) высокой проходимостью и длительным сроком службы шин, своевременным и хорошо организованным ремонтом их;

ж) правильным выбором условий применения автомобильного транспорта, главным образом при разработке месторождений, ограниченных по площади и со значительной глубиной залегания (руда) или пространственно обширных и небольшой мощности (уголь).

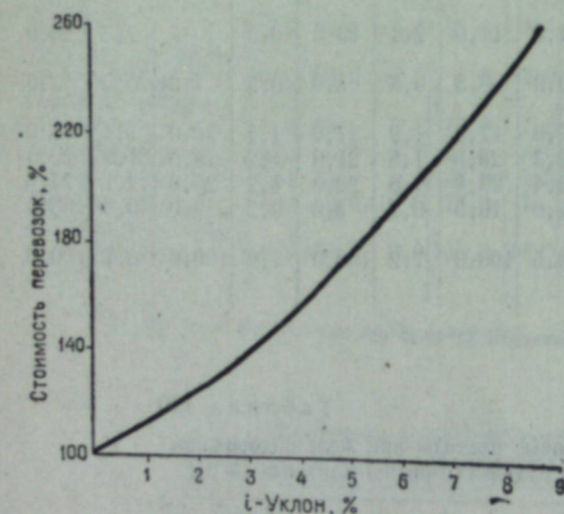


Рис. 93. Влияние величины уклона на стоимость автомобильного транспорта.

Важным фактором при сопоставлении автомобильного транспорта с железнодорожным, оказывающим влияние на стоимость транспортирования, является величина уклонов дорог в карьерах. Влияние величины уклона на стоимость автомобильного транспорта представлено на рис. 93.

Кривая графика указывает на значительное увеличение стоимости транспортирования с увеличением уклонов и свидетельствует, что сравнение железнодорожного и автомобильного транспорта часто оказывается не вполне правильным, если не учитывать преодолеваемые уклоны.

Наряду с высокими техническими возможностями автомобильного транспорта в преодолении больших уклонов, вскрывается весьма серьезный недостаток резкого увеличения стоимости транспортирования на предельных уклонах. Вот почему применение автомобильного транспорта наиболее эффективно на коротких плечах и съездах с оптимальными уклонами дорожных трасс.

Остановимся на вопросе трудоемкости работ при автомобильном и железнодорожном транспорте.

Для рассмотрения нами приняты два карьера медно- и железорудный, где применяются оба вида транспорта. На первом карьере — автосамосвалы МАЗ-525 и паровозы серии Э с пятью-шестью 50 т думпками в составе. На втором карьере — автосамосвалы ЯАЗ-210Е и паровозы серии 9П с четырьмя сорокатонными думпками в составе.

Показатели сведены в табл. 131.

1. Производительность труда на одного рабочего, занятого на внутрикарьерном транспорте при использовании автосамосвалов МАЗ-525 выше, чем при железнодорожном транспорте с паровой тягой. При автосамосвалах ЯАЗ-210Е производительность труда ниже, чем при железнодорожном транспорте.

2. При относительно близких по величине расстояниях транспортирования и объему выполненных работ в ткм трудовые затраты при автомобильном транспорте автосамосвалами МАЗ-525 ниже, чем при

Показатели производительности на железнодорожном и автомобильном транспорте (Меднорудный и Гороблагодатский карьеры)

Показатель	Автомобильный транспорт		Железнодорожный транспорт			
	Меднорудный		Гороблагодатский	Меднорудный		Гороблагодатский
	1957 г.	1958 г.	1957 г.	1957 г.	1958 г.	1957 г.
Среднее расстояние транспортирования, км	2,10	2,20	0,9	3,6	3,7	2,5
Перевезено горной массы, тыс. т	12495	17515	4042	2998	4402	7713
Сделано тыс. ткм	26929	37295	2865	10038	22697	22447
Занято рабочих на внутрикарьерном транспорте	430	627	206	394	466	550
Занято рабочих на вывозке горной массы	199	247	54	112	136	150
Выработано на внутрикарьерном транспорте, чел.-смен	119169	170034	55820	104480	125384	148500
Производительность на одну отработанную чел.-смену, ткм	246	219	52	100	181	152
Производительность на одного транспортного рабочего в год, ткм	62630	59480	14320	25490	48700	40810
Производительность на одного рабочего, занятого на транспортировании горной массы в год, ткм	135320	150990	53060	89620	166900	149650

железнодорожном транспорте, но значительно возрастают в случаях применения автосамосвалов ЯАЗ-210Е.

Это позволяет считать трудоемкость автомобильного транспорта в автосамосвалах МАЗ-525 примерно равной по трудоемкости железнодорожному транспорту с паровой тягой.

Исследования показывают, что с увеличением грузоподъемности автосамосвалов и грузооборота карьера трудоемкость автомобильного транспорта становится не выше, чем при железнодорожном электрифицированном транспорте.

Производительность труда и трудоемкость автомобильного и железнодорожного транспорта на Ингулецком железорудном карьере (по данным Кривбасспроекта)

Показатель	Автомобили грузоподъемностью, 40 т	Тепловозы с думпками грузоподъемностью 80 т
Среднегодовая производительность труда трудящегося, т	3810	3295
Трудоемкость транспорта на 100 0 т горной массы	8,2	10,9

В заключение рассмотрим влияние климатических и метеорологических факторов на работу обоих видов транспорта.

Снижение показателей производительности и повышение стоимости
автомобильного транспорта в зависимости от влияния климатических

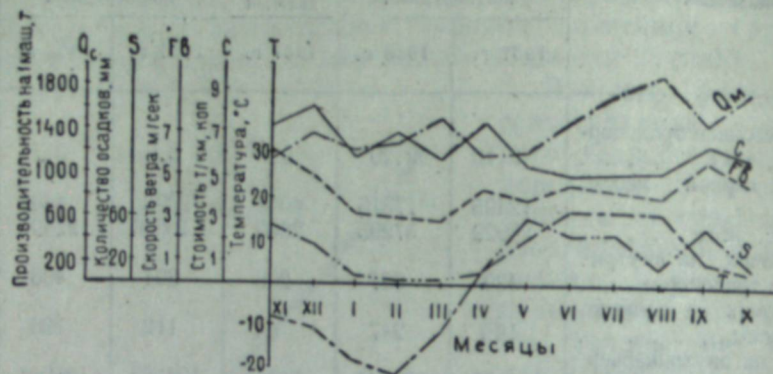


Рис. 94. Влияние метеорологических условий на основные показатели автомобильного транспорта на Сибяевском карьере.

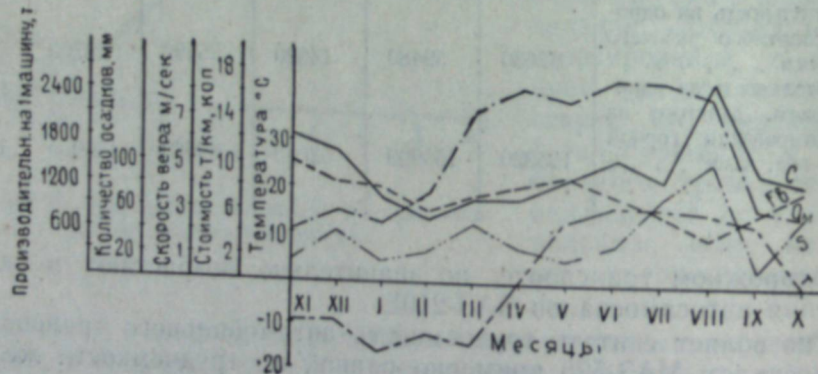


Рис. 95. Влияние метеорологических условий на основные показатели автомобильного транспорта на Гороблагодатском карьере.

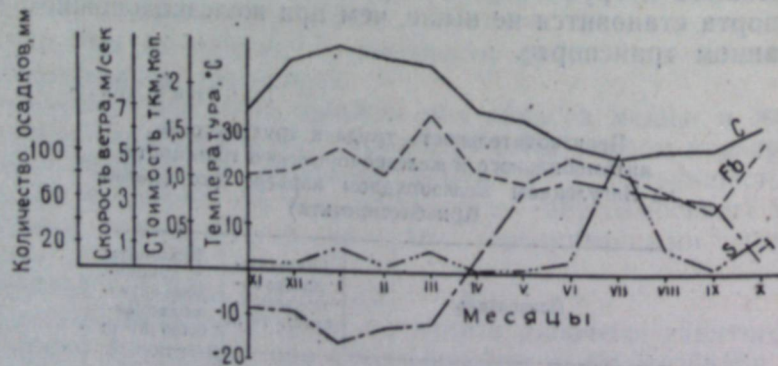


Рис. 96. Влияние метеорологических условий на основные показатели работы железнодорожного транспорта на Сибавевском карьере.

и атмосферных условий нами было исследовано на ряде карьеров Урала и Сибири. При этом установлено, что производительность автотранспорта в зимнее время по сравнению с летним снижается на 25—35%, се-

бестоимость соответственно возрастает на 25—30%. На работу автомобильного транспорта оказывает, как правило, влияние совокупности сезонных метеорологических явлений. Однако некоторые метеорологические явления (например, снежные заносы, затяжные дожди и т. д.) оказывают более сильное влияние и приводят к перерывам в работе автомобильного транспорта [16]. Общее число нерабочих дней по климатическим и метеорологическим факторам достигает в Сибири и Казахстане 18—20 и на Урале 12—15 дней в году. Влияние этих факторов обычно снижается с увеличением грузоподъемности автомобилей. Так,

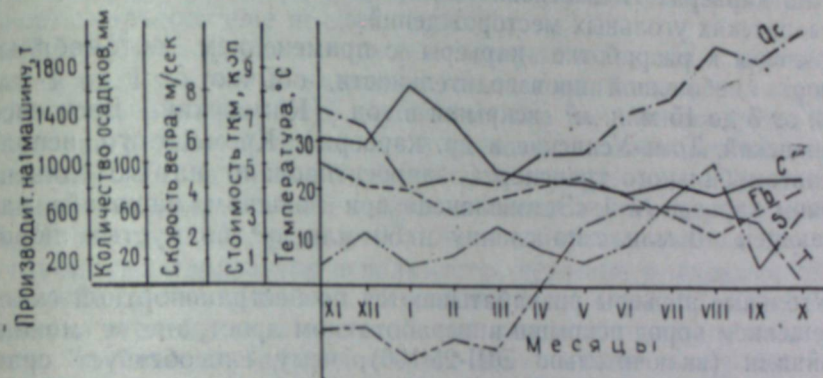


Рис. 97. Влияние метеорологических условий на основные показатели работы железнодорожного транспорта на Гороблагодатском карьере.

при осадках, достигающих в весенний и осенний период 25—30 мм в месяц, эксплуатационные расходы для 25 т автосамосвалов составляли 120%, а для 10 т—163% от средних расходов. В течение сухого летнего периода эксплуатации расходы были 65—67% от средних расходов. Влияние метеорологических условий на основные показатели железнодорожного и автомобильного транспорта представлено на рис. 94, 95, 96, 97.

2. Существующие перспективы применения автомобильного транспорта на открытых разработках

Развитие горных работ в СССР в ближайшие два десятилетия будет характеризоваться значительным расширением области применения открытых горных разработок. Большие возможности открытым горным работам, заключающиеся в использовании комплексной механизации и автоматизации производства с применением механизмов большой мощности и производительности, позволяют получить высокую степень эффективности в сравнении с подземными работами. Наряду с карьерами-гигантами производительностью до 100 и более млн. т горной массы в год предполагается открыть значительное число карьеров средней и небольшой производительности. На многих из них намечается использование автомобильного транспорта.

За последние годы рядом проектных организаций разработаны проекты вновь намеченных к эксплуатации месторождений, где в качестве транспортных средств предполагается использование автомобильного транспорта. Проекты, предусматривающие применение автомобильного транспорта, составлены проектными институтами Гипрошахт, Гипроруд-да, Унипромедь, Цветметпроект, Гипроцветмет, Гипроникель, Уралгип-роруда, Кузбасспроект, Кривбасспроект и другими организациями.

Горнотехнические показатели карьеров, где намечается использование автомобильного транспорта, сведены нами в табл. 133, 134, 135, 136 и 137.

При анализе их представляется возможность сделать следующие обобщения, характеризующие сложившееся мнение у планирующих и проектирующих органов в части применения автомобильного транспорта на ближайшие годы.

1. Использование автомобильного транспорта на угольных карьерах намечается, главным образом, в восточных бассейнах страны, а также на карьерах Подмосковского бассейна и на некоторых участках среднеазиатских угольных месторождений.

Намечены к разработке карьеры с применением автомобильного транспорта небольшой производительности, обычно от 1 до 4 млн. т угля и от 5 до 15 млн. м³ вскрыши в год (Кимовский, Бегичевский, Софроновский, Томь-Усинские и др. карьеры). Кроме этого, использование автомобильного транспорта запроектировано на Объединенном сланцевом карьере № 1 «Эстонсланец» при большом масштабе работ, достигающем 10 млн. т по сланцу и 50 млн. м³ по пустым породам в год.

2. Угольные карьеры разрабатываются по бестранспортной системе, с размещением пород вскрыши в выработанном пространстве мощными драглайнами (включительно ЭШ-25/100), чему способствует сравнительно небольшая вскрыша, представленная мягкими породами, и малая мощность угольного пласта (коэффициент вскрыши 6—10 м³/т). При крепких, скальных породах на вскрыше используется железнодорожный (электровозный) транспорт (коэффициент вскрыши 4—5 м³/т). Автомобильный транспорт используется лишь для транспортирования угля до промплощадок, обогатительных фабрик, приемных устройств.

3. Движение автосамосвалов в угольных карьерах при наличии двух выездов из карьера осуществляется поточно по кольцу, против часовой стрелки, что при правопутном движении дает минимальное количество пересечений встречных автомобилей. Проезды для автосамосвалов в карьерах обычно устраиваются на кровле угольного пласта, по грунтовой уплотненной «подушке», разворот автомашин производится за обычным экскаватором.

4. Выбор автомобильного транспорта для указанных угольных и сланцевых карьеров определялся в основном условиями залегания полезного ископаемого (неровная кровля пласта, небольшая мощность, необходимость частых переукладок и передвижек железнодорожных путей, извилистые контуры залегания пласта, большие потери и т. д.). Капитальные затраты и эксплуатационные расходы оказались меньше при автотранспорте.

5. Установлена недостаточная емкость кузовов применяемых автосамосвалов для перевозок угля, что не позволяет полностью использовать грузоподъемность машин (особенно МАЗ-525, грузоподъемность которых используется на 68—70%), и отражается на снижении эффективности автотранспорта.

6. При движении автосамосвалов по кровле пласта полезного ископаемого (глинистая подошва затрудняет движение) для погрузки автосамосвалов используются экскаваторы ЭВГ-6 и ЭКГ-4 с удлиненным оборудованием, в остальных случаях — ЭКГ-4 и ЭКГ-6. Учитывается, что разъезженность и колейность дорог на кровле угольного пласта, а также большая запыленность будут устраняться регулярным ремонтом и содержанием проездов.

7. Значительно большее распространение автомобильный транспорт должен получить на рудных карьерах, главным образом на карьерах руд цветных металлов.

Производительность железорудных карьеров достигает 18 млн. т по руде (карьеры Ковдорский, Дашкесанский, Большой Ктай, Ингулецкий и др.) и до 8—10 млн. т по породе.

Производительность карьеров руд цветных металлов колеблется от 1,5 млн. т до 25 млн. т горной массы (карьеры Ждановский, Гайский, Тургайский, Агараковский и многие др.). На большинстве этих карьеров автомобильный транспорт уже применяется, хотя проектная производительность карьеров еще не достигнута.

8. Разработка рудных карьеров предусматривается с применением транспортных систем. В зависимости от условий залегания месторождений — карьеры нагорного, глубинного или смешанного типа. Карьеры нагорного типа обыкновенно вскрываются самостоятельными прямыми заездами на каждый горизонт, с погоризонтным размещением породных отвалов. Главные дороги огибают контур карьера (Ковдорский, Дашкесанский), реже используются петлевые съезды. Для вскрытия глубинных горизонтов используются петлевые и, главным образом, спиральные съезды (Гайский, Агараковский и др. карьеры). Для транспортирования горной массы с нижних горизонтов обычно устраиваются два выезда. Глубина карьеров достигает значительной величины (Сибавский 420 м, Ковдорский 350, Агараковский 300, Гайский 260 м).

9. Транспортирование рудной массы производится на склады, обогатительные фабрики и на перегрузочные пункты, где автосамосвалы непосредственно разгружаются в думпкары (Тургайские карьеры). На некоторых карьерах (Ковдорский) предусматривается поточное движение автосамосвалов по маятниково-кольцевой схеме: фабрика — породный забой — отвал — рудный забой — фабрика.

10. Для погрузки в средства автотранспорта предусматривается использование экскаваторов ЭКГ-4 и ЭКГ-5 с ковшами 4—5 м³, на карьерах небольшой производительности (до 5 млн. т горной массы) — экскаваторов Э-2005 с ковшами 2 м³. Для транспортирования горной массы используются автосамосвалы МАЗ-525, при экскаваторах Э-2005 работают ЯАЗ-210Е, в дальнейшем будут использоваться автосамосвалы МАЗ-525. Высказывается целесообразность применения в некоторых случаях полуприцепов с принудительной разгрузкой или автосамосвалов с боковой разгрузкой.

11. Основными предпосылками для применения автомобильного транспорта на рудных карьерах являлись:

а) небольшие размеры карьеров в плане и малые площади нижних горизонтов, на карьерах затруднено размещение железнодорожных путей;

б) необходимость отдельной выемки руд, применения сортировки и усреднения руд на шихтовальных складах и т. д.;

в) небольшие объемы горнокапитальных работ и уменьшение объемов вскрыши по сравнению с железнодорожным транспортом (карьер № 4 на 12%);

г) разбросанность рудных залежей на значительных расстояниях друг от друга (на Тургайских карьерах около 10 рудных тел).

12. На карьерах нерудных ископаемых автомобильный транспорт является преобладающим. Более 90% новых месторождений каменно-строительных материалов намечается разрабатывать с использованием автомобильного транспорта. Производительность большинства карьеров не превышает 500 тыс. т по полезному ископаемому и 1,5—2 млн. т

Горнотехнические показатели угольных и сланцевых карьеров,

Показатель	Кимовский угольный карьер «Донской уголь»	Бегичевский угольный карьер «Донской уголь»
Характеристика полезного ископаемого и пород вскрыши	Уголь, вскрыша, наносы, коэффициент вскрыши 7 м³/т	Уголь, вскрыша, наносы, коэффициент вскрыши 6,2—16 м³/т
Производительность карьера и его параметры	По углю 2000 тыс. т, по вскрыше 9500 тыс. т, м³/год	По углю 1500 тыс. т, по вскрыше 10500 тыс. м³/год
Способы разработки месторождений	Бестранспортная система вскрыши, транспортирования на промплощадку автосамосвалами	
Экскаваторное оборудование при погрузке в автотранспорт		
а) марка	ЭКГ-4У	ЭКГ-4У
б) емкость ковша, м³	3	3
в) количество экскаваторов	—	—
Средства автомобильного транспорта		
а) марка	ЯАЗ-210Е	ЯАЗ-210Е
б) грузоподъемность, т	10	10
в) количество автосамосвалов	55	45
Дальность транспортирования, км	1,2	1,1—1,5
Показатели работы автомобильного транспорта в карьере	Производительность автосамосвала 160 т в смену, 16 рейсов	Производительность автосамосвала 182—221 т в смену, число рейсов 19—23 в смену
Характеристика автомобильных дорог и их параметры	Дороги на кровле пласта по грунтовой 30 см подушке, укатанной с поверхности	Дороги на кровле пласта по грунтовой 30 см породной подушке
Прочие особенности эксплуатации автотранспорта	Карьер имеет два выезда на поверхность, движение кольцевое	Карьер имеет два выезда на поверхность, движение кольцевое
Проектная организация и год составления проекта	Ленгипрошахт 1957 г.	Ленгипрошахт 1958 г.

запроектированных с применением автомобильного транспорта

Таблица 133

Софроновский угольный карьер № 1—2 Черемхов-уголь	Объединенный сланцевый карьер № 1 «Эстонсланец»	Томь-Усинский 3—4 угольный карьер «Кузбасс-уголь»	Томь-Усинский 7—8 угольный карьер «Кузбасс-уголь»	Сибирянский угольный карьер «Кузбассуголь»
Уголь, вскрыша, песчаники, аргиллиты, алевролиты, коэффициент вскрыши 1,64 м³/т	Горючий сланец, вскрыша, глина, торф, коэффициент вскрыши 9 м³/т	Уголь, вскрыша, песчаники, аргиллиты, коноссы, коэффициент вскрыши 4,56 м³/т	Уголь, вскрыша, алевролиты, аргиллиты и наносы, коэффициент вскрыши 5,43 м³/т	Уголь, вскрыша, песчаники, аргиллиты, коэффициент вскрыши 5,35 м³/т
По углю 3000 тыс. т, по вскрыше 4900 тыс. м³/год	По сланцу 1000 тыс. т, по вскрыше 50000 тыс. м³/год	По углю 4000 тыс. т, по вскрыше 20000 тыс. м³ в год. Глубина разработок 315 м	По углю 2400 тыс. т, по вскрыше 13000 тыс. м³ в год. Глубина разработок 370 м	По углю 2450 тыс. т, по вскрыше 12000 тыс. м³ в год. Глубина разработок 380 м
Бестранспортная система вскрыши, транспортирования на промплощадку автосамосвалами	Бестранспортная система вскрыши экскаваторами ЭШ-25/100 и ЭКГ-30/70, сланец до приемных устройств автосамосвалами	Транспортная система разработки. Транспортирование вскрыши электровозами, угля — автосамосвалами	Транспортная система разработки. Транспортирование вскрыши электровозами, угля — автосамосвалами	Транспортная система разработки. Транспортирование вскрыши электровозами, угля — автосамосвалами
ЭКГ-6	ЭКГ-6, ЭКГ-5	ЭКГ-4	ЭКГ-4	ЭКГ-4
6	6 и 5	4	4	4
—	9	6	3	3
МАЗ-525	МАЗ-530	МАЗ-525	МАЗ-530	МАЗ-530
25	40	25	40	40
22	35	—	—	—
2,7—4	4—5	2—2,5	1,5—2,0	1,5—2,0
Производительность автосамосвала 475—646 т в сутки, число рейсов 24—32 в сутки	—	—	—	—
Дороги бетонные, в забоях ж. б. инвентарные по грунтовой подготовке, ширина 8 м (проезжей части)	Дороги главные асфальто-бетонные, внутрикарьерные ж. б. из плит, ширина 8,5 м (проезжей части)	Дороги по кровле пласта по грунтовой укатанной подушке или из ж. б. плит	Дороги по кровле пласта по укатанной грунтовой подушке	Дороги по кровле пласта по укатанной грунтовой подушке
Карьер имеет двухсторонние выезды. Уклоны траншей 7%	Карьер имеет несколько выездных траншей	—	—	—
Ленгипрошахт 1957 г.	Ленгипрошахт 1954 г.	Кузбасспроект 1957 г.	Кузбасспроект 1958 г.	Кузбасспроект 1958 г.

Показатель	Карьер	
	Дашкесанский	Большой Ктай
Характеристика полезного ископаемого и пород вскрыши	Железная руда, вскрыша — наносные и скальные породы. Объемный вес руды 3,3, породы 2,7 т/м³	Железо-марганцевые руды, вскрыша — в основном наносы. Объемный вес руды 2,3—4,1 и породы 1,8—2,3 т/м³
Производительность карьера и его параметры	По руде 1600 тыс. т и по породе 2300 тыс. т	По руде 1120 тыс. т, по породе 100 тыс. т. Размер карьера 1300×500 м
Способы разработки месторождения	Карьер нагорного типа, поуступная разработка с заездами на каждый горизонт	Карьер частично нагорного типа (2 верхних горизонта), вскрытие ниже лежащих горизонтов двумя траншеями
Экскаваторное оборудование при погрузке в автотранспорт		
а) марка	СЭ-3	Э-2001
б) емкость ковша, м³	3	2
в) количество экскаваторов	4	4
Средства автомобильного транспорта		
а) марка	МАЗ-525	МАЗ-525
б) грузоподъемность, т	25	25
в) количество автосамосвалов	14	17
Дальность транспортирования, км	до 2	1,7
Показатели работы автомобильного транспорта	Производительность автосамосвала в смену 325 т по руде и 300 т по породе. Число рейсов 13. Скорость движения 15 км/час	Производительность автосамосвала 233 т/смену, 574 т/км, скорость 12 км/час
Характеристика автомобильных дорог и их параметры	Покрытие щебеночное на пакеляжном камне, с поверхности обработанное битумом. Ширина 9 м (проезжая часть)	Гравийное с поверхности, обработанное битумом, в забое и на отвалах покрытие ж. б. плитами
Прочие особенности эксплуатации автомобильного транспорта	Уклоны 6—10%	Уклоны 8%
Проектная организация и год составления проекта	Ленгипроруда 1955 г.	Ленгипроруда 1956 г.

ры	Карьер	
	Ковдорский	Ингулецкий
Железная руда, скальные породы вскрыши	Железная руда, скальные породы вскрыши	Железная руда, окисленные кварциты, известняки, граниты. Коэффициент вскрыши 0,3 м³/т
По руде 6000 тыс. т, по вскрыше 8000 тыс. т. Карьер имеет почти правильный круг, 1:1. Глубина 350 м.	По руде 1800 тыс. т в год, по вскрыше 4450 тыс. м³ в год. Глубина около 300 м	
Карьер частично нагорного типа. Откаточные дороги огибают контур, к ним примыкают прямые выезды с каждого горизонта. Из глубинной части специальный выезд	Карьер глубинного типа. Откаточные дороги представляют спиральный съезд	
ЭКГ-4	ЭКГ-4, ЭКГ-8	
4	4 и 6	
8	—	
МАЗ-525 и МАЗ-530	ЧМЗАП-5500, МАЗ-530, ЯАЗ-222	
25 и 40	36, 40 и 10	
до 45	61, 35 и 45	
2,2	до 4	
Скорость движения 15 км/час	Производительность МАЗ-530 338 тыс. т в год, ЧМЗАП-5500 до 400 тыс. т в год и ЯАЗ-222 до 120 тыс. т в год	
Гравийное с поверхностной обработкой битумом. Для МАЗ-530 основание песчаное, ширина 8,5 м (проезжей части)	Дороги улучшенные с ж. б. плитами, ширина проезжей части 8,5—9 м. Уклон 6%	
Уклоны 8%. Движение маршрутное по маятниково-кольцевой схеме: фабрика—породный забой—отвал—рудный забой—фабрика	—	
Ленгипроруда 1956 г.	Кривбасспроект 1959 г.	

Горнотехнические показатели карьеров руд цветных металлов, запроектированных с применением автомобильного транспорта

Показатель	Карьеры		
	№ 1	№ 2	№ 3
Характеристика полезного ископаемого и пород вскрыши	Медные окисленные и сульфидные руды, породы вскрыши — песчанники	Медные окисленные и сульфидные руды, вскрыша — сланцы и песчанники	Медные руды, вскрыша — пологосланцевые породы
Производительность карьера и его параметры	По руде 300 тыс. т в год, по породе 14000 тыс. м ³ . Длина карьера — 700 м, глубина 110 м	По руде — 500 тыс. т в год, по породе 1500 тыс. м ³ . Длина карьера 700 м, глубина — до 120 м	По руде — 600 тыс. т руды в год, по породе 3500 тыс. м ³ . Длина карьера — до 950 м. Глубина карьера — до 195 м
Способы разработки месторождения	Транспортная система разработки с вывозкой вскрыши в отвал и руды до перегрузочного пункта в ж.-д. транспорт	Транспортная система разработки с вывозкой вскрыши в отвал и руды до перегрузочного пункта. Вскрытие — внешней траншеей, глубже петлевыми съездами	Транспортная система. Руда — на обогатительную фабрику, вскрыша в отвал. Вскрытие спиральным съездом по бортам карьера
Экскаваторное оборудование при погрузке в автопорт	ЭКГ-4 4 3	СЭ-3 и Э-2001 3 и 2 4 и 2	СЭ-3 и ЭКГ-4 3 и 4 2 и 4
Средства автомобильного транспорта а) марка б) грузоподъемность, т в) количество автосамосвалов	МАЗ-525 и ЯАЗ-210Е 25 и 10 29 и 62	ЯАЗ-210Е 10 30	МАЗ-525 25 55
Дальность транспортирования, км	1,5	0,4—1,0	2,1

Показатели работы автомобильного транспорта	Производительность автосамосвалов МАЗ-525 — 475 и ЯАЗ-210Е — 216 т в сутки. Скорость 8—18 км/час (МАЗ-525) и 10—20 км/час ЯАЗ-210Е	Скорость 20 км/час	автосамосвалов — до 15 км/час	Скорость автосамосвалов — до 15 км/час
Характеристика автомобильных дорог и их параметры	Главные дороги — цементно-бетонные (до 20 см), рудовозные-щебеночные, обработанные битумом. Ширина проезжей части 7—8 м. Уклон 8%	Главные и рудовозные дороги со щебеночным покрытием 10 см с верхней частью обработкой битумом. Ширина проезжей части 8 м. Уклон 8%	Скорость 20 км/час	Скорость 15 км/час
Прочие особенности эксплуатации автомобильного транспорта	Применение автотранспорта вызвано ограниченными размерами карьера в плане	По мере отработки карьера отдельные его участки используются для транспортирования в них пустих пород	Скорость 20 км/час	Скорость 15 км/час
Проектная организация и обоснования проекта	Гипроцветмет 1959 г.	Гипроцветмет 1958 г.	Гипроцветмет 1958 г.	Гипроцветмет 1958 г.

Горнотехнические показатели карьеров руд цветных металлов, запроектированных с применением автомобильного транспорта

Показатель	Карьеры		
	№ 4	№ 5	№ 6
Характеристика полезного ископаемого и пород вскрышин	Никелевая руда, вскрыша — глинистые наносы	Бокситовая руда, глины, наносные породы вскрышин	Медная руда, мягкие наносные и скальные коренные породы вскрышин
Производительность карьера и его параметры	По руде 5 млн. т, по породе 20 млн. т. Длина 1300 м, глубина 240 м	По руде и глине 4 млн. т, по вскрыше 12 млн. т. Месторождение — ряд разбросанных рудных тел	По руде 2,2 млн. т в год, вскрыша 45 млн. т. Глубина карьера 260 м
Способы разработки месторождения	Месторождение вскрывается со стороны висящего бока для вывозки вскрышных пород и для руд и частично вскрыши с лежащего бока	Бестранспортная система вскрыши с укладкой вскрыши на борта (месторождение имеет вид узких полос)	Бестранспортная система разработки. Вскрыша роторным экскаватором в комбинации с конвейерами. Руда транспортируется автосамосвалами до дробилки в карьере и далее конвейерами. Вскрытие — спиральным заездом
Экскаваторное оборудование при погрузке в автотранспорт	ЭКГ-5 5 7	Э-2001 и роторные 2 и 150 т/час	ЭКГ-4 4 —
Средства автомобильного транспорта	МАЗ-525 25 117	МАЗ-525 и ЯАЗ-210Е 25 и 10 45	МАЗ-530 40 —
а) марка б) грузоподъемность, т в) количество автосамосвалов	до 6	1,5	1,0
Дальность транспортирования, км			

Показатели работы автомобильного транспорта	Число рейсов автосамосвалов в сутки 20, число работающих машин под экскаватором 12—13. Скорость движения до 30 км/час	Производительность в смену МАЗ-525 — 450 т и ЯАЗ-210Е — 200 т. Скорость — 12 км/час	—
Характеристика автомобильных дорог и их параметры	Главные дороги имеют цементно-бетонные покрытия толщиной 20 см. Временные дороги — щебеночные. Ширина проезжей части 12 м, временных 8 м. Уклон до 8%, уклон рудовозной дороги 4%	Главные дороги на поверхности — щебеночные на песчаном основании, с поверхностной обработкой вяжущими, в забоях и на отвалах — из ж. б. плит. Плиты укладываются на боксит или глину, подсыпка не допускается. Ширина проезжей части 7 м	Главный съезд имеет бетонное покрытие. Временные дороги из ж. б. плит. Уклон съезда 7—8%. Ширина проезжей части 8—9 м
Прочие особенности эксплуатации автомобильного транспорта	Значительная интенсивность движения (до 2000 самосвалов в смену) вызывает необходимость иметь 2 выезда из карьера	Автомобильный транспорт работает на нижних горизонтах, доставляя руду на перегрузку в ж.-д. транспорт	Автомобильный транспорт доставляет руду из забоя до дробилки в карьере и вскрышу скальных пород в отвал
Проектная организация и год составления проекта	Гипроникель 1957 г.	Гипроникель 1956 г.	Унипромедь 1959 г.

Горнотехнические показатели карьеров нерудных ископаемых, запроектированных с применением автомобильного транспорта

Показатель	Алексеевский доломитовый карьер	Доломитовый карьер Абано	Известняковый карьер Садахло	№ 7
Характеристика полезного ископаемого и пород вскрыши	Доломит, вскрыша — рыхлые наносы	Доломит и известняк, вскрыша — суглинистые наносы	Флюсовые мраморовидные известняки, вскрыша — глинистые наносы	Магнетит, вскрыша — доломит, сланцы, рыхлые наносы
Производительность карьера и его параметры	По доломиту 330 тыс. т в год, по породе 150 тыс. т, размер карьера 700×150 м	По известняку 300 тыс. т, по породе 220 тыс. т. Разница отметок в пределах карьера 150 м. Карьер 250×450 м	По известнякам 500 тыс. т, по породе 650 тыс. т в год	По магнетиту 500 тыс. т, по породе 2000 тыс. т в год.
Способы разработки месторождения	Транспортная система разработки. Доломиты и вскрышные породы автосамосвалами на фабрику и в отвал	Транспортная система разработки. Полезное ископаемое до фабрики, а вскрыша в отвал автосамосвалами	Транспортная система разработки. Полезное ископаемое до фабрики, а вскрыша в отвал автосамосвалами	Транспортная система разработки. Полезное ископаемое автосамосвалами перегружается в узкоколейный ж.-д. транспорт, породе непосредственно в отвал
Эксплуатационное оборудование при погрузке в автотранспорт а) марка б) емкость ковшей в) количество экскаваторов	Э-2005 2 2	Э-2005 2 2	Э-2005 и СЭ-3 2 и 3 2 и 1	ЭКГ-4 4 —
Средства автомобильного транспорта а) марка б) грузоподъемность, т в) количество автосамосвалов	ЯАЗ-210Е 10 10	ЯАЗ-210Е 10 10	ЯАЗ-210Е 10 15	ЯАЗ-210Е и МАЗ-525 10 и 25 25 и 14
Дальность транспортирования, км	1,2—1,7	0,9—0,6	1,3 и 2,6	1,6 и 2,7

Показатели работы автомобильного транспорта	—	Производительность автосамосвала на добыче 180 т в смену, на вскрыше — 150 т в смену. Скорость — 12 км/час	Количество рейсов 16—20 по руде и 13—15 по породе. Скорость — 15—18 км/час
Характеристика автомобильных дорог и их параметры	Автодороги со щебеночным покрытием. Покрытие двухслойное с двойной поверхностью обработки. Ширина проезжей части 7 м. Уклон 6%	Щебеночное двойное покрытие с поверхностью обработки. Ширина проезжей части 7 м. Уклон 8%	Щебеночные дороги на песчаном основании с пропиткой и обработкой битумом. Проезжая часть 8—8,5 м. Уклон 7%
Прочие особенности эксплуатации автомобильного транспорта	В одну смену добыча доломита, во вторую — вскрыша	При добыче доломита и известняка селективная разработка	Применение автомобильного транспорта предполагается на второй стадии разработки, при резком уменьшении площади карьера
Проектная организация и год составления проекта	Ленгипроруда 1956 г.	Ленгипроруда 1957 г.	Ленгипроруда 1958 г.

по пустым породам. Глубина разработок — редко более 100 м. Ввиду незначительной глубины разработок вскрытие осуществляется в большинстве случаев внешними траншеями, в карьере имеется один или два съезда (с противоположных сторон). Для разработки используются экскаваторы Э-2005 и ЭКГ-4, автосамосвалы ЯАЗ-210Е, реже МАЗ-525.

13. На всех рассмотренных карьерах расстояния транспортирования горной массы не превышают 6 км и обыкновенно составляют 1,5—2 км.

При больших расстояниях транспортирования предполагается использование большегрузных автосамосвалов. Расчетные скорости движения машин колеблются в пределах 12—20 км.

14. Преобладающим типом дорог являются щебеночные с двухслойным покрытием, пропиткой и двойной обработкой черными вяжущими. Такие дороги рекомендуются для автомобилей как средней грузоподъемности, так и большегрузных. В некоторых случаях щебеночное покрытие заменяется гравийным. Главные дороги, съезды для ряда карьеров предусматривается строить цементно-бетонными и с асфальто-бетонным покрытием. В случаях наличия в забоях и на отвалах мягких пород (угольные карьеры) намечается использование железобетонных инвентарных плит.

15. Ширина проезжей части автомобильных дорог в карьерах для большегрузных машин обычно принимается: двухполосных 8—9 м и однополосных 4—4,5 м, для машин средней грузоподъемности — 7 и 3,5 м. Преобладают двухполосные дороги. Руководящие уклоны не превышают 7—8%. Минимальные радиусы кривых — 15—25 м.

Рассматривая вариант автомобильного транспорта для Коршуновского ГОКа, Гипроруда как бы обобщает результаты своих многолетних исследований в части выбора видов транспорта и считает, что применение автомобильного транспорта эффективно, когда при небольшом расстоянии перевозок и в условиях резко пересеченной местности производительность предприятия не превышает 15—20 млн. т по горной массе, а срок существования сравнительно невелик. По сравнению с железнодорожным автомобильный транспорт оказался выгоднее.

На Абаканском руднике при объеме горной массы свыше 6 млн. т в год.

На Ковдорском руднике при объеме горной массы свыше 14 млн. т в год.

На Дашкесанском руднике при объеме горной массы свыше 8 млн. т в год.

На Большом Ктае при объеме горной массы свыше 2,2 млн. т в год.

Анализируя перспективы развития автомобильного транспорта на карьерах СССР, необходимо отметить некоторые немаловажные обстоятельства, сдерживающие расширение области его использования.

1. Большинство проектных организаций в своих решениях предусматривает применение автомобильного транспорта только в тех случаях, когда использование железнодорожного транспорта, вследствие особенностей залегания месторождений и специфики других горнотехнических условий, невозможно или встречает большие трудности. В тех же случаях, когда имеется возможность для применения того и другого вида транспорта и технико-экономические сравнения показывают близкие результаты, несмотря на прогрессивность автомобильного транспорта, предпочтение, как правило, отдается железнодорожному транспорту.

2. При выборе вида транспорта происходит недооценка положительных особенностей автомобильного транспорта, не учитывается снижение эксплуатационных затрат за счет возможности более раннего ввода месторождения в эксплуатацию, не подсчитывается снижение объемов горнокапитальных работ и объемов вскрыши в стоимости педорог и мест хранения и ремонта автомобилей, неправильно распределяются по годам вынимаемые объемы вскрыши и полезного ископаемого, необоснованно сокращаются сроки амортизации автомобильного оборудования и т. д. Происходило это до сих пор, главным образом, из-за малой изученности и проверенности автотранспорта в производственных условиях, особенно при больших масштабах работ и значительных расстояниях откатки.

3. Ограниченные до последнего времени возможности введения в карьерах автомобильного транспорта связаны с недостаточным выпуском в стране большегрузных автосамосвальных автомобилей, малым ассортиментом карьерного автомобильного оборудования, отвечающего определенным горнотехническим условиям, с высокой стоимостью большегрузных автосамосвалов, резким дефицитом запасных частей, высокой стоимостью и трудностью получения авторезины, ненадежностью и коротким сроком службы автомобильных двигателей.

3. Возможности применения автомобильного транспорта на реконструируемых и вновь намеченных к вводу в эксплуатацию карьерах

Состояние проектных решений, предусматривающих ведение открытых горных разработок с применением автомобильного транспорта, далеко не характеризует всех возможностей его использования на отечественных карьерах. Возможности его использования несравненно большие. Для расширения области применения автомобильного транспорта необходимо осуществить:

1. Пересмотр ряда составленных за последние годы проектов с использованием железнодорожного транспорта. Такой пересмотр должен быть сделан с учетом прогрессивного развития автомобильной техники, достижения большей экономичности автотранспорта и обязательного учета ряда факторов, как правило, ранее не принимавшихся во внимание при оценке сравниваемых видов транспорта (сокращение объемов горнокапитальных работ, объемов дополнительной вскрыши, большей компактности хозяйств, избежание постройки ряда промышленных сооружений и т. д.). К таким проектам, нуждающимся в пересмотре [77], в частности, относится проект Криворожского Северного горнообогатительного комбината, Тейского железного рудника, Коршуновского горнообогатительного комбината, Сарбайского железорудного карьера, Ахтенского рудника и др.

2. Углубленный анализ при составлении новых проектов различных видов транспорта. Для этого необходима разносторонняя и полная оценка всех видов транспорта с учетом всех известных преимуществ и недостатков каждого из них; учет не только капитальных затрат и эксплуатационных расходов, но также и других технико-экономических показателей: трудоемкости транспорта, металлоемкости и энергоемкости оборудования и т. д. Сравнимые расчеты должны предусматривать выгоды от ускоренного введения месторождения в эксплуатацию, от

возможностей более интенсивной его отработки, от разработки по очередям и т. п. К числу таких перспективных для разработки месторождений, где использование автомобильного транспорта, по нашему мнению, является целесообразным, следует отнести: вторую очередь Качканарского горнообогатительного комбината, Кiemбаевские асбестовые карьеры, намеченные к вводу в эксплуатацию в текущем семилетии, и ряд других.

3. Исследование возможностей расширения границ применения автомобильного транспорта на действующих карьерах, а также ввода его как дополнительного звена при переходе на комбинированные виды транспорта. Для этого должна быть сделана технико-экономическая проверка целесообразности введения на отдельных глубинах автомобильных подъемников, применения автомобильного транспорта наряду с железнодорожным, работающим на верхних горизонтах, а также в комбинации с конвейерами, скиповыми подъемниками, где автотранспорт используется в качестве сборочного и т. д. Применение автомобильных подъемников, по нашему мнению, возможно на Блявинском меднорудном, на Гороблагодатском железорудном карьерах, при осуществлении второй очереди Шабровского талькового карьера и многих других. Еще более широкие возможности есть у комбинированного транспорта. Автомобили смогут быть использованы вместе со скиповым подъемом на Баженовских асбестовых рудниках, вместе с конвейерами — на нижних горизонтах Коркинского разреза и т. д.

В качестве примеров, показывающих перспективы возможного расширения области применения автомобильного транспорта, приводятся результаты проведенных нами исследований по оценке разных видов транспорта для ряда Уральских карьеров.

Качканарское железорудное месторождение

Собственно Качканарское месторождение железованадиевых руд расположено по склону горы Качканар (Северная часть Свердловской области). Руды — небогатые, с содержанием железа 16—20%. Три четверти запасов месторождения находятся выше господствующего уровня земной поверхности. Обогастительный комбинат располагается у подножья возвышенности. Годовая производительность карьера по сырой руде — 40 млн. т с возможным увеличением до 50 млн. т. Годовой объем вскрышных работ — 4 млн. м³.

Нами рассматривалось два варианта возможной разработки месторождения [38]:

1) с применением конвейерного транспорта и передвижных дробилок в забоях;

2) с применением комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта и использованием полустационарных дробилок.

В процессе исследования варианта конвейерного транспорта в его чистом виде наряду с большими преимуществами были установлены существенные недостатки: а) наличие громоздких передвижных дробилок, осложняющих организацию работ в забое, б) малая маневренность и гибкость забойного погрузочно-транспортного комплекса.

При автомобильно-конвейерном транспорте в качестве транспортных средств приняты автосамосвалы МАЗ-530, что было вызвано большой производительностью предприятия и использованием в качестве выемочно-погрузочных машин экскаваторов ЭКГ-8.

Сравнительные расчеты, выполненные нами для 25 и 40 т автосамосвалов, показали, что при использовании 40 т автосамосвалов МАЗ-530 штат водителей уменьшается на 97—100 человек, или на 33—34%.

По расходу горючего применение 40 т автосамосвалов дает экономию 240—275 т дизельного топлива в год. Парк 25 т автосамосвалов составляет 113—120 единиц, а 40 т 75—85. Средневзвешенная длина откатки от забоя до дробильного узла (расположенного у борта карьера) на момент освоения проектной мощности составляла 0,5 км, а перед завершением горных работ — 0,7 км. Автомобильные дороги со щебеночным покрытием, обработанные черными вяжущими (основание скальное). Предельные уклоны — 4—7%. Дробильных узлов — два, каждый обслуживает группу экскаваторов, работающих одновременно на 3—4 уступах.

Приведенные в табл. 138 сравнительные технико-экономические показатели [36] свидетельствуют о явных экономических преимуществах конвейерного варианта, однако при углубленном анализе оказалось, что он имеет весьма серьезные недостатки, которые при оценке нельзя обойти.

Введение в транспортную цепь автомобильного звена позволяет:

1. Обеспечить необходимую маневренность, гибкость, свободу выбора направления и последовательности отработки отдельных блоков, забоев, что особенно важно при раздельной выемке и усреднении разрабатываемых руд.

2. Отказаться от использования передвижных дробилок, перемещающихся вслед за экскаватором, сковывающих работу погрузочно-транспортного комплекса и еще более осложняющих организацию работ в забое. Переход на полустационарные дробилки позволяет отказаться от экскаваторов со специальным удлиненным оборудованием, а также снизить стоимость дробления (по сравнению с передвижными дробилками).

3. Избежать применения трудоемкой передвижки конвейеров, выравнивания основания для их установки, ограждения их при ведении взрывных работ и т. д. При этом расход конвейерной ленты уменьшается на 25—30%.

4. Снизить капитальные затраты, поскольку каждый экскаватор при конвейерном варианте нуждается в самостоятельной дробилке. Учитывая, что при расчетах стоимость большегрузных автомобилей принята завышенной (по ценам первой партии 30,0 тыс. руб. за единицу, против возможной к концу семилетия по наметкам Белорусского завода до 26,0—28,0 тыс. руб.), экономия капиталовложений будет еще более значительной и в начальный период освоения может достигать 12—15%.

5. Организовать горноподготовительные и капитальные работы (проходку траншей, устройство рабочих площадок, съездов, подготовку нового горизонта, переустройство дробильного узла с использованием средств автомобильного транспорта) несравненно проще, чем при наличии одних конвейеров.

6. Доставить в карьер необходимое оборудование, детали узлов, запасные части, эксплуатационные материалы при наличии автомобильного транспорта несравненно проще, чем при чисто конвейерном транспорте.

7. Транспортировать породы вскрыши в отвал ввиду их небольших объемов, неблагоприятного рельефа для укладки вскрыши на обратки и большой стоимости конвейеров для укладки вскрыши на обратный склон возвышенности также наиболее целесообразно и экономично.

Технико-экономические показатели конвейерного и комбинированного (автомобильно-конвейерного) видов транспорта применительно к условиям разработки Качканарского железорудного месторождения

Вид транспорта	Период разработки	Производительность карьера, млн. т	Расстояние транспортирования, км	Капитальные затраты		Эксплуатационные затраты		Количество трудящихся на транспорте	Суточная производительность труда, т	Средняя стоимость транспортирования 1 т руды, коп.	Стоимость 1 т км, коп.
				тыс. руб.	%	тыс. руб.	%				
Конвейерный	На период освоения проектной мощности	40,0	5,2	5667,84	105	232,67	100	189	705	3,1	0,6
	На период отработки месторождения	40,0	6,0	7104,0	106	286,39	100	232	574	5,2	0,9
Комбинированный (автомобильно-конвейерный)	На период освоения проектной мощности	40,0	4,9	5418,17	100	433,4	186	342	390	5,2	1,1
	На период отработки месторождения	40,0	7,0	6709,44	100	471,7	153	376	355	7,1	1,0

но автотранспортом. Автомобили позволяют производить отвалообразование с меньшими трудовыми затратами и более низкими стоимостными показателями.

Автотранспорт позволяет не нарушать общего потока горной массы из забоев в случае выхода из строя одного из самосвалов (легко может быть заменен), что трудно осуществить при поломках или неисправностях забойного конвейера.

Все эти эксплуатационные преимущества автомобильно-конвейерного варианта, вытекающие из включения в погрузочно-транспортный комплекс автомобилей, при оценке рассмотренных вариантов заставили остановиться на комбинированном транспорте, предусматривающем использование автосамосвалов МАЗ-530 в качестве промежуточного транспортного звена.

Баженовское асбестовое месторождение

Месторождение расположено близ ст. Баженово (в 90 км от г. Свердловска). Представлено оно рядом круто падающих асбестоносных залежей, приуроченных к интрузиву ультраосновных пород. Содержание асбеста в руде колеблется от 2 до 6% и в среднем составляет 3—4%. Месторождение прослежено на глубину более 650 м от поверхности. Производительность карьера принимается 32,5 млн. т рудной массы и до 120 млн. т горной массы. До глубины порядка 200 м в течение ближайших 15—20 лет намечается разработка экскаваторами ЭКГ-8 в железнодорожный транспорт. В первый период времени используются электровазозы сцепным весом 150 т и 95 т думпкары, в последующем они заменяются обмоторенными думпками, вводимыми в состав в количестве 1—2 единиц, или моторными вагонами (в случае организации их выпуска).

При глубине более 200 м эффективность и экономичность железнодорожного транспорта резко снижается. В связи с этим проведенные исследования позволяют рекомендовать использование комбинированного транспорта. В качестве внутрикарьерного транспорта принимаются автосамосвалы МАЗ-530 грузоподъемностью 40 т (в дальнейшем 50—70 т) или такой же грузоподъемности полуприцепы с боковой принудительной разгрузкой в приемных пунктах. Автосамосвалы, используемые внутри карьера, благодаря высокой маневренности облегчают селективную выемку руд и обеспечивают быструю подготовку новых горизонтов к эксплуатации. Среднее расстояние транспортирования не превышает 1,2 км. Для подъема горной массы на поверхность предусматриваются 40 т скипы при максимальной скорости подъема 10 м/сек, годовая производительность каждого подъемника составляет 7—8 млн. т. Предполагается, что будет 8 рабочих скиповых подъемников и 3 резервных. Несмотря на то, что капиталовложения при скиповом подъеме определяются в 50,0 млн. руб., а при конвейерном лишь в 30,0 млн. руб., предпочтение отдается скиповым подъемникам, так как выдача нескольких сортов руд ленточными конвейерами требует не только перерывов потока руды на ленте, но и сложной системы ее распределения по бункерам. Стоимость подъема руды в скипах и ленточными конвейерами при автоматизации подъема получается практически одинаковой. При использовании конвейерного подъема необходимо организовать дробление пустых пород в карьере. Кроме этого, имеет место значительный расход резиновых лент, а при работе на больших глубинах не исключена необходимость устройства перегрузочного пункта и т. д. Скиповой подъем, не-

смотря на большую металлоемкость и монументальность установки, позволяет осуществлять выдачу не только различных сортов руд, но при необходимости и пустой недробленной породы по наикратчайшему расстоянию под углом, равным углу откоса борта карьера, т. е. 35—38°.

Комбинация скипового подъема с автомобильным транспортом будет наиболее рациональной даже при условии, что разработка карьера должна будет производиться еще несколько десятков лет, вполне окупит себя, хотя потребуются полная замена всех транспортных средств карьера. Стоимость транспортирования горной массы (по сравнению с ж.-д. транспортом) при использовании комбинации автомобилей со скипами при глубине карьера 200 м будет выгоднее на 30%, при глубине 400 м в 1,8 раза, а при 600 м в 3,5—4 раза.

Автосамосвалы в качестве промежуточного звена будут обеспечивать раздельность грузопотоков руды по сортам, позволят регулировать качество поступающего сырья, создадут возможность быстро изменять сортамент в соответствии с запросами фабрик. Поэтому применение автомобильного транспорта в комбинации со скипами для Баженовских асбестовых карьеров на больших глубинах, по нашим данным и исследованиям других авторов (М. Г. Новожилова, В. С. Хохрякова), является наиболее рациональным.

Бакальские железорудные месторождения

Группа железорудных месторождений Бакальского района расположена в западной части Южного Урала, в 50 км от ст. Бердяуш и в 260 км от Челябинска. Бакальские месторождения представляют собой залежи первичных сидеритовых руд, переходящих в зоне окисления в бурые железняки. Породы, покрывающие рудные тела, представлены в основном крепкими кварцитами, доломитами, серицито-глинистыми сланцами, кварцевыми песчаниками и другими породами. Разработка залежей в настоящее время ведется рядом карьеров: Центральным, Гаевским, Ивановским, Александровским, Буландинским и Восточным. Производительность группы Бакальских рудников по перспективному плану развития должна составлять 7,8 млн. т руды в год, а в дальнейшем возможно увеличится до 12—13 млн. т. Увеличение добычи руды должно идти по двум направлениям: а) по пути реконструкции и улучшения работы существующих предприятий, б) по пути ввода в эксплуатацию новых месторождений.

В настоящее время на карьерах Бакальской группы применяется железнодорожный транспорт. В данных горнотехнических условиях он является основной причиной низкой производительности экскаваторов (за 1958 г. — 81,9 тыс. м³ на ковш емкостью 1 м³, против 169 тыс. м³ на Магнитогорском руднике). Вследствие ограниченных размеров и небольшой производительности ряда намеченных к разработке карьеров целесообразен ввод в эксплуатацию автомобильного транспорта вместо железнодорожного. Сделанные нами расчеты показывают целесообразность применения автотранспорта на ряде мелких карьеров: Александровском, Буландинском, Ивановском, Восточном и других [44]. Работа автомобильного транспорта в этих карьерах может быть осуществлена по следующей схеме: автосамосвалы доставляют руду из забоя до перегрузочного пункта, где ее разгружают непосредственно в думпкары или полувагоны. Перегрузочные пункты должны устраиваться на расстоянии 500—700 м от забоя. Пустые породы автотранспортом вывозятся непосредственно в отвал. Как показывают исследования, стоимость доставки

1 т руды при комбинированном транспорте почти не отличается от стоимости доставки при существующем железнодорожном, что касается вскрыши, то доставка 1 м³ ее в отвал при автомобильном транспорте обходится на 15—35% дешевле, чем при железнодорожном (табл. 139).

Расчеты показывают, что, кроме снижения стоимости транспортирования, за счет большей гибкости и маневренности автомобильного транспорта представляется возможность минимум на 30—35% увеличить производительность экскаваторов, в 1,5—2 раза сократить трудоемкость устройства, ремонта и перемещения транспортных путей, в 4—5 раз снизить трудоемкость отвалообразования и т. д.

Таблица 139

Стоимость доставки 1 м³ вскрыши при автомобильном и железнодорожном транспорте для карьеров Бакальского рудоуправления, коп.

Карьер	Транспорт	
	автомобильный	железнодорожный
Буландинский . .	18,2	25,2
Восточный	15,6	20,5
Александровский	10,4	11,7

Наибольшие потенциальные возможности для выполнения намечаемой будущей большой программы развития Бакальских рудников открываются при разработке открытым способом Ново-Бакальского и Северо-Шиханского месторождений, где также целесообразно, по нашему мнению, использовать автомобильный транспорт. На базе этих месторождений предлагается организовать один крупный карьер для извлечения имеющихся запасов обоих месторождений.

Так, по нашим приближенным расчетам, при извлечении около 94 млн. т сырой руды из Ново-Бакальской залежи требуется удалить 219 млн. м³ пустых пород. Средний коэффициент вскрыши при этом составляет 2,32 м³/т, а учитывая, что при отработке Ново-Бакальской залежи значительно обнажится Северо-Шиханская залежь, создаются условия для совместной отработки обоих месторождений открытым способом, при этом средний коэффициент вскрыши по Северо-Шиханской залежи составит 1,59 м³/т.

При открытом способе разработок этих месторождений создаются исключительно благоприятные условия для применения автомобильного транспорта.

1. Карьер расположен недалеко от агломерационной фабрики (600—800 м), максимальное расстояние откатки с учетом подъема из карьера составляет при автотранспорте не более 2,4 км.

2. Отвалы могут быть расположены в непосредственной близости от карьера, в то время как при железнодорожном транспорте из-за окружающего рельефа местности они требуют значительного удаления.

3. Наряду с внешними отвалами, представляется возможность часть пустых пород удобно разместить в выработанном пространстве, организовав внутренние отвалы.

4. Будет возможность значительно сократить объем горнокапитальных работ и ускорить (по сравнению с железнодорожным транспортом) подготовку месторождения к эксплуатации на 1—1,5 г.

Стоимость доставки руды из карьера на обогащательную фабрику в автосамосвалах грузоподъемностью 50—60 т должна составлять 15—18 коп. за 1 т или будет почти в 3,5—4 раза дешевле, чем стоимость доставки руды с рудников Иркутскан и имени ОГПУ в настоящее время.

Стоимость вывозки 1 м³ пустой породы в отвал должна составлять 18—21 коп. на 1 м³, или примерно на 30% дешевле, чем транспортирование вскрыши на руднике имени ОГПУ.

Теченское месторождение железных руд находится в 60 км на север от г. Челябинска. Месторождение приурочено к толще эффузивно-осадочных пород, которые представлены диабазовыми порфиритами, туфами, альбитофирами и другими разностями. Осадочные породы выражены известняками и сланцами. Месторождение представлено четырьмя пластообразными залежами. Руды подразделяются на первичные и полуокисленные. В массивных магнитных железняках содержание железа превышает 50%.

Производительность карьера, по нашим расчетам, при использовании автомобильного транспорта, может быть доведена до 1,7—1,8 млн. т при вскрыше 4,3 млн. м³ в год.

При анализе [54] транспортных решений сравнивали вариант железнодорожного транспорта на верхних горизонтах с переходом на автомобильный, работающий с перегрузкой, и вариант автомобильного транспорта. Произведенное нами исследование показало, что объем работ по проходке траншей при автомобильном варианте сокращается на 1,4 млн. м³ (700 тыс. руб.). Эксплуатационные расходы по транспортированию горной массы с глубины 100 м при железнодорожном транспорте (длина откатки 6,5 км) — 3,2 коп./ткм, а при автомобильном (длина откатки 2 км) — 6,0 коп./ткм, что на каждой тонне транспортируемой горной массы автотранспортом дает экономию 8,5 коп. Кроме того, применение автомобильного транспорта за счет уменьшения объема горнокапитальных работ позволяет ускорить ввод карьера в эксплуатацию и создать благоприятные условия для селективной разработки руд. Все это дало основание остановиться на выборе второго варианта (автомобильного транспорта) для всех горизонтов месторождения.

В качестве погрузочных и транспортных средств выбраны экскаваторы ЭКГ-4 и автосамосвалы МАЗ-525, вполне отвечающие принятой производительности рудника (списочный парк автомобилей — 25 единиц).

Глубина карьера достигает 180 м, однако с глубины 90 м площадь рудного тела значительно уменьшается, что вызывает трудности передвижения и маневрирования транспортных средств.

Стремление свести до минимума капитальные затраты по проходке траншей и сократить объемы вскрышных работ приводит к необходимости использования на нижних горизонтах подъемников. Сравнивались автомобильные и скиповые подъемники. Автомобильные имеют ряд достоинств:

1. Простота конструкции и небольшие капитальные затраты.
2. Возможность создать как в карьере, так и на поверхности отдельные грузовые потоки по сортам руд.
3. Удобство выдачи каждым подъемником руды и пустой породы.
4. Обеспечение одними и теми же средствами транспорта перемещения горной массы в карьере и на поверхности.
5. Отсутствие при автомобильных подъемниках перегрузочных бункеров на поверхности, погрузочных пунктов на горизонтах.
6. Отсутствие необходимости в специальных автовыездах для доставки оборудования и материалов.

Учитывая, что объем пустых пород с глубиной 90—100 м резко уменьшается, для обеспечения выдачи горной массы с нижних горизонтов достаточно двух подъемников производительностью 1,25 млн. т каждый. Таким образом, в результате проведенного исследования до глубины 80—90 м предлагается использовать автомобильный транспорт в его

чистом виде, при разработке же более глубоких горизонтов — транспортирование горной массы осуществлять автомобильными подъемниками. Сопоставление принимаемого варианта с вариантом железнодорожного транспорта, предусматривающим использование автомобилей лишь на нижних горизонтах карьера, дается в табл. 140.

Таблица 140

Технико-экономические показатели вариантов железнодорожного транспорта в комбинации с автомобилями и автомобилей с автомобильными подъемниками для Теченского месторождения

Показатель	Вариант железнодорожного транспорта с автомобилями на нижних горизонтах	Вариант автомобильного транспорта и автоподъемников на нижних горизонтах
Производительность трудащегося по руде, т/смену	8,9	10,2
Производительность трудащегося по горной массе, т/смену	31,0	36,0
Себестоимость 1 т руды, руб.	1,79	1,61
Капитальные затраты, млн. руб.	3,3	2,7

Черемшанское месторождение никелевых руд

Месторождение является продуктом коры выветривания серпентинизированных ультраосновных пород. Рудные залежи протягиваются меридиональной полосой и приурочены к контактам серпентинитов с мраморами и частично с зелеными сланцами. Руды представлены преимущественно рыхлыми глинистыми разностями. Глубина карьера — до 225 м.

Для выбора транспорта горной массы нами было проведено сравнение ряда различных вариантов, а именно: конвейерный, автомобильный, автомобильно-конвейерный, автомобильно-скиповой и автомобильные подъемники; результаты расчетов приведены в табл. 141 [44, 54].

Как видно из табл. 141, наиболее экономически выгодным видом транспорта являются автомобильные подъемники, однако для осуществления данного варианта при использовании автосамосвалов МАЗ-525 потребуется соорудить 6—7 подъемников, что чрезвычайно усложнит организацию работ в карьере. Исходя из этих соображений, мы для транспортирования пустых пород и руды рекомендовали принять автосамосвалы МАЗ-530, а для погрузки в них — экскаваторы ЭКГ-4. При автосамосвалах МАЗ-530 для подъема пустых пород принимается 2 автоподъемника для вскрышных пород и один подъемник для руды. Использование автомобильных подъемников (по сравнению с автомобильно-конвейерным вариантом) имеет преимущества, заключающиеся в отсутствии необходимости дробления пород вскрыши в карьере, возможности выдачи руды по сортам и использования подъемников для подъема вскрышных пород или руды в зависимости от потребности, в использовании одного вида транспортных средств для внутрикарьерного транспорта, подъема и перевозок горной массы на поверхности.

Таблица 141

Капитальные затраты, эксплуатационные расходы и стоимость перевозки
1 т горной массы при различных вариантах транспорта
на Черемшанском месторождении

Варианты транспорта	Капитальные затраты, тыс. руб.		Годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб.		Стоимость транспорта, коп.	
	порода	руда	порода	руда	1 м³ породы	1 т руды
Конвейерный	1971,0	—	2175,0	—	36,2	—
Автомобильный . . .	3015,6	203,0	3150,0	1860,0	52,5	18,6
Автомобильно-конвейерный	2133,0	173,4	1976,4	194,0	32,9	9,4
Автомобильно-скиповой	2949,0	145,0	978,6	44,0	16,3	4,4
Автомобильные подъемники	2106,0	137,5	1350,0	66,0	22,5	6,6

Орско-Халиловские железорудные месторождения

Орско-Халиловские железорудные месторождения расположены в Оренбургской области, в радиусе до 50 км к северу и востоку от ст. Халилово. Месторождения связаны с серпентинитовыми массивами и образовались за счет сноса продуктов коры выветривания серпентинитов. Рудные тела залегают горизонтально и имеют неправильные очертания. Мощность редко превышает 10—15 м. Руды — природнолегированные, представлены песчано-глинистыми, охристо-глинистыми и песчано-галечниковыми буро-железистыми и сидеритовыми разностями, покрыты сверху наносными глинистыми породами (с средней мощностью 16—20 м). В группу Орско-Халиловских месторождений входят Ново-Киевское, Аккермановское, Ново-Петропавловское, Ново-Георгиевское и другие более мелкие месторождения. В настоящее время разрабатываются Ново-Киевское и Аккермановское месторождения. На Ново-Киевском месторождении (производительностью 1,6 млн. т руды и 4,5 млн. т вскрыши в год) используется электровозный транспорт. Однако сложная гипсометрия почвы рудной залежи крайне затрудняет укладку и передвижку железнодорожных путей. Только на этих работах занято более 80 рабочих.

Кроме этого, из-за больших уклонов, нередко превышающих предельные, непроизводительно работают электровозы, снижается их скорость движения, уменьшается число вагонов в составе, затрудняется погрузка их экскаваторами, в результате снижается производительность карьера и т. д. Поэтому целесообразна замена электровозного транспорта автомобильным. В связи с этим нами предложена [32] новая организация работ. На вскрыше — использование двух роторных экскаваторов производительностью до 500 м³/час каждый (из которых один в последующем переходит на вскрышу Ново-Петропавловского месторождения) и на добыче — двухкубовых драглайнов. Применение вместе с драглайнами автосамосвалов МАЗ-525 позволит обеспечить отработку карманообразных участков залежей, снизить потери руды в них и повысить производительность добычи. Автосамосвалы МАЗ-525 в этом случае будут работать на доставке руды к промежуточному складу на расстояние 1 км, где будет осуществляться непосредственная разгрузка автосамосвалов

в думпкары. Это позволит удешевить стоимость транспортирования и упростить организацию работ в карьере. Применение новой технологии при разработке Ново-Киевского месторождения дает, по нашим подсчетам, до 2,0 млн. руб. экономии [34].

С еще большим успехом автотранспорт может быть использован при разработках Ново-Петропавловского и Ново-Георгиевского месторождений, производительность каждого из которых не превышает 800 тыс. т руды и 1,5 млн. т вскрыши в год. Предпосылками этого является сложное и несогласное залегание рудных тел, необходимость селективной разработки, ограниченные размеры карьеров в плане, сравнительно небольшие расстояния транспортирования и малые запасы ископаемого.

Из рассмотренных возможностей применения автомобильного транспорта на Уральских карьерах можно сделать следующее заключение:

1. Автомобильный транспорт может иметь более широкую область применения и эффективно использоваться на карьерах как малой, так и большой производительности как нагорного, так и глубинного типа.

2. На карьерах небольшой производительности, до 1—1,5 млн. т в год, глубине до 80—100 м и малых расстояниях откатки целесообразно применение собственно автомобильного транспорта.

3. На карьерах большой производительности, до 30 млн. т и более, применение автомобильного транспорта может быть оправдано до глубины 100—150 м, но лишь при использовании автомобильных средств весьма большой грузоподъемности (70—100 т и более).

4. На карьерах глубиной от 80—100 до 250 м при автомобильном транспорте целесообразно использование автомобильных подъемников. Это возможно в том случае, если производительность на один подъемник не превышает 3 млн. т горной массы в год.

5. На карьерах производительностью более 3—5 млн. т и глубиной более 250 м автомобильные подъемники при раздельной выдаче руд по сортам и одновременной выдаче пустых пород должны заменяться скиповыми. В случае валовой добычи более целесообразны конвейерные подъемники, обеспечивающие поточность транспорта, однако последние требуют организации дробления скальных пород и руд в карьере. Автомобильный транспорт должен в этих случаях использоваться в качестве сборочного при работе на коротком плече.

6. При использовании в карьере железнодорожного транспорта на больших глубинах, при малых размерах карьера в плане (менее 500—600 м) и необходимости раздельной выемки целесообразно введение автомобилей, работающих с перегрузкой в думпкары.

7. В карьерах нагорного типа наиболее целесообразен комбинированный транспорт при использовании автомобилей на коротком плече в забоях (до 1—1,5 км) и с последующей перегрузкой непосредственно (или через дробилки) на конвейеры, установленные на склоне возвышенности. Возможная рекуперация электроэнергии в сеть от работающих под уклон конвейеров дает наиболее низкую стоимость доставки ископаемого [38].

4. Основные пути технического развития автомобильного транспорта на карьерах

Приведенные примеры рационального использования автомобильного транспорта на проектируемых, реконструируемых и намечаемых к вводу в эксплуатацию карьерах свидетельствуют об исключительно больших возможностях его перспективного развития на открытых разработках

СССР. С введением на карьерах автомобильного транспорта достигается значительная экономия капиталовложений:

1. На карьерах небольшой производительности, до 5—7 млн. т горной массы в год (Теченский, Караджалский, Топарский и др.), капитальные затраты на горнокапитальные работы и оборудование при использовании автотранспорта на 0,5—1,0 млн. руб. менее, чем при железнодорожном транспорте.

2. На карьерах средней производительности — до 15—20 млн. т горной массы в год (Расвумчорский, Ковдорский, Афанасьевский и др.) — капитальные затраты менее на 3,0—6,0 млн. руб.

3. На карьерах с большим масштабом работ и производительностью более 40—50 млн. т горной массы в год (Коршуновский, Качканарский, Ингулецкий и др.) экономия капитальных затрат при использовании автотранспорта превышает 15,0—25,0 млн. руб. Расчеты показывают, что только от сокращения объема вскрышных пород, удаляемых в подготовительный период в порядке горнокапитальных работ, (а это при производительности горнорудных комбинатов в 50—100 млн. т в год составляет до 50 млн. м³ вскрыши), получается экономия по капитальным затратам около 10,0 млн. руб. и по эксплуатационным расходам минимум 0,5 млн. руб. на одно предприятие. В итоге можно считать, что капиталовложения для большинства сравниваемых карьеров при автомобильном транспорте на 30—50% менее, чем при железнодорожном. Для глубоких карьеров этот разрыв достигает 70%, так как с увеличением глубины, дальности транспортирования и грузооборота капитальные затраты при железнодорожном транспорте возрастают более, чем при автомобильном. Из всех этих цифр, по нашему далеко не полному подсчету, следует, что на 35 новых и реконструируемых карьерах, где целесообразно использовать автомобильный транспорт, может быть достигнута экономия на капитальных затратах более 230 млн. руб. (по сравнению с железнодорожным транспортом). При этом расчеты показывают, что вследствие уменьшения объемов горнокапитальных работ срок ввода новых карьеров в эксплуатацию, как правило, сокращается на 1—1,5 г., а достижение проектной производительности приближается почти на 2 г. Также значительно сокращается срок окупаемости капиталовложений в промышленное строительство карьера. С применением автотранспорта значительно снижается металлоемкость оборудования. При одинаковой производительности металлоемкость при автомобильном транспорте в 4—6 раз менее, чем при железнодорожном (табл. 142). Поэтому применение автомобильного транспорта только

Таблица 142

Затраты металла при различных видах транспорта, т
(на 1000 т годового грузооборота)

Вид транспорта	Расстояние транспортирования, км					
	3—5			10—15		
	Грузооборот, млн. т в год					
	1	5	25	1	5	25
Ленточные конвейеры	1,0	0,36	0,16	2,0	0,70	0,39
Канатные дороги	0,45	—	—	0,85	—	—
Гидротранспорт	0,45	0,20	0,12	0,75	0,40	0,21
Железнодорожный транспорт широкой колеи	1,12	0,60	0,52	1,75	0,55	0,40
Железнодорожный транспорт узкой колеи	0,75	0,40	—	1,2	0,6	—
Автомобильный транспорт	0,15	0,12	0,10	0,25	0,20	0,18

для названных карьеров дает экономию 300—400 тыс. т металла. Снижение стоимости оборудования автомобильного транспорта в ближайшие годы намечается в значительно большей степени, чем средств железнодорожного транспорта. Большегрузные автосамосвалы грузоподъемностью 25—40 т при организации большого серийного выпуска будут снижены в цене более чем на 35%, кроме этого, возможно увеличение срока пробега резины в 2—2,5 раза (см. табл. 143).

Таблица 143

Удельные стоимости автомобильного и железнодорожного карьерного оборудования

Оборудование	Вес тары, т	Грузоподъемность, %	Стоимость единицы оборудования, тыс. руб.	Удельные стоимости, руб.		Предполагаемая стоимость единицы оборудования к 1965 г.	Предполагаемый % снижения стоимости единицы оборудования
				одной тонны веса, руб.	одной тонны грузоподъемности, руб.		
Автотранспорт							
Автосамосвал МАЗ-205	6,7	5,0	3,52	525	704	—	—
» ЯАЗ-222	12,0	10,0	6,72	560	672	—	—
» МАЗ-525	22	25,0	23,7	1080	948	13,0	42,3
» МАЗ-530	35	40,0	35,0	1000	875	23,0	35,0
Полуприцеп ЧМЗАП-36 т	17	36—40	5,0	300	125	4,0	25,0
» ЧМЗАП-17 т	7	17,0	3,5	500	200	3,0	17,0
Железнодорожный транспорт							
Электровоз	100	—	50,0	500	100—120	—	—
»	150	—	68,5	456	100—120	—	—
Думпкар Калининградского завода	32,2	50,0	4,59	142	92	4,0	13,1
Думпкар Днепродзержинского завода	43,0	60,0	8,34	194	139	7,5	10,8

Насколько важное значение имеет снижение стоимости автомобильного оборудования, можно судить из следующих цифр: снижение стоимости автосамосвалов МАЗ-525, происшедшее в период с 1952 по 1955 г. составило на 100 машин 900 тыс. руб. в год. Увеличение пробега шин с 10 до 40 тыс. км на те же 100 автосамосвалов дает 250—300 тыс. руб. годовой экономии. Нормы ежегодных отчислений по железнодорожному подвижному составу не превышают 10%, в то время как по автомобильному оборудованию они достигают 30%. Поэтому снижение стоимости железнодорожного оборудования почти не повлияет на величину эксплуатационных расходов при железнодорожном транспорте. В то же время снижение цены большегрузных автосамосвалов повлечет уменьшение большей доли эксплуатационных расходов по автотранспорту. Все это позволяет считать, что как по капитальным, так и эксплуатационным затратам автомобильный транспорт для большинства несравненно экономичнее железнодорожного. Однако для успешного и более широкого внедрения автомобильного транспорта требуется, как правило, значительное снижение ряда статей эксплуатационных расходов (ремонтных работ по оборудованию, дорожных расходов и т. д.). На ряде карьеров, несмотря на меньшие капитальные вложения, автотранспорт в сравнении с железнодорожным является невыгодным из-за высоких произ-

Технико-экономические показатели железнодорожного и

Показатели	Джетыгаринский асбестовый карьер			Коршуновский железородный карьер			Караджаль железород- карь	
	вид транспорта		ре- зуль- тат в пользу авто- транс- порта	вид транспорта		резуль- тат в пользу авто- транс- порта	вид транспорта	
	желез- нодо- рож- ный	авто- мо- биль- ный		желез- нодо- рож- ный	авто- мо- биль- ный		желез- нодо- рож- ный	авто- мо- биль- ный
Производительность в год по горной массе, млн. т . . .	23,0	23,0	—	54,0	54,0	—	8,2	8,2
в том числе:								
по руде	9,0	9,0	—	12,0	12,0	—	1,2	1,2
по породе	14,0	14,0	—	42,0	42,0	—	7,0	7,0
Дальность транспортирования, км								
по руде	4,6	3,0	1,6	7,9	3,5	4,4	3,1	2,1
по породе	4,6	2,54	2,06	6,5	4,5	2,0	3,3	2,0
по горной массе	4,6	2,72	1,88	6,8	4,3	2,5	3,27	2,01
Протяженность карьерных транс- портных коммуникаций, км								
железнодорожных	31,1	—	—	167,7	—	—	18,8	—
автомобильных	—	17,5	—	—	59,7	—	—	7,0
Количество локомотивов и их сцепной вес, $\frac{\text{шт}}{\text{т}}$	16	—	—	48	—	—	15	—
	100	—	—	150	—	—	100	—
Грузоподъемность и количество думпкара, $\frac{\text{шт}}{\text{т}}$	128	—	—	316	—	—	57	—
	60	—	—	120	—	—	60	—
Количество и грузоподъемность, шт т	—	52	—	—	157	—	—	25
	—	40	—	—	40	—	—	25
Расход металла, тыс. т . . .	9,43	1,8	7,63	45,0	6,0	32,0	6,0	0,6
Число трудящихся, чел. . . .	395	295	100	1075	886	189	333	700
Капитальные затраты на транс- порт, млн. руб.	10,32	7,3	3,0	36,5	19,9	16,6	3,54	2,94
Капитальные затраты на 1 т горной массы, коп.	45	32	13	68	37	31	43	26
Эксплуатационные расходы, млн. руб.	1,23	2,16	—	8,8	13,8	—	0,36	0,79
Производительность по горной массе на трудящегося в год, тыс. т	58,23	77,97	19,74	50,2	61,0	10,8	24,6	41,0
Стоимость 1 ткм, коп.	1,2	3,5	—	1,0	3,4	—	3,2	4,4
Стоимость транспорта 1 т гор- ной массы, коп.	5,4	8,4	—	6,8	14,4	—	10,4	9,7
Срок окупаемости капитальных затрат при железнодорожном транспорте, лет	3,2	—	—	4,0	—	—	—	—

автомобильного транспорта по проектам горнорудных предприятий

Таблица 144

ский ный ер	Топарский известко- вый карьер			Ковдорский железо- рудный карьер			Ингулецкий железо- рудный карьер			№ 8		
	вид транспорта		резуль- тат в пользу авто- транс- порта	вид транспорта		резуль- тат в пользу авто- транс- порта	вид транспорта		резуль- тат в пользу авто- транс- порта	вид транспорта		резуль- тат в пользу авто- транс- порта
	желез- нодо- рож- ный	автомо- биль- ный		желез- нодо- рож- ный	автомо- биль- ный		желез- нодо- рож- ный	автомо- биль- ный		желез- нодо- рож- ный	автомо- биль- ный	
—	7,12	7,12	—	14,0	14,0	—	40,3	30,3	—	18,1	18,1	—
—	3,68	3,68	—	6,0	6,0	—	18,0	18,0	—	2,5	2,5	—
—	3,44	3,44	—	8,0	8,0	—	22,3	12,3	—	15,6	15,6	—
1,0	4,9	3,8	1,1	3,0	2,0	1,0	9,0	3,0	6,0	10,0	5,0	5,0
1,3	3,8	2,04	1,76	4,2	2,2	2,0	8,9	4,0	5,9	7,5	3,5	4,0
1,26	4,37	3,0	1,37	3,7	2,11	1,60	9,0	3,5	5,5	—	—	—
—	28,3	—	—	41,5	—	—	—	—	—	49,4	—	—
—	—	9,3	—	—	9,0	—	—	—	—	—	6,8	—
—	11	—	—	18	—	—	48	—	—	32	—	—
—	70	—	—	100	—	—	150	—	—	80	—	—
—	49	—	—	61	—	—	302	—	—	160	—	—
—	60	—	—	90	—	—	80	—	—	50	—	—
—	—	27	—	—	45	—	—	100	—	—	133	—
—	—	25	—	—	40	—	—	40	—	—	25	—
5,4	5,8	0,7	5,1	10,5	1,6	9,0	44,9	5,6	39,3	—	—	—
133	245	208	37	386	327	58	711	410	301	328	148	180
0,6	2,6	1,63	0,97	7,73	4,4	3,33	23,84	7,34	16,5	7,72	5,38	2,64
7	36	23	13	55	31	24	5,9	2,4	3,5	—	—	—
0,06	0,67	0,9	—	1,42	1,27	0,15	—	—	—	2,96	2,9	0,05
16,4	30	34,2	4,2	36,3	42,8	5,5	95,3	110,3	15,3	55,2	122,3	67,1
—	2,0	4,2	—	2,7	4,3	—	1,1	3,5	—	1,5	4,3	—
0,7	8,8	12,6	—	11,4	9,1	2,3	9,9	11,7	—	16,3	16,0	0,3
—	7,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

водственных расходов (Джетыгаринский, Коршуновский, Топарский и др. карьеры) (табл. 144). Дальнейшее техническое развитие автомобильного транспорта в СССР (выпуск большегрузных автомобилей грузоподъемностью до 100—120 т) будет способствовать значительному снижению не только капитальных затрат, но главным образом эксплуатационных расходов. В настоящее время отсутствие большегрузных карьерных автомобилей приводит к увеличению транспортных расходов в 2—2,5 раза, а расходов по экскавации почти в 1,5 раза. В связи с этим необходимо:

1. Увеличение уровня производства и расширение существующего типажа автомобилей для карьеров. Намеченный выпуск на семилетие автосамосвалов МАЗ-525 и МАЗ-530 не может удовлетворить нужд народного хозяйства. Поэтому выпуск большегрузных автосамосвалов в ближайшие годы должен быть увеличен в 3—4 раза. Вместе с автосамосвалами должно быть организовано производство новых типов автомобилей большей грузоподъемности, тягачей и полуприцепов специального назначения для специфических горных условий. Этого рода машины, главным образом тягачи с различными полуприцепами, к 1975 г. должны в значительной степени вытеснить автосамосвалы и составлять не менее 30—35% парка большегрузных машин. Создание специальных машин должно выполняться на базе унифицированных узлов крупных автосамосвалов 25—30, 40—45, 60—70 т, что позволит перевести производство уникальных машин на поток и значительно снизить их стоимость. Для выпуска средств карьерного автомобильного транспорта должны существовать крупные специализированные заводы (не исключена целесообразность привлечения существующих близких по профилю заводов и даже некоторых отраслей промышленности, выпускающих, например, гусеничные машины), необходимо также создание сети зональных заводов по ремонту большегрузных автомобилей и их агрегатов, заводов по производству запасных частей.

2. Использование новых источников энергии для автомобилей, а также уменьшение расходов и снижение стоимости основных эксплуатационных материалов. Целесообразно и экономично использование на карьерных автомобилях газотурбинных двигателей, позволяющих упростить силовую передачу машины, снизить ее вес и облегчить управление. Газотурбинные двигатели не требуют водяного охлаждения и могут питаться низкосортным топливом. Они заводятся и работают при весьма низких температурах (до —55°), компактны и отличаются большой работоспособностью. Следует признать уже сейчас целесообразным замену двигателей мощностью более 600 л. с. газовыми турбинами. При большом прямолинейном фронте работ, при затяжных уклонах траншей, в тяжелых климатических условиях (с низкими годовыми температурами) и при дешевой энергии возможно использование троллейбусов. Однако, как показывают наши исследования, будущее принадлежит электродизельным автомобилям, имеющим двойное питание: на постоянных путях — от контактного провода, а на временных — от дизель-генераторной установки автомобиля. В обоих случаях автомобиль приводится в движение электродвигателями постоянного тока, встроенными в ступицы колес. Преодолеваемые уклоны, развиваемые скорости движения почти в 2 раза больше, производительность на 15—20% выше, а стоимость транспортирования на 25—30% ниже дизельных самосвалов. Они несравненно более маневренны, чем троллейбусы, не нуждаются в контактной сети на временных путях и позволяют лучше использовать установленную мощность. Несколько более высокая стоимость таких автомобилей (на 15—18% выше троллейбусов) окупается большими экс-

плуатационными преимуществами и более высокой производительностью. Наряду с использованием электроэнергии, весьма перспективным является использование в качестве источников энергии химических топливных элементов. Топливные элементы являются электрохимическими источниками тока очень высокой удельной мощности с весьма большими к. п. д., достигающими 0,75—0,80. Для перевода большегрузных автомобилей на независимую электрическую тягу (что является важным преимуществом перед троллейбусами) необходима удельная мощность не менее 80 вт-час на фунт веса. В настоящее время имеются все основания для поднятия мощности созданных топливных элементов до 300 вт-час на фунт веса. Для современного автотранспорта также необходимо создание новых, более высокоэкономичных и долговечных двигателей со сроком службы до 10—12 тыс. моточасов, а также выпуск специальных типов высокопрочных шин, пробег которых составляет 45—50 тыс. км при работе в карьерных условиях. Для изготовления рам и кузовов необходимо использовать низколегированные стали, для деталей трансмиссии — высоколегированные хромоникелевые стали. Должны быть также широко использованы алюминиевые сплавы, синтетические материалы и пластмассы для кузовов автомобилей и отдельных их деталей.

3. Коренное улучшение условий эксплуатации средств автомобильного транспорта на карьерах. Постройка главных откаточных дорог в карьерах с усовершенствованными покрытиями, применение новых средств стабилизации дорожного основания, обеспечивающих высокую прочность и износоустойчивость покрытия дороги. Использование для временных дорог различного типа инвентарных покрытий. Комплексная механизация строительства и содержания дорог. Установление строгого режима эксплуатации автомобилей в карьерах. Повышение уровня авторемонтных работ. Строительство гаражей, профилакториев и авторемонтных мастерских до начала ввода карьера в эксплуатацию. Оснащение их современными средствами механизации ремонта и обслуживания большегрузных автомобилей. Проведение технической политики развития автомобильного транспорта в этих трех основных направлениях будет несомненно способствовать более широкому распространению автотранспорта на открытых горных разработках и сделает его еще более конкурентноспособным с железнодорожным транспортом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев О. И., Мустафина А. М., Клейнгольд В. П. Выбор способа проходки разрезных траншей на Сарбайском руднике. Горнодобывающая промышленность Казахстана. Научно-технический сборник, № 4 (15), Алма-Ата, 1959.
2. Бабков В. Ф. Автомобильные дороги, Автотрансиздат, 1954.
3. Боголюбов Б. П., Харламова Л. В. Обобщение опыта и анализ скорости проходки траншей в скальных породах «Горный журнал», № 2, 1956.
4. Васильев М. В. Карьерный транспорт, Металлургиздат, 1949.
5. Васильев М. В., Самохвалов В. П. Комплексная механизация земляных работ. «Механизация трудоемких и тяжелых работ», № 2, 1952.
6. Васильев М. В. и др. Справочник по строительству угольных карьеров под редакцией Е. Ф. Шешко. Углетехиздат, 1952.
7. Васильев М. В. Механизация земляных работ на строительстве рудников. «Механизация строительства», № 7, 1954.
8. Васильев М. В. Методы работы водителей автотранспорта на карьерах. «Горный журнал», № 3, 1954.
9. Васильев М. В. Транспорт большегрузными автосамосвалами. «Горный журнал», № 9, 1955.
10. Васильев М. В. Передовой опыт машинистов при выемке грунта драглайнами. «Горный журнал», № 1, 1955.
11. Васильев М. В., Самохвалов В. П. Бульдозер с грейферной челюстью. «Механизация трудоемких и тяжелых работ», № 3, 1956.
12. Васильев М. В. Автомобильный и тракторный транспорт на карьерах. Металлургиздат, 1957.
13. Васильев М. В. Автомобильный транспорт на открытых горных и земляных работах в СССР и за границей. Бюллетень горного общества. № 1, Свердловск, 1957.
14. Васильев М. В. Задачи повышения эффективности автомобильного транспорта на карьерах. «Горный журнал», № 5, 1957.
15. Васильев М. В. Мощный трактор и бульдозер для земляных и карьерных работ, «Колыма», № 5, 1957.
16. Васильев М. В. Опыт производства земляных работ на стройках страны. «Механизация строительства», № 7, 1957.
17. Васильев М. В. Применение автомобильного транспорта на открытых горных работах. «Колыма», № 7, 1957.
18. Васильев М. В. Проблемы автомобильного транспорта на современных карьерах. Труды межобластной научно-технической конференции по открытой разработке месторождений Украины. Днепропетровск, 1957.
19. Васильев М. В. Перспективы развития автомобильного и тракторного транспорта на открытых горных разработках. «Горный журнал», № 1, 1957.
20. Васильев М. В. Разработка карьеров каменностроительных материалов Куйбышевгидростроя «Гидротехническое строительство», № 1, 1957.
21. Васильев М. В. Особенности производства земляных работ в восточных районах страны. Бюллетень Министерства строительства предприятий металлургической и химической промышленности, № 1, 1957.
22. Васильев М. В. Автомобильный транспорт на строительстве рудников. «Автомобильный транспорт», № 1, 1958.
23. Васильев М. В. Автомобильный транспорт на строительстве карьеров. Сборник «Опыт применения автомобильного транспорта на карьерах цветной металлургии», Свердловск, 1958.
24. Васильев М. В. Некоторые параметры автомобильного транспорта на глубоких карьерах. Сборник «Вопросы горного дела» № 2, Уральский филиал АН СССР, Свердловск, 1958.
25. Васильев М. В. Оценка автомобильного и железнодорожного транспорта на карьерах, «Горный журнал», № 9, 1958.

26. Васильев М. В. Перспективы применения автомобильного транспорта на открытых горных работах. «Колыма», № 12, 1958.
27. Васильев М. В. Причины недостаточной эффективности автомобильного транспорта на открытых горных работах. Техничко-экономический бюллетень Кустайского Совнархоза, № 2, 1958.
28. Васильев М. В. Рельсовый транспорт на железорудных карьерах Урала. «Горный журнал», № 12, 1958.
29. Васильев М. В., Субботин А. Н. Зарубежные тягачи-самосвалы. «Механизация строительства», № 3, 1959.
30. Васильев М. В. Исследования автомобильного транспорта на базе рудных карьеров Урала. Уральский филиал АН СССР. Фонды Горно-геологического института, 1959 (рукопись).
31. Васильев М. В. в соавторстве с Хохряковым В. С. Исследование ходовых качеств автосамосвалов МАЗ-525. «Известия высших учебных заведений. Горный журнал», № 2, 1959.
32. Васильев М. В. Комплексная механизация основных и вспомогательных процессов на открытых горных работах. Сборник «Основные вопросы развития горнодобывающей промышленности Оренбургского экономического района», Оренбург, 1959.
33. Васильев М. В. Новое автотракторное оборудование для производства земляных работ крупных объемов. «Гидротехническое строительство», № 10, 1959.
34. Васильев М. В. Перспективы развития горнодобывающей промышленности Оренбургской области 1959—1965 гг. Сборник «Вопросы развития горнодобывающей промышленности Оренбургского экономического района», Оренбург, 1959.
35. Васильев М. В., Кочетков Н. Т., Субботин А. Н. Телевидение на открытых горных работах. «Механизация и автоматизация производства», № 9, 1959.
36. Васильев М. В. Современная транспортная техника на карьерах. Свердловск, 1959.
37. Васильев М. В. Конструкция, расчет и условия применения автомобильных подъемников на карьерах. Сборник «Вопросы транспорта рудных карьеров», Уральский филиал АН СССР, 1960.
38. Васильев М. В., Парфенов Г. В. К вопросу о применении комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта на втором Качканарском горнообогатительном комбинате. Сборник «Вопросы транспорта рудных карьеров», Уральский филиал АН СССР, 1960.
39. Васильев М. В. Пути повышения производительности и снижения себестоимости автотранспорта на карьерах. Бюллетень Центрального Института информации цветной металлургии, № 2, (151), 1960.
40. Васильев М. В. Основные вопросы автомобильного транспорта открытых разработок. Сборник «Вопросы транспорта рудных карьеров». Уральский филиал АН СССР, 1960.
41. Васильев М. В. в соавторстве с Филатовым С. С. и Кочневым К. В. Изменение рациональных методов борьбы с выхлопными газами карьерного автотранспорта. «Горный журнал», № 5, 1960.
42. Васильев М. В. Анализ состояния современной автомобильной техники открытых горных разработок за рубежом. Сборник «Технология и экономика угледобычи», № 7, 1960.
43. Васильев М. В. Автомобильное оборудование для открытых работ. «Технология и экономика угледобычи» № 3, 1960.
44. Васильев М. В. Перспективы применения автомобильного транспорта на рудниках Челябинского совнархоза. «Техничко-экономический бюллетень», № 6, 1960.
45. Васильев М. В. Параметры автомобильного оборудования для открытых горных работ в СССР. «Горный журнал», № 9, 1960.
46. Васильев М. В., Шаганский Р. Л. Новая система обслуживания и ремонтов большегрузных автосамосвалов. «Автомобильный транспорт», № 9, 1960.
47. Васильев М. В. К вопросу применения большегрузного автомобильного транспорта на открытых горных разработках. «Труды МИСи», 1960.
48. Васильев М. В., Дорошенко Е. П. Особенности строительства и эксплуатации автомобильных дорог в карьерах. Сборник «Автомобильный транспорт на рудных карьерах». Уральский филиал АН СССР, Свердловск, 1960—1961.
49. Васильев М. В. Условия для создания поточной работы автотранспорта на карьерах. Сборник «Автомобильный транспорт на рудных карьерах». Уральский филиал АН СССР, Свердловск, 1960—1961.
50. Васильев М. В., Субботин А. Н., Попов В. М. Исследование скоростных характеристик большегрузных автосамосвалов в глубоких карьерах. Сборник «Автомобильный транспорт на рудных карьерах». Уральский филиал АН СССР, 1960—1961.
51. Васильев М. В., Попов В. М., Субботин А. Н. Определение ширины

- карьерных автомобильных дорог. Сборник «Автомобильный транспорт на рудных карьерах». Уральский филиал АН СССР, 1960—1961.
52. Васильев М. В., Попов В. М. Исследование рационального числа смен работы автотранспорта на карьерах. Сборник «Автомобильный транспорт на рудных карьерах». Уральский филиал АН СССР, 1960—1961.
 53. Васильев М. В. Открытые горные работы в Чехословакии. Уральский филиал АН СССР. Фонды Горно-геологического института, 1960 (рукопись).
 54. Васильев М. В., Фаддеев Б. В., Парфенов Г. В., Зубрилов Л. Е., Дороненко Е. П. Оценка сырьевой базы черной и цветной металлургии Челябинского экономического района. Уральский филиал АН СССР. Фонды Горно-геологического института, 1960 (рукопись).
 55. Васильев М. В. Современный карьерный транспорт. Госгортехиздат, 1960.
 56. Великанов Д. П. Эксплуатационные качества отечественных автомобилей. Автотрансиздат, 1956.
 57. Великанов Д. П. Вопросы развития технических средств автомобильного транспорта и шоссейных дорог РСФСР, Москва, 1959.
 58. Ветров Ю. А. Экскаваторный забой. Гостехиздат УССР, Киев, 1955.
 59. Виницкий К. Е. Производительное использование экскаваторов и автотранспорта в карьерах. «Уголь», № 11, 1955.
 60. Ворошилин И. Р. Безрельсовый транспорт в горном деле. Металлургиздат, 1940.
 61. Геслер В. Влияние вида автомобиля на его тормозной путь. «Автомобильный транспорт», № 12, 1957.
 62. Гилула М. Л. Исследование работы автомобилей-самосвалов совместно с одноковшовыми экскаваторами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, Москва, 1958.
 63. Гурьев С. В. Карьерный транспорт. Углетехиздат, 1952.
 64. Домбровский Н. Г. Перспектива развития мощных одноковшовых экскаваторов для работы с погрузкой в транспорт. «Механизация трудоемких и тяжелых работ» № 9, 1952.
 65. Домбровский Н. Г. Повышение производительности одноковшовых экскаваторов. Стройиздат, 1954.
 66. Домбровский Н. Г. Проблема конструктивного развития теории и расчета машин для производства земляных работ на открытых разработках и в строительном деле. «Вопросы механизации открытых горных и земляных работ». Госгортехиздат, 1959.
 67. Духовлинов Д. П. Из опыта эксплуатации автосамосвалов на карьерах. «Горный журнал», № 5, 1955.
 68. Земсков Б. Ф. Эксплуатация и ремонт автомобильных шин. Изд-во Министерства коммунального хозяйства, 1953.
 69. Зурков П. Э. Автомобильные отвалы на Дашкесанском железорудном карьере. «Горный журнал», № 5, 1956.
 70. Зурков П. Э. Основные вопросы открытой разработки железных руд сложного состава. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Москва, 1958.
 71. Зурков П. Э. Отвальные работы на карьерах. Углетехиздат, 1951.
 72. Иванов Н. И., Защепин А. П. и др. Проектирование дорожных одежд. Издательство автотранспортной литературы, 1955.
 73. Контрольные цифры развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. Материалы внеочередного XXI съезда КПСС. Госполитиздат, 1959.
 74. Крапивников Г. А. Определение сопротивления движению автомобиля. «Автомобильный транспорт», № 3, 1958.
 75. Кудрявцев М. Н., Каганович В. Е. Проектирование автомобильных дорог. Автотрансиздат, 1958.
 76. Куликов П. К. Определение коэффициента учета вращающихся масс автомобиля. «Автомобильный транспорт», № 9, 1958.
 77. Мелешкин С. М. Шире внедрить автомобильный транспорт на открытых горных работах. «Механизация и автоматизация производства», № 7, 1959.
 78. Мельников Н. В. Добыча ископаемых открытым способом. Углетехиздат, 1948.
 79. Мельников Н. В. Механизация отвальных работ на открытых разработках. Углетехиздат, 1954.
 80. Мельников Н. В., Потапов М. Г. и др. Разработка угольных месторождений СССР открытым способом. Углетехиздат, 1958.
 81. Мельников Н. В. Справочник инженера и техника по открытым горным работам. Углетехиздат, 1956.
 82. Мельников Н. В., Потапов М. Г. и др. Техника открытых горных работ за рубежом. Углетехиздат, 1956.
 83. Меркушев Р. Н., Баранов И. В. Рельсовый и безрельсовый транспорт на строительной площадке. Госстройиздат, 1954.

84. Наумов И. С. Применение автомобильного транспорта на Сибавском руднике. «Горный журнал», № 3, 1956.
85. Некрасов В. Г., Бурлай Б. Ф. Постройка автомобильных дорог. Дориздат, 1947.
86. Новожилов М. Г. Основные вопросы открытой разработки месторождений на больших глубинах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Свердловск, 1954.
87. Новожилов М. Г. Открытые горные работы, Metallurgizdat, 1950.
88. Новожилов М. Г., Селянин Б. Г. Эффективная схема открытой разработки железистых кварцитов Кривого Рога. «Горный журнал» № 7, 1959.
89. Повалый М. Р., Гусятинский М. А. Применение автомобилей с полуприцепами-самосвалами на Балаклавском карьере. «Горный журнал», № 8, 1959.
90. Попов С. И. О применении автомобилей-самосвалов в рудных карьерах. «Автомобильный транспорт», № 9, 1956.
91. Потапов М. Г. Автомобильный транспорт на карьерах США. «Механизация трудоемких и тяжелых работ», № 3, 1956.
92. Потапов М. Г. Карьерный транспорт. Углетехиздат, 1958.
93. Ржевский В. В. Скользящие съезды в карьерах. Углетехиздат, 1952.
94. Селянин В. Г. Исследование технологии открытой разработки железистых кварцитов Кривбасса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук, Москва, 1960.
95. Симкин Б. А. Карьерные автодороги. «Горный журнал», № 10, 1952.
96. Симкин Б. А. Комбинированный транспорт на открытых разработках. «Горный журнал», № 8, 1955.
97. Северьянов Н. Н. Транспорт топливных предприятий. Госоптехиздат, 1959.
98. Смирнов М. Ф. Техничко-экономическое обоснование ширины проезжей части автомобильных дорог. «Автомобильные дороги», № 5, 1959.
99. Спиваковский А. О. Рудничный транспорт. Углетехиздат, 1958.
100. Субботин А. Н. Зависимость скорости движения большегрузных автосамосвалов от величины уклона дороги на рудных карьерах. Уральский филиал АН СССР. Труды Горно-геологического института, вып. 34, 1958.
101. Техничко-экономический бюллетень треста «Союзэкскавация», 1955.
102. Тымовский Л. Г. Автомобильный транспорт на открытых работах. Углетехиздат, 1952.
103. Тымовский Л. Г., Граве И. П. Карьерный транспорт, Углетехиздат, 1957.
104. Фиделев А. С. Расчетные методы при проектировании комплексно-механизированных карьеров. Киев, 1954.
105. Фиделев А. С. Основные расчеты при открытой разработке угольных месторождений. Госгортехиздат, 1960.
106. Фукс Е. Проектирование автомобильных дорог. Автотрансиздат, Москва, 1959.
107. Хохряков В. С. Исследование условий эффективного применения мощных автосамосвалов на открытых горных работах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. Горный институт, Свердловск, 1953.
108. Хохряков В. С. Исследование оптимальных и безопасных режимов движения карьерных автосамосвалов (рукопись). Выполнено под руководством М. В. Васильева. Фонды Свердловского Горного института им. В. В. Вахрушева, Свердловск, 1959.
109. Хохряков В. С. К расчету безопасных скоростей движения автосамосвалов в карьерах. «Горный журнал», № 8, 1959.
110. Чудаков Е. А. Автомобили-самосвалы для строек пятой пятилетки. «Автомобильная и тракторная промышленность», № 8, 1953.
111. Чудаков Е. А. Советский автомобиль. Издательство Академии наук СССР, 1952.
112. Чудаков Е. А. Устройство автомобиля. МашГИЗ, 1949.
113. Шешко Е. Ф., Ржевский В. В. Основы проектирования карьеров. Углетехиздат, 1958.
114. Шешко Е. Ф. Основы проектирования угольных карьеров. Углетехиздат, 1950.
115. Шешко Е. Ф. Открытая разработка месторождений полезных ископаемых. Углетехиздат, 1957.
116. Шилин А. Н. Автомобильный транспорт на меднорудных карьерах Урала. Труды института Унипромедь, выпуск II, Свердловск, 1957.
117. Шилин А. Н. Анализ работы и пути дальнейшего совершенствования автомобильного транспорта на меднорудных карьерах Урала. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. Унипромедь, Свердловск, 1957.
118. Яковлев А. В. Сборно-разборные железобетонные дорожные покрытия, Ленинград — Москва, 1958.
119. «Advances in off-Highway truckdesing». O. N. Carlson. Mining Congress Journal № 12, 1957.

120. «Betriebsweise Gerabtenleistungen und Betriebskosten in Steinkohlentagebauen der USA». Karl Shone. Köln Braunkohle Wärme und Energie № 5, 1955.
121. «Better roads for lower costs» L. M. Krupp. Mining Engineering № 11, 1958.
122. «Dust control on dry roads». Mining Magazine № 12, 1958.
123. «Economics of various types of quarry haulage». C. D. Weeks, Mining Congress Journal № 12, 1959.
124. «English develop opencost mining». Excavating Engineer № 3, 1957.
125. «Estimating data for open pit haulage trucks». H. A. Wilmeth. Mining Engineering № 5, 1958.
126. «Euchik». Smith Ralph. Canadian Mining Journal № 11, 1958.
127. «Midwests mining» Bunicman. Mining Equipment News № 12, 1958.
128. «Stabilization of strip mine haulage road». I. N. Greer. Mining Congress Journal № 4, 1959.
129. «Stephans iron Mine». Harkin Wesley. Mining Rev. № 30, 1957.
130. «The conventional program (open pit mining)». Mining Congress Journal № 10, 1959.
131. «Why Chinodivision treets mine road». Mining World № 8, 1958.
132. «Two-way «Barney Car» sistem». J. O. Taylor. Rock Products № 1, 1943.
133. «Truck-haulage improvement». Mining Congress Journal № 9, 1959.
134. «Les explotations a ciel ouvez», Revue de l'industrie Minerale, № 4, 1958.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Открытые разработки с автомобильным транспортом	3
1. Роль транспорта на открытых горных разработках	3
2. Состояние исследований открытых горных разработок с автомобильным транспортом	5
Глава II. Автомобильный транспорт и возможности его рационального использования на открытых горных разработках	10
1. Условия применения автомобильного транспорта	10
2. Преимущества и недостатки автомобильного транспорта	14
3. Состояние открытых горных разработок с автомобильным транспортом за рубежом	17
4. Освоение автомобильного транспорта на открытых горных разработках СССР	20
Глава III. Анализ схем транспортных коммуникаций и подъездов к экскаваторам при автомобильном транспорте	24
1. Схемы движения автомобилей	24
2. Схемы подъездов автомобилей к экскаваторам	34
3. Установка автомобилей при погрузке их механическими лопатами и возможности поточной погрузки	38
4. Установка автомобилей при погрузке их драглайнами и возможности поточной погрузки	43
5. Проходка траншей с использованием автомобильного транспорта	48
Глава IV. Основы расчета элементов горных разработок при автомобильном транспорте	56
1. Определение рациональных параметров забоев при разработке их прямыми лопатами	56
2. Определение рациональных параметров забоев при разработке их драглайнами	60
3. Определение размеров транспортных берм, маневровых и приемных площадок	63
Глава V. Параметры и особенности устройства автомобильных дорог в карьерах	71
1. Техническая характеристика	71
2. Установление оптимальных уклонов	73
3. Установление оптимальной ширины карьерных дорог	78
4. Типы покрытий главных откаточных дорог и их выбор	89
5. Оценка дорог со щебеночным покрытием и методы их усовершенствования в условиях карьеров	91
6. Оценка бетонных дорог и дорог с инвентарными железобетонными плитами и условия их рационального использования в карьерах	96
7. Вопросы комплексной механизации дорожно-строительных работ, содержание дорог и рекомендуемые для этого комплекты машин	104
Глава VI. Анализ состояния современной автомобильной техники открытых горных разработок и перспективы ее развития	114
1. Состояние и основные тенденции развития автомобильной техники за рубежом	114
2. Специальное современное автомобильное оборудование для открытых разработок, его достоинства и недостатки	127
3. Условия рационального применения различных видов автомобильного оборудования на карьерах	134
4. Оценка выпускаемого и намеченного к выпуску в СССР автомобильного оборудования для карьеров	141
Глава VII. Исследование рациональных параметров автомобильного оборудования для карьеров	151

1. Взаимозависимость параметров автомобильного выемочно-погрузочного и обогатительного оборудования	151
2. Исследование грузоподъемности, емкости, грузоместимости и породоемкости автомобильного оборудования	159
3. Рациональные типоразмеры и параметры автомобильного оборудования для карьеров СССР	164
Глава VIII. Основы теоретических расчетов карьерного автомобильного транспорта	174
1. Силы тяги автомобиля и сопротивления движению автомобилей в карьерах	174
2. Определение тормозного эффекта	182
3. Определение скоростей движения автомобилей	188
4. Определение максимальных уклонов	196
5. Определение веса автопоездов и автосамосвалов	199
6. К методике определения расходов топлива и смазочных масел для карьерных автомобилей	200
7. К методике определения расхода шин карьерными автомобилями	203
8. Исследование продолжительности транспортного цикла	210
9. Определение расчетных технических скоростей движения автомобилей	215
10. Производительность автосамосвалов и автопоездов	221
11. Расчет необходимого количества автомобилей в карьере	226
Глава IX. Исследование повышения эффективности автомобильного транспорта на открытых разработках	231
1. Исследование продолжительности транспортного цикла большегрузных агрегатов и возможность его уплотнения	231
2. Анализ использования автосамосвалов во времени и возможные пути улучшения их использования	235
3. Исследование режима эксплуатации большегрузных автосамосвалов в карьерах	241
4. Вопросы улучшения эксплуатации автосамосвалов при перевозках налипших и намерзающих в зимнее время пород	251
Глава X. Исследование вопросов разработки глубоких карьеров с автомобильным транспортом	256
1. Особенности работы автомобильного транспорта в карьерах значительной глубины	256
2. Автомобильные подъемники и принципы их конструктивного устройства	258
3. Расчет основных параметров автомобильных подъемников	265
4. Исследование автомобильных подъемников в сопоставлении с другими видами подъема и автотранспортом	270
5. Особенности ведения горных работ с автомобильными подъемниками и условия их рационального применения	273
6. Особенности автомобильного транспорта при использовании его в комбинации со скиповым и конвейерным подъемом	277
Глава XI. Перспективы развития открытых горных разработок с автомобильным транспортом в СССР	282
1. Оценка автомобильного транспорта в сопоставлении с железнодорожным в условиях карьеров	282
2. Существующие перспективы применения автомобильного транспорта на открытых разработках	295
3. Возможности применения автомобильного транспорта на реконструируемых и вновь намеченных к вводу в эксплуатацию карьерах	307
4. Основные пути технического развития автомобильного транспорта на карьерах	317
Литература	324

Редактор Ю. В. Лучко
Технический редактор Н. Ф. Тамкова
Корректоры П. В. Винокурова, Н. М. Пучкова

РИСО УФАН СССР № 12/1(12)

Сдано в набор 3/XII 1961 г.

НС25229

Заказ № 777.

Формат 70×108¹/₁₆.

Цена 2 руб.

Подписано к печати 18/V 1962 г.

Печ. л. 20,75.

Уч.-изд. л. 25,8.

Тираж 800 экз.

Типография изд. «Уральский рабочий», г. Свердловск, ул. им. Ленина, 49.