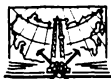


М. В. ВАСИЛЬЕВ

ТРАНСПОРТ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ



МОСКВА "НЕДРА" 1983

Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров. М., Недра, 1983, 295 с.

Рассмотрены условия ведения горных работ и выбор способов доставки горной массы на поверхность. Описаны различные виды транспорта и их комбинации и свойственные им транспортные средства, а также сопутствующие транспортным комбинациям перегрузочные и вспомогательные устройства. Уделено внимание разнообразным видам подъема, конструктивному устройству подъемников, особенностям их эксплуатации. Приведены новые специальные и вспомогательные виды транспорта. Намечены пути повышения эффективности транспорта в связи с углублением горных работ.

Для инженерно-технических работников горнодобывающих предприятий, научно-исследовательских и проектных институтов.

Табл. 66, ил. 107, список лит. — 45 назв.

Рецензент — проф., д-р техн. наук *М.Г. Новожилов* (ДГИ)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ведущее место в горнодобывающей промышленности занимает открытый способ добычи полезных ископаемых как наиболее производительный, экономичный и безопасный. В нашей стране на его долю приходится около двух пятых добываемого объема угля, более четырех пятых железной руды, примерно три четверти руд цветных металлов и химического сырья и почти весь объем строительных горных пород. В будущем в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС он сохранит свое доминирующее положение.

Дальнейшее развитие открытого способа добычи характеризуется строительством и эксплуатацией высокомеханизированных карьеров большой производственной мощности, вовлечением в разработку сложных по своему качественному составу и геологическому строению месторождений полезных ископаемых, в том числе залегающих на значительной глубине, все возрастающей интенсификацией производственных процессов.

В результате этого наблюдается рост глубины и темпов увеличения горных работ с глубиной, который ведет к усложнению горнотехнической эксплуатации карьеров, отрицательно сказываясь особенно на таком важнейшем технологическом процессе, каким является карьерный транспорт. По оценкам, увеличение глубины горных работ обусловит на некоторых карьерах повышение доли расходов на транспорт до 60—70 %, общих затрат на добычу и рост трудоемкости работ на 40—50 % и более.

В решение проблемы карьерного транспорта при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом на больших глубинах внесли свой вклад ученые-исследователи чл.-кор. АН СССР А.О. Спиваковский, доктора техн. наук М.Г. Новожилов (ДГИ), Б.Н. Тартаковский (ИГТМ АН УССР), М.Г. Потапов (ИГД им. А.А. Скочинского), Б.А. Носырев и В.С. Хохряков (СГИ), а также коллективы проектных институтов Гипроруда, Кривбасс-проект, Унипромедь, Центрогипрошахт и др. Этой же проблеме был посвящен цикл исследований, выполненных ИГД Минчермета СССР, результаты которых изложены в настоящей монографии.

Автор выражает глубокую благодарность специалистам различных организаций за оказанную помощь в подготовке и оформлении рукописи и проф., д-ру техн. наук М.Г. Новожилову за ценные и полезные замечания, сделанные при ее рецензировании.

Глава I

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

§ 1. ПАРАМЕТРЫ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

По мере развития открытых горных работ увеличиваются пространственные размеры карьеров, вместе с этим растут и их глубина.

В табл. 1 приведены число карьеров в СССР и динамика изменения их глубины до 1980 г. Из таблицы видно, что если во всех горнодобывающих отраслях в 1970 г. было семь карьеров глубиной свыше 200 м, то к 1980 г. их число возросло до 25.

Наиболее интенсивно в перспективе будут разрабатываться железорудные карьеры: Сарбайский, Соколовский, Коршуновский, Ковдорский, а также карьеры ЮГОК, ЦГОК, СевГОК и ИнГОК.

Характеристика железорудных карьеров по глубине приведена в табл. 2, а характеристика угольных карьеров и карьеров, разрабатывающих руды цветных металлов, — в табл. 3.

Как следует из табл. 2 и 3, глубина большинства крупных рудных карьеров в настоящее время превышает 200 м или приближается к этой величине.

Среди угольных карьеров самым глубоким является Коркинский, проектная глубина которого установлена до 570 м. Среди карьеров нерудных полезных ископаемых наиболее глубокими являются Баженовские асбестовые производственного объединения Ураласбест. Глубина их уже в настоящее время превысила 220 м. Проектом предусматривается разработку этих месторождений открытым способом вести до глубины 680 м. Запроектированные карьеры горно-химического сырья (например, карьеры по добыче фосфоритов месторождения Джаны-Тас) имеют глубину разработки около 300 м.

Наиболее глубоким карьером мира является медно-молибденовый карьер Бингхем (штат Юта, США). Глубину более 200 м имеют карьеры, разрабатывающие месторождения руд цветных металлов: Твин Бьюттс, Беркли, Мишон, Сиеррита (США), Эндако (Канада), Аитик (Швеция), Эрцберг (Австрия), Токвепала (Перу), Чукикамата (Чили), Палабора (ЮАР) и др. Проектная глубина этих карьеров превышает 200 — 300 м, а карьеры Сиеррита, Токвепала и Палабора намечается разрабатывать до глубины 550 м.

Железорудные карьеры в большинстве случаев имеют меньшую глубину, как правило, не превышающую 200 м: Айрон Монак, Хамерсли (Австралия), Лак Джинайн (Канада), Коу (Бразилия), Игл Маунтин (США) и др. Среди асбестовых карьеров наиболее глубоким является карьер Джеффри (Канада), глубина которого достигает 300 м.

Таблица 1

Глубина карьеров, м	1970 г.	1980 г.	Глубина карьеров, м	1970 г. 1980 г.	
Менее 50	6108	6300	201—300	6	18
50—100	90	103	301—400	1	6
101—200	37	42	Более 400	—	1

Таблица 2

Карьеры	Глубина карье- ра на конец от- работки, м	Размеры карьера по поверхности, м	Глубина карьера по годам	
			1980	1985
Оленегорский	330	2900x950	160	200
Ковдорский	564	2140x1620	144	205
Сарбайский	650	3200x2400	280	360
Соколовский	490	3450x1600	330	410
Качарский	720	3450x3020	—	250
Коршуновский	360	2700x1900	150	260
Качканарский (Главный ГОК)	180	1600x750	100	140
Качканарский (Западный ГОК)	350	3000x560	54	91
Гороблагодатский (Центральный)	220	1230x1250	135	175
Бакальский (Петлинский)	320	1150x950	165	220
Ново-Бакальский	300	1350x850	160	170
Лебединский	450	4000x2900	240	290
Михайловский	430	6500x1850	225	265
Первомайский (СевГОК)	300*	2750x2400	200	250
Анивовский (СевГОК)	300*	6700x1100	170	220
ЮГОК	300*	3000x2300	220	265
Днепровский	300*	7500x1900	200	275
Ингулецкий	700	2950x2050	170	220
№2-бня НКГОКа	400	1900x1300	135	260
№3 НКГОКа	490	2510x1450	190	250

*Глубина карьера при разработке его первой очереди.

Таблица 3

Карьеры	Глубина карьера, м		Карьеры	Глубина карьера, м	
	про- ектная	дос- тигну- тая в 1979г.		про- ектная	дос- тигну- тая в 1979г.
Гайский №1	320	230	Кальмакырский	460	270
Гайский №2	245	200	Ждановский	320	205
Учалынский	330	185	Николаевский	400	157
Сибайский	480	250	Коркинский	500	420
Коунрадский	500	278	Им. 50-летия Октября	600	132
Агаракский	400	150	Междуреченский	360	180
Сорский	410	185	Кедровский	300	160
Кургащинканский	340	205	Баженовский	680	240

Другими параметрами карьеров являются размеры их в плане на уровне поверхности земли и по дну. Размеры поперечных сечений карьеров зависят в основном от их глубины на той или иной стадии их разработки, а также характера залегания месторождения, его формы, мощности, углов падения залежи и т. д. Большое значение для определения параметров карьеров имеют принятые способы вскрытия, система разработки месторождения и вид карьерного транспорта.

Различный характер горных пород и руд, встречающиеся литологические разности, трещиноватость, рассланцованность и другие показатели определяют устойчивость бортов и уступов карьеров. Углы откосов уступов в рыхлых породах составляют от 24 до 35°, в полускальных — от 35 до 50° и в скальных — от 50 до 75°. Величины углов погашения бортов карьеров также колеблются в значительных пределах — от 20—22 до 46—50°. Меньшие значения характерны, как правило, для карьеров малой глубины, поскольку в их бортах на большой высоте располагаются рыхлые отложения и породы коры выветривания. В том случае, когда в бортах залегают скальные породы, углы погашения имеют большие значения. Большинство крупных карьеров, разрабатывающих руды цветных металлов, имеют значительную глубину, углы наклона их бортов составляют 35—45° (Сибайский, Кургашиноканский, Сорский, Коунрадский, Кальмакырский и др.). Таким образом, пространственные размеры карьеров зависят не только от их глубины, но и от горно-геологических условий, влияющих на принятые при эксплуатации и погашении углы откосов уступов и бортов карьеров.

Карьер Бингхем достигает глубины 800 м, в плане имеет форму, близкую к окружности с диаметром около 4 км. Как видно из табл. 2, многие из железорудных карьеров Советского Союза также имеют большие размеры в поперечнике на стадии достижения своей проектной глубины. Правильную округлую форму имеют карьеры Сарбайский, Ингулецкий, Первомайский, наибольшие размеры которых в поперечнике на уровне поверхности земли будут достигать 3 км и более. Отдельные карьеры, имеющие вытянутую в одном направлении форму, — Днепровский, Анновский — будут иметь размеры, превышающие в плане 6,5—7,5 км, а фосфоритовый карьер Джаны-Тас до 30 км.

Глубокие карьеры в течение всего срока эксплуатации, от начала строительства до погашения горных работ, находятся в непрерывном развитии, вследствие которого ежегодно перемещаются в пространстве рабочие места и изменяются горнотехнические условия, а также увеличиваются глубина, размеры карьера в плане, а в результате площадь рабочей зоны, длина транспортных коммуникаций и другие параметры.

Наибольшее влияние на изменение горнотехнических условий эксплуатации оказывает скорость понижения горных работ. При этом площадь рабочей зоны изменяется на 5—20 %, а длина транспортных коммуникаций увеличивается в 10—20 раз.

Таблица 4

Карьеры	Глубина карьера		Прирост глубины за 10 лет, м	Годовое понижение работ, м	Вид транспорта
	на 1/1 1970 г., м	на 1/1 1980 г., м			
Оленегорский	99	160	61	6,1	Комбинированный
Ковдорский	336	144	192	19,2	Автомобильный
Соколовский	195	330	135	13,5	Комбинированный
Сарбайский	200	280	80	8,0	
Лебединский	102	240	138	13,8	"
ЮГОК	115	220	105	10,5	Железнодорожный
ЦГОК № 1	80	275	195	19,5	Комбинированный
Первомайский	158	200	42	4,2	"
Анновский	115	170	55	5,5	Автомобильный
Ингулецкий	140	170	30	3,0	
Днепроvский	68	200	132	13,2	

Годовое понижение горных работ колеблется в большом диапазоне и зависит от многих факторов. Наибольшей величины оно достигает в период строительства карьеров. Максимальное годовое понижение горных работ в этот период составляло 30—35 м (Гайский карьер) и, как исключение, 55 м (Сарбайский карьер). На действующих карьерах годовое понижение зависит от совокупности большого числа факторов, но, как правило, уменьшается по сравнению с начальным периодом эксплуатации карьера, главным образом из-за развития работ на горизонтах и расширения рабочей зоны. В этот период эксплуатации величина годового понижения может колебаться в значительных пределах (табл. 4). Более интенсивно оно может происходить, когда один борт или большая часть бортов карьера разнесена до предельного контура и форсированно ведутся добычные работы, или по другим причинам, когда резко увеличиваются объемы выемки полезного ископаемого. Так, согласно табл. 4, наиболее высокие значения годового понижения были достигнуты на карьере ЦГОК № 1 (25 м в год).

На изменение скоростей понижения горных работ, а также на другие параметры разработки значительно влияет вид транспорта. В зависимости от его гибкости, маневренности, приспособленности и быстроты введения в действие в различных горнотехнических условиях может быть получена та или иная степень понижения горных работ. Так, по большинству рудных карьеров применение автотранспорта в начальный период эксплуатации позволяет достигать годового понижения 20—25 м, в то время как при железнодорожном транспорте лишь 8—10 м и, как исключение, 12—15 м. При комбинированном транспорте, как правило, показатели понижения меньше, чем при автомобильном. Однако и при автомобильном транспорте, когда усиленно развивается карьерное пространство, может быть очень небольшое годовое понижение горных работ (Ингулецкий и Анновский карьеры).

Значительные колебания в годовом понижении горных работ обуславливаются тем, что каждому из применяемых в карьерах видов транспорта свойственны соответствующие уклоны трасс, определяющие параметры траншей, ширину транспортных берм для прокладки коммуникаций, размеры площадок перегрузочных пунктов для перегрузки полезных ископаемых и пород и т. д.

Таким образом, глубина карьеров и другие пространственные размеры непосредственно зависят от применяемых видов транспорта, каждый из которых или их комбинация влияют на формирование основных параметров карьера и динамику его развития.

§ 2. СПЕЦИФИКА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРАНСПОРТА В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ

Горно-геологические условия залегания месторождений, разрабатываемых глубокими карьерами, чрезвычайно разнообразны. В большинстве случаев разрабатываются наклонные и крутопадающие залежи. Удельный вес крепких пород в глубоких карьерах составляет 65—70 % общего объема горной массы.

Рудные тела залегают среди осадочных, эффузивных, интрузивных пород различного состава и их измененных разновидностей. Породы имеют различную крепость. Предел их прочности на сжатие составляет от 20 до 160 МПа и более. Сложные условия залегания многих месторождений характеризуются крупными тектоническими нарушениями, блочностью и трещиноватостью. Различные по составу вмещающие породы иногда оказываются резко измененными и гидротермально-метасоматическими процессами, которые существенно влияют на прочность пород. Коренные породы практически на всех месторождениях покрыты рыхлыми образованиями в виде аллювиально-делювиальных и аллювиальных отложений (реже элювий), представленными глинистыми разновидностями с обломками коренных пород. Четкой границы между корой выветривания и неизменными породами не наблюдается. Зона перехода от пород выветривания к коренным состоит обычно из полускальных пород с незначительным пределом прочности на сжатие. Общая мощность рыхлых пород, как и коры выветривания, различна. Она значительно зависит от геоморфологии разрабатываемого поля и составляет до 60—80 м, а на отдельных месторождениях даже до 150 м.

В гидрогеологическом отношении месторождения характеризуются различной степенью водообильности. Подземные воды заключены в рыхлых породах, в верхней трещиноватой зоне скальных пород и руд, в пределах зон разрывных тектонических нарушений, но в основном в коренных трещиноватых породах. Наибольшие потоки вод иногда циркулируют на значительных глубинах по рассланцованным контактам слоев и структур. Они-то и усложняют разработку на больших глубинах.

Высокая водообильность характерна для многих железорудных месторождений, разрабатываемых глубокими карьерами. Так, приток подземных вод при разработке Яковлевского железорудного месторождения составляет 4,5—5 тыс. м³/ч. Большая водообильность наблюдается при разработке Сарбайского месторождения и ожидается на Качарском карьере. Перечисленные горно-геологические и гидрогеологические особенности значительно влияют на эффективность открытых работ, и чем глубже карьер, тем сложнее становятся условия эксплуатации оборудования.

Изменение и усложнение условий залегания месторождений с глубиной значительно влияет на особенности работы карьерного транспорта. Частая перемежаемость пород и полезных ископаемых, возрастающие крепость, кусковатость, блочность, водообильность и другие особенности ведут к снижению производительности и ухудшению использования транспортных средств.

При сложных условиях залегания полезного ископаемого, ограниченном фронте работ и при доработке месторождения снижается производительность карьера. В этом случае требуемая ритмичность добычных работ и высокая производительность горнотранспортного оборудования должны обеспечиваться за счет хорошего рыхления горной массы, нормального размещения транспортных коммуникаций и их сохранения при ведении взрывных работ и удобства подъезда транспортных средств к взорванному забою и т. д.

Увеличение глубины залегания горных пород и их крепости вызывает необходимость применения наиболее эффективных и экономичных средств для бурения скважин при одновременном повышении требований к надежности их основных узлов и деталей. Для работы в глубоких карьерах должны использоваться высокoeffективные универсальные буровые агрегаты, с автоматическим регулированием рабочих параметров в оптимальных режимах, отличающиеся хорошей маневренностью в ограниченном рабочем пространстве и большой производительностью при бурении в крепких породах скважин глубиной до 60 м и более. Бурение глубоких скважин необходимо для разработки высоких уступов, за счет которых возможно расширение транспортных берм и ширины перегрузочных транспортных площадок в глубоком карьере.

Наряду с распространением более современных буровых станков шарошечного, комбинированного и других заслуживает большого внимания применение в глубоких карьерах безвзрывного способа разрушения крепких скальных пород с использованием плазмы, инфракрасных и других видов излучений, лазеров различной мощности, энергии химически активных струй и т. д. Все эти способы могут быть особенно эффективны при бурении сильнотрещиноватых и недостаточно устойчивых пород, при дроблении негабарита, а также для ослабления разрабатываемых пород и т. д. При этом возможно создание нормальных условий работы экскаваторов и транспортных средств на большой глубине без производства крупных взрывов.

Ведение взрывных работ на глубоких горизонтах также имеет свои особенности: небольшие объемы массовых взрывов, уменьшение удельного расхода ВВ, взрывание в зажатой среде, применение методов взрывания, обеспечивающих минимальный развал породы при взрывах, получение заданной кусковатости взорванной горной массы, уменьшение разлета кусков, снижение сейсмического воздействия на борта карьера.

Для погрузки взорванной горной массы на глубоких горизонтах, наряду с экскаваторами, целесообразно использование мощных фронтальных погрузчиков. Особенно рационально погрузчики могут быть использованы для расчистки рабочих площадок после взрывов, подборки пониженной (хвостовой) части развала взорванной горной массы, погрузки негабарита (с помощью специальных захватов) и т. д.

С увеличением глубины карьеров, их производственной мощности, расстояния внешних отвалов от борта карьеров значительно увеличиваются длина транспортных коммуникаций, число транспортных горизонтов и тупиковых съездов, а также затрудняется обмен транспортных средств, что приводит к снижению коэффициента использования основного горнотранспортного оборудования. С ростом глубины разработки все более возрастает длина наклонных участков и снижается длина горизонтальных участков.

С ростом глубины карьеров увеличивается время нахождения в устойчивом состоянии откосов отдельных уступов и бортов карьера в целом. При этом возникает необходимость обеспечения длительной устойчивости бортов в их промежуточном и предельном положениях. На устойчивость откосов нерабочих уступов большое влияние оказывают выветривание пород и развитие осыпей. Заоткоска уступов в их предельном состоянии является первым условием обеспечения длительной устойчивости откосов и безопасной работы на больших глубинах. Отсутствие своевременной заоткоски может привести к осыпанию уступов до такой степени, что борта превратятся в сплошные откосы, недопустимые для продолжения горных работ и движения транспорта.

Для улучшения устойчивости откосов и безопасности работы в глубоких карьерах увеличивается продольное расстояние между бермами безопасности до 50—100 м. В некоторых случаях оставляются специальные бермы шириной до 8—10 м с уклонами, соответствующими уклонам транспортных берм для механизированной очистки осыпи. В сложных условиях при больших глубинах разработки применяются специальные инженерные меры для управления состоянием бортов карьера (укрепление неустойчивых участков бортов, упрочнение слагающих борта горных пород, устройство камнеулавливающих и противообвальных сооружений и т. д.). Контурное взрывание скальных пород, устройство подпорных стенок и контрфорсов, обеспечивающих безопасное ведение горных работ для людей и оборудования, также становятся необходимыми при разработке особо глубоких горизонтов.

Нарушение устойчивости бортов карьера часто связано с воздействием подземных и поверхностных вод. При этом необходимо применение таких эффективных средств борьбы с притоком подземных вод, как водопонижение, улавливание и откачка подземных вод дренажными выработками или скважинами, мощный водоотлив и др. Кроме того, предусматриваются определенные инженерные меры по локализации ливневых и талых вод, снегонакоплений, обледенения откосов бортов карьеров и пр.

Нормализация атмосферы, обеспечение санитарно-гигиенических условий труда рассматриваются как непереносимое требование при эксплуатации глубоких карьеров. В связи с этим необходимо создание и применение средств, предотвращающих поступление пыли и газов в атмосферу карьеров: пылеулавливающих устройств на станках шарошечного бурения и самоходных дробильных агрегатах аспирационных систем, пылеподавляющих и смачивающих экскаваторные забои установок, нейтрализаторов выхлопных газов автосамосвалов, поливочных машин для автодорог и т. д.

При увеличении глубины карьеров необходимо решать задачу обеспечения горнотранспортного оборудования электрической энергией. Для этого принимается ряд мер по повышению надежности, экономичности и безопасности систем электроснабжения, применению рационального ряда напряжений для карьерных потребителей, созданию эффективных способов и средств регулирования напряжений в системах. При этом нужны высоконадежные вакуумные, тиристорные электрогазовые высоковольтные распределительные устройства и приключательные пункты, передвижные автоматизированные электростанции с газотурбинными установками, передвижные пониженно-распределительные подстанции и другое оборудование.

Многие требования должны быть предъявлены и к созданию специальных осветительных установок локального и общего назначения, обеспечивающих достаточную и равномерную освещенность на глубоких горизонтах.

Ремонт горнотранспортного оборудования, за исключением капитального, в основном должен производиться в самом карьере. Для этого карьеры должны иметь временные ремонтные помещения легкого типа (пневмокострукции). Мелкие ремонты и устранение неисправностей должны выполняться на месте работ передвижными мастерскими. Для доставки эксплуатационных материалов, агрегатов, запасных частей должны использоваться специальные транспортные средства.

§ 3. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПРИМЕНЯЕМОГО ТРАНСПОРТА И РАЗМЕЩЕНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Карьерный транспорт перемещает горную массу от забоев до пунктов приема, а также доставляет вспомогательные грузы в карьер. Пунктами приема для вскрышных пород являются отвалы, а для полезного ископаемого — склады, приемные бункера обогати-

тельных фабрик, погрузочные бункера и т. д. Карьерный транспорт включает: внутрикарьерный — перемещающий грузы внутри карьера, и внешнекарьерный — за пределами карьера (на дневной поверхности).

Внутри карьера грузы перемещаются по горизонтальным и слабо наклонным трассам и по трассам с крутыми углами наклона.

По принципу действия различают транспорт прерывного и непрерывного действия, по характеру работы — подвижный и стационарный.

Общими характерными для карьерного транспорта качествами являются: массовость и односторонняя сосредоточенная направленность основных карьерных грузов; относительно небольшие расстояния перемещения грузов; высокие удельные показатели грузооборота; неоднородные свойства транспортируемой горной массы; частые перемещения пунктов погрузки, а в отдельных случаях и разгрузки и др.

В глубоких карьерах основные функции по перемещению грузов по наклонным и крутонаклонным трассам выполняет внутрикарьерный транспорт. При значительных глубинах работа внутрикарьерного транспорта приобретает свою специфику:

- 1) значительно увеличиваются расстояния транспортирования горной массы на поверхность;
- 2) из общей длины транспортных коммуникаций резко возрастает составляющая подъема горной массы;
- 3) возникает необходимость применения нескольких видов транспорта для более рационального разделения функций;
- 4) ограниченность фронта работ затрудняет маневренность при производстве транспортных операций;
- 5) происходит более частое перемещение транспортных коммуникаций, пунктов перегрузки внутри карьера и т. д.;
- 6) усложняются обслуживание и ремонт транспортных средств, вызванные нецелесообразностью выдачи всего оборудования на поверхность.

На глубоких карьерах наибольшее распространение получили три вида транспорта: автомобильный, железнодорожный и конвейерный. Характеристика, достоинства и недостатки каждого из этих видов транспорта представлены в табл. 5. Автомобильный транспорт в том или ином виде является неременным видом транспорта на преобладающем большинстве карьеров. Высокая гибкость, мобильность, маневренность, приспособленность к изменяющимся условиям залегания месторождения, сравнительная простота расположения и устройства дорожных коммуникаций и другие особенности делают автомобильный транспорт наиболее отвечающим сложным условиям разработки на глубоких горизонтах. Автомобильному транспорту свойственны автономность энергоисточника, взаимная независимость работы автомашин, что упрощает, особенно на большой глубине, схемы движения. В результате всех этих положительных качеств повышается концентрация работ, увеличивается возможный темп их углубле-

Таблица 5

Транспортные средства	Достоинства	Недостатки
Автосамосвалы, тягачи с полуприцепами, автопоезда	<p align="center">Автомобильный</p> <p>Высокая маневренность и мобильность Быстрый ввод в действие в начальный период строительства Возможность большой концентрации работ на ограниченном фронте Независимость движения транспортных единиц Простота устройства заездов на нижние горизонты Удобство доработки сложных по залеганию месторождений</p>	<p>Относительно небольшие экономически выгодные расстояния транспортирования Загрязнение атмосферы выхлопными газами</p> <p>Большой штат шоферов и ремонтных рабочих</p> <p>Трудность обслуживания, ремонта и заправки топливно-смазочными материалами при работе на нижних горизонтах</p>
Электровозы, тепловозы, тяговые агрегаты, думпкары, вагоны	<p align="center">Железнодорожный</p> <p>Высокая экономическая эффективность при больших объемах перевозок и больших расстояниях транспортирования Надежность работы в любых климатических условиях Высокая производительность труда поездных бригад Возможность транспортирования горных пород с любыми физико-механическими свойствами</p>	<p>Ограниченные возможности применения на больших глубинах Большой объем подготовительных работ при вводе в эксплуатацию</p> <p>Сложность организации заездов на нижние горизонты Большой объем путевых работ и их трудоемкость Большая разветвленность транспортных коммуникаций и сетей энергоснабжения Взаимозависимость движения составов, снижающая производительность транспорта на нижних горизонтах</p>
Конвейеры обычные и специальные, конвейерные поезда	<p align="center">Конвейерный</p> <p>Равномерность и непрерывность потока Незначительное снижение производительности с ростом глубины карьера Минимальная протяженность транспортных коммуникаций в глубоких карьерах Высокая производительность труда Возможность полной автоматизации процесса</p>	<p>Необходимость предварительного дробления крупнокусковых пород и руд Взаимозависимость всех звеньев конвейерной системы Большой износ лент и сложность их замены Отрицательное влияние климатических условий Сложность переноса перегрузочных пунктов</p>

ния и скорость подвигания забоев. Автомобильный транспорт применяется при различной производительности карьеров, от нескольких сотен тысяч до 70—100 млн. т горной массы в год.

Однако автомобильный транспорт считается предпочтительнее применять на карьерах средней производственной мощности. При больших масштабах производства автомобильный транспорт, как правило, используется в сочетании с другими видами транспорта (железнодорожным, конвейерным, скиповым подъемом и др.). Основными ограничениями при использовании автомобильного транспорта в глубоких карьерах являются расстояние транспортирования и уклоны. Экономически выгодные расстояния транспортирования в одном направлении изменяются от 0,2 до 3—4 км и только в редких случаях при использовании наиболее мощных автомобилей достигают 5—6 км. Уклоны дорог при автомобильном транспорте изменяются от 50 до 120‰. Радиусы кривых не являются ограничивающими, так как не превышают 20—30 м. Применение автотранспорта на большие расстояния (где с ним конкурируют другие виды транспорта) нецелесообразно, поэтому для вывозки горной массы на поверхность с глубины более 150—200 м он применяется редко. Однако в самом карьере в сочетании с другими видами транспорта он может применяться и на весьма больших глубинах. Серьезным недостатком автотранспорта с дизельными двигателями в глубоких карьерах является выделение вредных выхлопных газов. Поэтому в последнее время усиленно ищутся способы снижения их токсичности или применения на автомобилях других источников энергии.

Кроме того, автотранспорт в крупных по масштабам и глубине карьерах требует большого парка автомобилей и, следовательно, большого штата водителей. Высокая стоимость автомашин, сравнительно большие расходы на топливо и смазочные материалы, быстрый износ механической части, двигателей, шин, значительные расходы на ремонт и содержание автомобилей (до 30—35 % стоимости перевозок) вызывают высокие эксплуатационные расходы, вследствие чего затраты на транспортирование с ростом глубины резко возрастают с 5—6 до 11—12 коп.т·км. На работу автотранспорта также влияют климатические условия и состояние автодорог в период снегопадов и распутицы, а в глубоких карьерах — сильные туманы и обледенение дорог.

Железнодорожный транспорт на современных карьерах весьма распространен. Он имеет преимущество по сравнению с другими видами транспорта при разработке больших по площади месторождений (горизонтальные размеры которых значительно превышают вертикальные), имеющих большую мощность, относительно спокойное и выдержанное залегание. Для развития транспортных коммуникаций при железнодорожном транспорте требуются большая протяженность фронта работ на уступах (более 300—400 м), кривые большого радиуса (более 120—150 м), небольшие подъемы и уклоны путей (25—40 ‰ и в особых случаях до 50—60 ‰). Все это затрудняет использование железнодорожного транспорта и создание необходимого раз-

вития железнодорожных путей в уменьшающемся рабочем пространстве карьера. Поэтому в глубоких карьерах железнодорожный транспорт применяется в основном в верхней и средней зонах до глубины 150—180 м и лишь при мощных тяговых средствах и достаточном разnose бортов карьера до глубины 250—300 м. При глубине карьера свыше 150—180 м наиболее часто железнодорожный транспорт используется в комбинации с автомобильным.

При железнодорожном транспорте можно достичь практически любой производительности (от сотен тысяч тонн до 150 млн. т в год и более) при экономически выгодных расстояниях транспортирования (свыше 3 км) за счет высокой пропускной способности путей и увеличения сцепной массы поезда до 1500—2000 т и более. Можно также автоматизировать движение и управление транспортными операциями. Кроме того, железнодорожный транспорт позволяет использовать любые виды энергии и многие типы локомотивов. Он отличается небольшим расходом энергии, вследствие малого удельного сопротивления движению подвижного состава по рельсовым путям (20—25 Н на 1 т массы поезда).

Основным достоинством железнодорожного транспорта является высокая надежность его работы в различных климатических условиях. Невысокая трудоемкость из-за сравнительно небольшого штата поездных бригад, небольшие расходы на ремонт, содержание и амортизацию подвижного состава при большом сроке службы (до 20—25 лет) позволяют иметь низкие затраты на 1 т·км перевозок (меньше, чем при автомобильном транспорте, в 3—5, и чем при конвейерном, в 5—7 раз) и успешно конкурировать с другими видами транспорта.

Но при использовании железнодорожного транспорта (особенно в глубоких карьерах) резко возрастают длина и объемы наклонных траншей, общий объем горно-капитальных работ, усложняются транспортный доступ к забоям и организация движения, снижается маневренность транспортных средств, затрудняется их обмен и т. д. Все это влияет на производительность экскаваторов и транспортных средств (рис. 1). С ростом глубины увеличивается трудоемкость перемещения и содержания сети железнодорожных путей. При этом сгущенность контактной сети и сети энергоснабжения чрезвычайно усложняет их частые переносы и эксплуатацию. Значительно более сложной, чем при автомобильном транспорте, является технология и механизация отвальных работ.

Несмотря на перечисленные недостатки, железнодорожный транспорт остается перспективным видом транспорта для большинства наших глубоких карьеров главным образом вследствие своей экономичности, высокой производительности, освоенности, наличия выпускаемого промышленностью мощного подвижного состава.

Конвейерный транспорт до настоящего времени применяется в основном для транспортирования мягких и рыхлых пород, при разработке как больших, так и ограниченных по площади, преимущественно однородных по составу месторождений, предпочтительно с прямо-

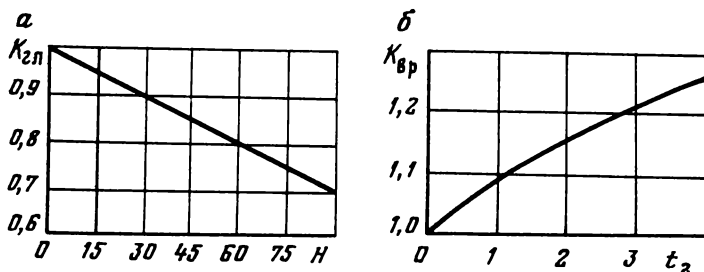


Рис. 1. Зависимость коэффициентов $K_{г\text{л}}$ и $K_{в\text{р}}$ при работе с железнодорожным транспортом от глубины разработки (а) и сроков освоения горизонтов (б): H — глубина от расчетного горизонта (уступа); $t_{г}$ — год разработки горизонта (уступа), считая с момента его вскрытия

линейным фронтом работ. С увеличением глубины карьеров возможности конвейерного транспорта значительно расширились за счет изменения угла подъема до $18\text{--}20^\circ$ (при использовании специальных конвейеров до $45\text{--}60^\circ$) и за счет выявившихся его положительных качеств при транспортировании дробленых скальных пород, в меньшей степени влияющих на бесперебойность работы конвейерных линий, чем при транспортировании мягких пород. С помощью современного конвейерного транспорта можно обеспечить практически любые объемы транспортирования горной массы на поверхность (до $20\text{--}25$ тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ и более) с любой глубины карьера, при значительно меньших (в 2 раза и более) трудовых затратах, чем при автомобильном и железнодорожном транспорте. Производительность конвейерных установок с ростом глубины карьеров снижается незначительно (не более чем на $3\text{--}5\%$). Длина транспортирования определяется числом конвейерных ставов в линии и может быть неограниченной. Все это выгодно отличает конвейерный транспорт от других видов транспорта, доставляющего горную массу на поверхность.

Большими достоинствами конвейерного транспорта являются непрерывность и ритмичность перемещения грузов, возможность повышения производительности выемочно-погрузочного оборудования (на $20\text{--}30\%$ по сравнению с железнодорожным транспортом), упрощение общей организации труда и снижение трудоемкости работ. При использовании конвейеров штат обслуживающего персонала невелик, расходуются сравнительно небольшое и равномерное количество электроэнергии, создаются благоприятные условия для автоматизации и централизованного управления. Масса конвейеров равномерно распределяется по всей их длине и позволяет иметь легкие несущие конструкции.

При конвейерном транспорте наблюдаются значительное уменьшение объемов транспортных и горно-капитальных работ, сокращение общей протяженности транспортных коммуникаций (в $3\text{--}3,5$ раза по сравнению с автотранспортом), высокие темпы углубки (в 3--

4 раза выше, чем при железнодорожном транспорте). Все это способствует повышению интенсификации и ускорению развития работ в глубоком карьере.

Конвейерный транспорт наиболее эффективен при грузообороте 20—30 млн. т в год и более. Применение его целесообразно при разработке мягких пород непосредственно на поверхности и при разработке скальных пород и руд на глубине 60—80 м, где он становится более экономичным для подъема, чем автомобильный транспорт. Рациональные расстояния транспортирования в глубоких карьерах могут достигать 2,5—3 км, при пересеченной местности на поверхности — до 15—20 км и более.

Наряду с достоинствами, конвейерный транспорт имеет ряд недостатков. Из-за интенсивного налипания на ленту велики простои конвейеров при перемещении влажных и тиксотропных пород (глины, мела и пр.), а также при перемещении мягких вскрышных пород верхних горизонтов (коэффициент использования конвейеров редко превышает 0,30—0,35). При доставке взорванных скальных сильно абразивных пород повышается износ лент, которые нередко нуждаются в замене через 12—18 мес работы. Размер кусков, транспортируемых конвейерами, не должен превышать 25—35 % ширины ленты (соответственно 150—200 и 300—400 мм для узких и широких лент соответственно).

В глубоких карьерах конвейерные линии, работающие на подъеме горной массы, состоят из большего числа стволов, чем на поверхности, что вызывает необходимость увеличения числа перегрузок, а это ведет к усилению износа лент и роликов и к уменьшению надежности работы конвейерной линии. Более ограниченное по размерам и сложное по конфигурации залегание рудных тел на глубине также затрудняет установку конвейеров желаемой длины вследствие требований прямолинейности ставов забойных конвейеров. Также, исходя из этого требования, затруднительна раздельная выемка добываемого полезного ископаемого на глубоких горизонтах.

Влияние транспорта на экономику открытых горных работ возрастает с увеличением глубины разработки. Многие виды транспорта ухудшают свои показатели при использовании их в глубоких карьерах: снижается скорость движения, затрудняется обмен транспортных средств, ухудшается удобство размещения транспортных коммуникаций, увеличиваются время доставки грузов на поверхность и затраты на перевозку пород. Это вызывает необходимость изыскания способов интенсификации применяющегося транспорта, замену его другим видом транспорта или применения так называемого зонального использования нескольких видов транспорта, каждому из которых отводятся определенные пространственные зоны в карьере. В этих случаях несколько видов транспорта могут использоваться параллельно или в комбинации.

В практике открытых работ за последние годы на глубоких зарубежных и отечественных карьерах наиболее распространены комбинации автомобильного транспорта с железнодорожным, а также с

конвейерным и скиповым подъемом. Наиболее часто автомобильно-железнодорожный транспорт используется в карьерах с большим объемом горных работ и при большом расстоянии транспортирования. Он редко применяется непосредственно с поверхности. Автосамосвалы вводятся в карьер с глубины 150—180 м и более, когда появляются затруднения в размещении железнодорожных путей из-за сужающихся размеров карьера в плане. В этих случаях железнодорожный транспорт продолжает использоваться на верхних и средних горизонтах карьера, а на глубоких работает автомобильный транспорт, который вывозит горную массу из забоев до перегрузочных пунктов, расположенных на промежуточных горизонтах карьера, в железнодорожный транспорт. Перегрузочные пункты по мере углубки карьера переносят вглубь, при этом шаг переноса составляет от 40 до 90 м (редко более). Расстояние транспортирования автосамосвалами обычно не превышает 0,7—0,9 км (иногда достигает 1,2—1,5 км и более). Таким образом, автомобильный транспорт в глубоких карьерах в комбинации с железнодорожным используется при подготовке и отработке нижних горизонтов, доработке целиков полезного ископаемого и отдельных участков месторождения со сложной конфигурацией залежей. Но с глубиной применение автомобильно-железнодорожного транспорта ограничивается, что вызвано трудностью размещения железнодорожных транспортных коммуникаций, станций, обменных пунктов, перегрузочных складов, а также значительным снижением производительности локомотивосоставов из-за увеличения расстояния транспортирования, большого числа маневровых и обменных операций и большой грузонапряженности движения. Поэтому на большинстве современных действующих карьеров с глубин 250—350 м (а иногда и ранее) переходят на комбинированные виды транспорта. При этом горная масса перемещается конвейерами, скипами или другими средствами подъема.

При автомобильно-конвейерном транспорте автосамосвалы выполняют те же функции, что и при автомобильно-железнодорожном. На промежуточных горизонтах размещаются перегрузочные пункты, горная масса к которым доставляется автосамосвалами. Расстояние транспортирования обычно достигает 0,6—0,8 км, реже 1—1,5 км и более. Перегрузочные пункты оборудуются грохотильными, грохотно-дробильными и дробильными установками, на которых скальные породы и руды дробятся до крупности, необходимой для транспортирования конвейерами. Перегрузочные пункты по мере углубки карьеров переносятся на нижние горизонты через 40—80 м, а в некоторых случаях даже через 120—150 м. На вновь строящихся карьерах, как показывают исследования, применение автомобильно-конвейерного транспорта целесообразно с глубины разработки 60—80 м. Конвейеры обычно размещаются на временно законсервированном или отработанном борту. В тех случаях, когда это невозможно, проходятся наклонные стволы, в которых конвейеры размещаются частично или полностью. Угол наклона конвейера составляет от 14 до 18°. Горная масса, доставленная на поверхность конвейерами, пере-

гружается в автомобильный или железнодорожный транспорт или рядом конвейеров направляется на обогатительную фабрику или в отвал.

Автомобильно-конвейерный транспорт применяется в карьерах большой производственной мощности. Производительность его может достигать для каждой системы конвейеров с лентой шириной 3000 мм при скорости 3—3,5 м/с до 20 тыс. м³/ч.

На некоторых карьерах применяется комбинация автомобильного транспорта со скиповым подъемом. С использованием скипового подъема обычно разрабатываются залежи наклонного и крутого падения с крепкими рудами и устойчивыми вмещающими породами. Угол наклона скипового подъема близок к углу наклона борта карьера и может достигать 45° и более. Расстояние транспортирования горной массы для перегрузки в скипы составляет не более 0,6—0,8 км. Перегрузочный пункт по мере понижения горных работ в карьере переносится вглубь на два-четыре горизонта. Разгрузка скипов производится в бункера на поверхности. Дальнейшее транспортирование осуществляется автомобильным или железнодорожным транспортом. Скиповой подъем в карьере обычно вводится с глубины 100—150 м, когда размеры карьерного поля в плане лишь в 2—3 раза больше глубины разработки. Эффективность использования скипового подъема ограничивается глубиной 350—400 м. При большей глубине разработок, как правило, применяется автомобильно-конвейерный транспорт или происходит переход на подземные работы. С понижением горных работ количество выдаваемой горной массы при той же грузоподъемности скипов значительно снижается и экономические преимущества скипового подъема утрачиваются. Поэтому скиповой подъемник применяется в основном на карьерах средней производственной мощности. Производительность скиповых установок составляет 5—10 млн. т горной массы в год. Основными преимуществами автомобильного транспорта со скиповым подъемом являются отсутствие предварительного дробления скальных пород и руд и возможность применения больших углов наклона подъемных установок. К недостаткам относятся трудность организации подъема с нескольких горизонтов и трудность удлинения трассы подъемника, а также необходимость иметь несколько перегрузочных пунктов для горной массы.

§ 4. ВЫБОР ВИДА ТРАНСПОРТА ДЛЯ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ*

Выбор вида транспорта при разработке глубоких карьеров — одна из наиболее важных задач при проектировании месторождения открытым способом. Сложность выбора заключается в том, что, как правило, для глубоких карьеров не бывает однозначного решения как при выборе вида транспорта, так и при определении экс-

* По материалам исследований, выполненных совместно с В.Л. Яковлевым.

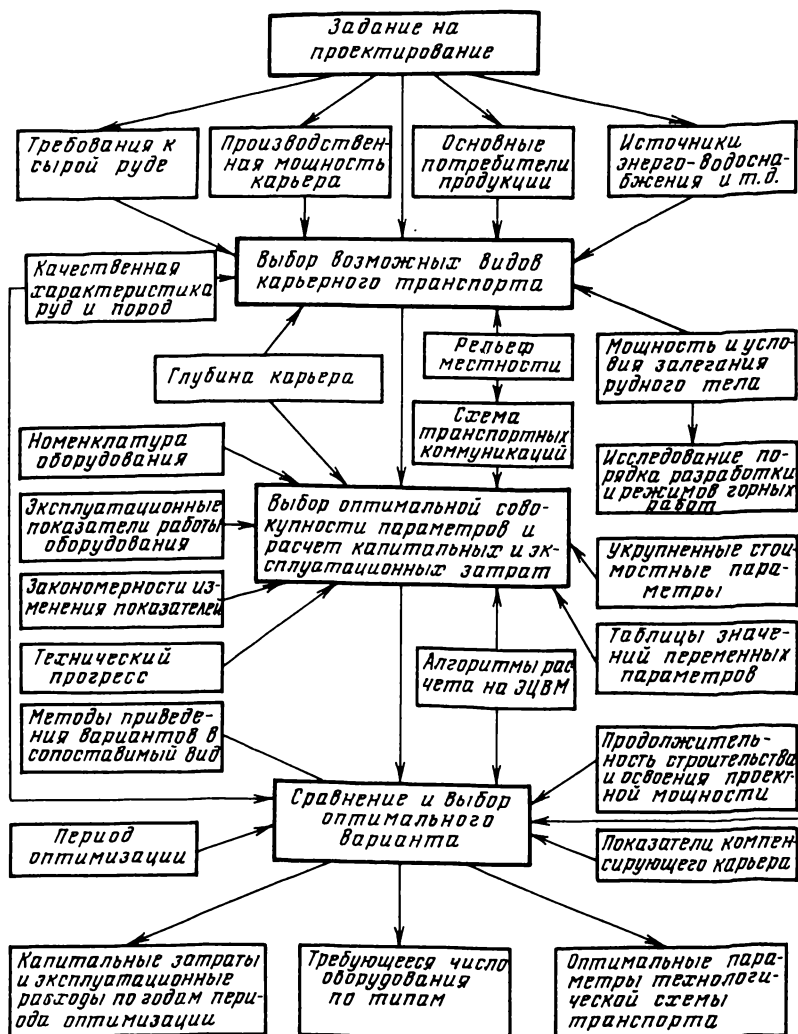


Рис. 2. Последовательность выбора вида карьерного транспорта

плуатации месторождения. Основными положениями при решении этой задачи являются:

- 1) выбор вида карьерного транспорта для различных периодов (этапов) разработки месторождения;
- 2) выбор типа и расчет потребного числа оборудования для принятого вида карьерного транспорта;
- 3) установление параметров технологической схемы транспорта (выбор схемы расположения транспортных коммуникаций, уклонов, мест разгрузки и перегрузки при комбинированных видах транспорта, ширины дорог, числа путей и т. д.).

4) расчет технико-экономических показателей принятого вида транспорта.

Вид транспорта выбирается в определенной последовательности (рис. 2).

Современные методы выбора и оценки карьерного транспорта основаны на методе сравнения вариантов. Различные варианты карьерного транспорта сравниваются по себестоимости транспортирования и удельным капитальным затратам как при использовании данного вида карьерного транспорта, так и при использовании нескольких его видов. При этом наиболее рациональный вид транспорта выбирается в результате сравнения капитальных и эксплуатационных затрат не за расчетный год, а за некоторый период времени, называемый периодом оптимизации. Это обусловлено тем, что изменение показателей работы транспортного смежного с ним оборудования по мере развития горных работ неодинаково для разных видов транспорта.

Как изменяются показатели работы горнотранспортного оборудования с глубиной карьера, можно убедиться при рассмотрении двух основных видов транспорта, распространенных на карьерах: железнодорожного и автомобильного. Глубина разработки H и сроки освоения горизонтов t_{Γ} влияют на производительность одноковшовых экскаваторов при работе с железнодорожным транспортом (см. рис. 1).

При расчетах на ЭВМ иногда предпочтительнее пользоваться аналитическими зависимостями. Например, производительность экскаваторов (в t) при железнодорожном транспорте может быть определена по формуле

$$Q_{h, t} = Q_0 K_{\Gamma\Gamma} K_{\text{вр}} \quad (1)$$

или

$$Q_{h, t} = Q_0 (1 - 0,00333H) \left[1 - 0,1 \left(t - \frac{H}{h_1} \right) - 0,01 \left(t - \frac{H}{h_2} \right)^2 \right] \quad (2)$$

$$t - \frac{H}{h_2} = t_2 \leq 4; \text{ при } t_2 > 4 K_{\text{вр}} = 1,25 (\text{const});$$

$Q_{h, t}$ — производительность экскаватора в t -м году на глубине h от расчетного горизонта (уступа); Q_0 — производительность экскаватора на расчетном (нулевом) горизонте (расчетным принято называть тот горизонт, на котором еще возможна организация самостоятельного железнодорожного заезда с поверхности непосредственно к экскаватору); $K_{\Gamma\Gamma}$, $K_{\text{вр}}$ — коэффициенты, учитывающие влияние глубины карьера и сроков освоения горизонтов ($K_{\Gamma\Gamma} = 0,94 \div 0,5$; $K_{\text{вр}} = 1,0 \div 1,3$) на производительность экскаваторов; h_1 , h_2 — годовое понижение горных работ в 1-м и 2-м году, м; t_2 — год разработки горизонта (уступа), считая с момента его вскрытия.

При железнодорожном транспорте коэффициенты $K_{гп}$ и $K_{вр}$, входящие в формулу (1), рекомендуется принимать: $K_{гп}$ от 0,94 до 0,5; $K_{вр}$ от 1,0 до 1,3 (на 5-й год) и более.

При использовании железнодорожного транспорта в комбинации с автомобильным среднюю величину коэффициента $K_{вр}$, учитывающего влияние времени эксплуатации карьера на изменение основных параметров и показателей работы транспорта на 5-й год эксплуатации, необходимо принимать до 1,45.

На действующих предприятиях влияние глубины карьера и сроков освоения новых горизонтов на производительность экскаваторов наиболее полно и точно может быть определено статистическим путем дифференцированно по горизонтам.

Коэффициенты $K_{гп}$ и $K_{вр}$ могут быть использованы при укрупненных расчетах по следующим формулам:

$$П_{п} = П_{д} K_{гп}; \quad (3)$$

$$П'_{п} = П'_{д} K_{вр}, \quad (4)$$

где $П_{п}$ и $П'_{п}$ — показатели на прогнозируемой глубине карьера или на прогнозируемый период времени; $П_{д}$ и $П'_{д}$ — достигнутые показатели на данной глубине карьера или в текущий период времени.

В этих случаях определяются основные технико-экономические показатели только на один расчетный год, а для других лет они рассчитываются по приведенным формулам.

Технико-экономические показатели возможных к применению вариантов транспорта рассчитываются с помощью специально разработанных для основных видов транспорта алгоритмов и укрупненных стоимостных показателей. Выбор рационального вида и оптимальной совокупности параметров комбинированного транспорта осуществляется поэтапно по разработанным алгоритмам на ЭВМ или вручную. На каждом этапе учитывается определенная группа факторов.

К первой группе относятся факторы, учитывающие горнотехнические, геологические, геоморфологические условия и другие специфические особенности разработки месторождения. Характерной особенностью этой группы факторов является их независимость от рассматриваемых видов транспорта.

Ко второй группе относятся факторы, учитывающие техническую вооруженность, эксплуатационные параметры оборудования, а также перспективы технического прогресса отдельных видов транспорта.

К третьей группе относятся факторы, учитывающие технико-экономическую оценку сравнительной эффективности вариантов.

Основными критериями оценки сравнительной эффективности вариантов являются минимум приведенных затрат или максимум прибыли за период сопоставления (оптимизации) вариантов. Ввиду вероятностного характера транспортного процесса на карьере второй критерий оценки вариантов (максимум прибыли), как правило, удобнее применять при определении момента реконструкции и выборе новой технологической схемы комбинированного транспорта.

В общем виде критерий минимума приведенных затрат за период сопоставления можно записать следующим образом:

$$\frac{1}{T_1} \sum_{t_{oi}}^T C_{it} + E_n \sum_t^T K_{it} \rightarrow \min, \quad (5)$$

где T — последний год периода оптимизации; t_{oi} — год освоения проектной мощности по i -му варианту; C_{it} — приведенные эксплуатационные затраты по i -му варианту за период $T_1 = T - t_{oi}$; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,12$); K_{it} — приведенные капитальные затраты по i -му варианту.

Приведение эксплуатационных и капитальных затрат t -го года периода сопоставления к текущему моменту оценки осуществляется путем их деления на коэффициент приведения $K_{п}$, а к будущему моменту оценки — путем их умножения на этот коэффициент

$$K_{п} = (1 + E_{н.п})^t, \quad (6)$$

где $E_{н.п}$ — нормативный коэффициент эффективности для приведения разновременных затрат к моменту оценки ($E_{н.п} = 0,08$); t — число лет между моментом осуществления вложений и моментом, к которому они приводятся.

Годовые эксплуатационные затраты принимают как среднюю величину за ряд лет эксплуатации, начиная с t_0 -го года освоения проектной мощности предприятия. Различие в сроках строительства карьера по сравниваемым вариантам учитывается путем вычитания из капитальных затрат в вариантах с меньшим сроком строительства единовременного эффекта.

Различие вариантов по всем другим признакам (количество продукции, ее качество и др.) учитывается приведением вариантов в сопоставимый вид путем уравнивания эффекта.

Порядок выбора вида карьерного транспорта при проектировании следующий. Вначале на основе норм технологического проектирования и методов исследования режима горных работ прорабатываются вопросы вскрытия и порядка разработки и устанавливаются параметры системы разработки месторождения. Затем выбираются оптимальные параметры для каждого из рассматриваемых видов транспорта или их комбинаций и рассчитываются величины капитальных и эксплуатационных затрат для всех или нескольких (наиболее характерных) лет периода оптимизации. Каждый параметр выражается количественно. Для основных видов транспорта и основных их комбинаций существуют специальные алгоритмы, позволяющие получить все показатели вариантов на основании вводимых исходных данных.

При расчете оптимальной совокупности параметров транспорта на ЭВМ все исходные данные представляются в виде таблиц. В качестве критерия оценки сравнительной эффективности вариантов на этом этапе в алгоритмах используется минимум приведенных затрат. В процессе расчета выявляются закономерности изменения эксплуа-

тационных показателей работы погрузочного и транспортного оборудования в динамике карьера.

При сравнении вариантов карьерного транспорта учитывается технический прогресс в развитии сравниваемых видов транспорта за период оптимизации. При этом расчеты выполняются для каждого года периода оптимизации. А при возможности графической интерполяции затрат расчеты производятся только для года сдачи карьера в эксплуатацию, года освоения карьером проектной мощности и последнего года периода оптимизации.

Период оптимизации зависит от производственной мощности и сроков проектирования карьера, строительства и освоения его проектной мощности. Для вновь строящихся карьеров годовой производственной мощностью по горной массе более 40 млн. т продолжительность периода оптимизации принимается равной 15—20 годам, меньшей производственной мощностью — 10—15 годам; для реконструируемых карьеров — соответственно 7—10 и 5—7 лет.

Принятие в качестве критерия минимума суммы текущих и капитальных затрат, приведенных к одинаковой размерности в соответствии с действующим нормативным коэффициентом ($E_n = 0,12$), объясняется его объективностью и возможностью сопоставления различных факторов (деньги и время, деньги и технический прогресс)

При расчетах учитывается сопоставимость затрат и эффекта сравниваемых вариантов по следующим факторам: кругу предприятий и отраслей производства; времени затрат и получения эффекта; ценам, принятым для выражения затрат и эффекта; характеру затрат и экономического эффекта с точки зрения простого и расширенного воспроизводства; кругу затрат, входящих в объем капиталовложений; методами исчисления стоимостных показателей, используемых для расчетов эффективности и др.

Все сравниваемые варианты приводятся в сопоставимый вид по всем признакам (объему продукции, ее качеству, номенклатуре, срокам строительства и освоения проектной мощности и др.), кроме признака, эффективность которого определяется.

Условия применения основных и комбинированных видов транспорта, которые могут служить ориентиром при выборе транспорта для глубоких карьеров, представлены в табл. 6.

§ 5. РЕКОНСТРУКЦИЯ КАРЬЕРОВ И ПЕРЕХОД С ГЛУБИНОЙ НА ДРУГИЕ ВИДЫ ТРАНСПОРТА

Реконструкция горного производства — это прежде всего реконструкция карьерного транспорта. Перемещение горной массы средствами транспорта является наиболее трудоемким, энергоемким и дорогостоящим процессом среди других технологических процессов в карьере. Переход на новый вид транспорта сопровождается крупными переменами в карьере: строительством новых сооружений, коммуникаций, различных вспомогательных устройств и установок.

Наиболее сложными являются период перехода на новый вид транспорта, а также период, сопровождающийся применением старого и нового, вновь вводимого вида транспорта. К наиболее распространенным видам транспорта относятся железнодорожный, автомобильный и конвейерный. Поэтому при реконструкции необходимо учитывать потенциальные возможности этих видов транспорта.

На современных карьерах различают самостоятельное, поочередное и одновременное использование автомобильного, конвейерного и железнодорожного транспорта. Для большинства карьеров сравнительно небольшой глубины наиболее характерно самостоятельное применение одного из названных видов транспорта от начала до конца эксплуатации месторождения. При большей глубине карьера на разных стадиях его разработки нередко поочередно используются различные виды транспорта. В глубоких карьерах наиболее распространено одновременное применение нескольких видов транспорта в различных сочетаниях.

При параллельном (одновременном) использовании нескольких (два, три) видов транспорта независимо друг от друга доставляют горную массу из разных участков рабочей зоны карьера до пунктов назначения внутри карьера или на поверхности. Однако для большинства мощных и глубоких карьеров реконструкция связана не с параллельным применением нескольких видов транспорта, а с созданием на их основе комбинированной системы с взаимозависимыми связями. При комбинированном использовании каждый вид транспорта перемещает горную массу в наиболее благоприятных условиях как для него, так и для всей транспортной системы (по производительности, трудоемкости и экономичности).

При комбинированных системах горная масса доставляется одним видом транспорта (чаще автомобильным) до перегрузочных пунктов, откуда другим видом транспорта (железнодорожным, конвейерным или скиповым) выдается на поверхность. Комбинированный транспорт начинают использовать в тот период, когда ухудшаются технико-экономические показатели действующего транспорта или сдерживается дальнейшее развитие горных работ. При разработке месторождений, залегающих на большой глубине, в ряде случаев применение комбинированного транспорта целесообразно и в начале эксплуатации месторождения. В последнее время все необходимые капитальные горные выработки и транспортные коммуникации сооружаются в процессе строительства карьера. Переход же на комбинированный транспорт на действующих карьерах связан с дополнительными горно-капитальными работами, т. е. с реконструкцией карьера, требующей соответствующих материальных затрат.

Переход на новый вид транспорта связан с обоснованием необходимости перехода, выбором момента начала и определением продолжительности периода перехода, определением необходимого объема горно-капитальных работ и параметров системы разработки в этот период, разработкой проекта организации работ по реконструкции карьера с указанием срока и методов их выполнения. Сложность ре-

Таблица 6

Транспорт	Годовая производственная мощность карьера по горной массе	Характеристика рудной залежи	Характеристика руд и пород	Параметры карьера		Расстояние транспортирования, уклоны и кривые трасс
				площадь	глубина	
Автомобильный	До 10 млн. т. До 70—100 млн.т (при грузоподъемности самосвалов 75 т)	Крутопадающие залежи малой мощности, сложные условия залегания	Любые, кроме обводненных	Ограниченная	Не более 80 м, редко до 150 м	3—4 км; уклоны 80—100%, как исключение 120%, кривые радиусом до 30 м
Железнодорожный	10—150 млн. т и более	Горизонтальные, наклонные и крутопадающие залежи большой мощности при спокойном залегании	То же	Обширная	Не более 150—180 м, при тяговых агрегатах до 250—300 м	3—4 км, уклоны 20—40%; в исключительных случаях 60—80%, кривые радиусом более 150 м
Конвейерный	20—30 (и более) млн. т, 5—10 млн.т (при самоходных дробильных агрегатах)	Пологопадающие залежи с однородным составом горной массы	Рыхлые и мелкокусковатые при малом количестве глины и воды	Относительно большая	Более 60—80 м	2—3 км и более, уклоны (подъема) до 16—18°, кривые радиусом более 200—300 м
Автомобильно-железнодорожный	Более 20 млн. т	Различные условия залегания	Любые, кроме обводненных	Не лимитируется	100—250 м и более	Автотранспортом 0,7—1 км, железнодорожным транспортом более 3 км
Автомобильно-конвейерный	Более 20 млн. т	Наклонные и крутопадающие залежи со сложными условиями залегания	Рыхлые, полускальные и скальные с предварительным грохочением и дроблением	То же	80 м и более без ограничения по глубине	Автотранспортом до 1—1,5 км, конвейерами до 3 км и более
Автомобильно-скиповой	До 10—15 млн. т	Крутопадающие залежи	Устойчивые, крепкие, не склонные к обрушению лобой кусковатости	Ограниченная	60—400 м	Автотранспортом 0,5—0,6 км, скипами по борту карьера, уклон 35—45°

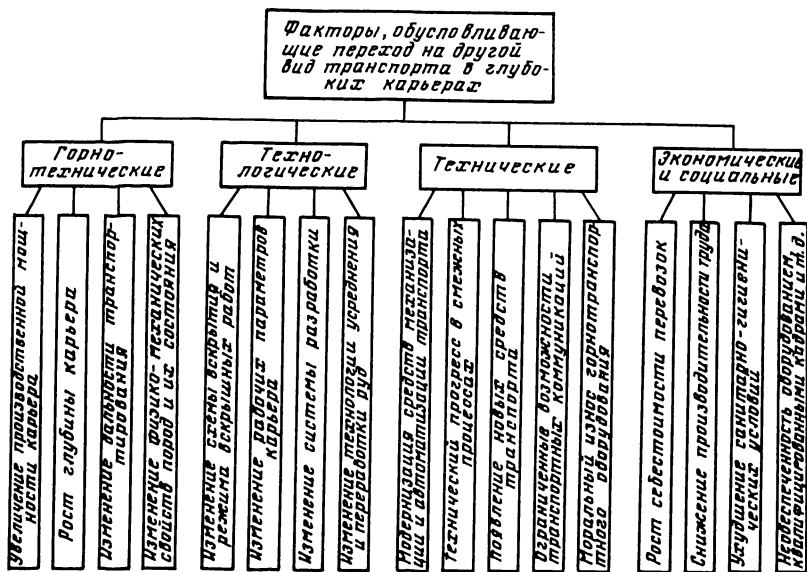


Рис. 3. Факторы, определяющие переход на другой вид транспорта в глубоких карьерах

шения этих задач в значительной степени определяется тем, соответствует ли положение горных работ к моменту реконструкции требованиям нормальной эксплуатации нового вида комбинированного транспорта, сохраняется ли действующий на карьере вид (виды) транспорта и входит ли он (они) в новый вид комбинированного транспорта, требуется ли введение нового для карьера вида транспорта или комбинированный вид транспорта создается из числа действующих на карьере независимо друг от друга видов транспорта.

На рис. 3 показаны факторы, определяющие переход карьера на другие виды транспорта.

Факторы, вызывающие необходимость перехода на другие виды транспорта, применяемого на данном предприятии, приведены в табл. 7.

Переход на другой вид транспорта в карьерах глубинного типа обуславливается многими факторами, среди которых важное значение имеют: расположение карьера в плане, глубина отработки месторождения, темп понижения горных работ, расстояния транспортирования. Размеры карьера в плане влияют на два основных параметра транспортных систем разработки: на длину фронта горных работ и схему вскрытия глубоких горизонтов карьера. Уменьшающиеся с глубиной размеры карьера в плане приводят к сокращению фронта работ и ограничивают возможности использования железнодорожного транспорта. Сокращение длины фронта работ не позволяет использовать потребное число экскаваторов для обеспечения заданной производительности карьера и требует применения такого вида

Таблица 7

Факторы			
независимые от транспорта		зависимые от транспорта	
Изменение горнотехнических условий разработки месторождения	Совершенствование техники и технологии смежных процессов	Ухудшение показателей работы транспорта, применяемого на карьере	Технический прогресс в создании новых средств транспорта
Расширение границ разработки; увеличение глубины карьера и дальности транспортирования; уменьшение рабочей зоны карьера; увеличение производственной мощности карьера	Изменение системы разработки; технология усреднения и переработки полезного ископаемого; замена погрузочного и дробильно-обогачительного оборудования	Увеличение себестоимости транспортирования; снижение производительности погрузочного и транспортного оборудования; недостаточная пропускная способность; низкая производительность труда	Создание новых высокопроизводительных транспортных средств; необходимость повышения надежности технологической схемы; создание более благоприятных условий на карьере

транспорта, при котором длина фронта работ на один экскаватор может быть сокращена. В то же время наличие на поверхности железнодорожного транспорта и возрастающие расстояния транспортирования не позволяют заменить железнодорожный транспорт автомобильным, что требует перехода к комбинированному автомобильно-железнодорожному транспорту.

С увеличением глубины карьера возрастает дальность транспортирования, а так как расстояние транспортирования и высота подъема горной массы неодинаково влияют на эффективность каждого вида транспорта, возникает необходимость или замены одного из видов транспорта другим, или применения более отвечающей данным условиям комбинации, например, перехода с автомобильно-железнодорожного на автомобильно-конвейерный транспорт.

С ростом глубины карьера большое значение имеет поддержание определенного темпа понижения горных работ. Показатель понижения горных работ для нижних горизонтов карьера может использоваться в качестве критерия при необходимости перехода на комбинированный вид транспорта.

Ориентировочно темп углубки h_y карьера (в м)

$$h_y \leq \frac{Q}{K_{31} \left[\frac{h}{i} \left(\frac{h_{1P}}{2} + \frac{h}{31ga} \right) + L_{\sigma} (h_{TP} + h_{CTga}) \right] + \frac{L_{\sigma}}{K_{32}} + \frac{1}{2} L_{\sigma} [2(B + h_{CTga}) - a_{TP}]}$$

(7)

где Q — производительность экскаватора при отработке уступа,

m^3 /год; K_{31}, K_{32} — коэффициент, учитывающий снижение производительности экскаватора соответственно при проведении траншеи и при ее разnose; h — высота уступа, м; i — уклон выездной траншеи, %; $b_{тр}$ — ширина траншеи понизу, м; α — угол откоса уступа, градус; L_{σ} — длина экскаваторного блока при соответствующем виде транспорта, м; B — ширина рабочей площадки, м; $a_{тр}$ — ширина разноса траншеи, обеспечивающая возможность вскрытия нижележащего горизонта, м.

Основным критерием определения рациональной области применения различных видов транспорта являются затраты на разработку 1 т горной массы. Все перечисленные выше факторы влияют на характер формирования границ перехода от одних видов транспорта к другим, а затраты определяют положение этих границ в рабочей зоне карьера.

Совокупность рассмотренных факторов позволяет установить некоторые закономерности в распределении основных видов транспорта, наиболее отвечающих тому или иному типу месторождений. Так, при разработке наклонных и крутопадающих залежей возможны следующие этапы применения двух видов транспорта в прострaнстве и по глубине разработки (автомобильного с железнодорожным транспортом и автомобильного с конвейерным) (табл. 8).

В то же время выявленные закономерности позволяют установить наиболее рациональные зоны распределения основных видов транспорта. На рис. 4 показаны зоны рационального применения трех видов транспорта в глубоком карьере.

Целесообразность перехода на новый вид транспорта устанавливается путем анализа закономерностей изменения параметров и показателей сравниваемых вариантов реконструкции за определенный период времени, обычно достигающий 5—7 лет. При этом за шаг управления принимается период, равный одному году. В случае определения показателей эффективности сравниваемой эффективности вариантов учитывается наличие на действующем карьере основных производственных фондов, а также доля их использования и ликвидации с учетом амортизации. В процессе перехода на новый вид транспорта часто возникает необходимость вынужденного полного или частичного простоя карьера, что вызывает дополнительные

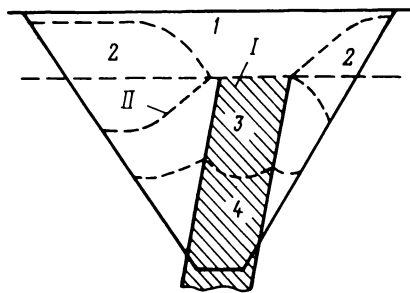


Рис. 4. Зоны рационального использования различных видов транспорта в карьере:

1, 2, 3, 4 — соответственно для автомобильного, железнодорожного, автомобильно-железнодорожного, автомобильно-конвейерного транспорта;
I — полезное ископаемое;
II — границы перехода на новые виды транспорта

Таблица 8

Этапы	Периоды разработки месторождения	Характеристика транспортного этапа
I	Строительство карьера	Автомобильный и железнодорожный транспорт Преимущественное применение автомобильного транспорта при подготовке новых горизонтов, разносе бортов карьера с постепенным вводом железнодорожного транспорта на верхних горизонтах, работающего параллельно с автомобильным
II	Наращивание производственной мощности карьера	Преимущественное применение железнодорожного транспорта при развитии вскрышных горизонтов карьера и параллельное использование автотранспорта при подготовке новых горизонтов и комбинированного при вывозке руды
III	Нормальная эксплуатация карьера	Преимущественное применение комбинированного транспорта при перевозке руды и частично вмещающих пород при параллельном использовании железнодорожного транспорта на вскрышных работах
IV	Доработка карьера	Исключительное использование комбинированного автомобильного и железнодорожного транспорта на доставке руды и вмещающих пород
Автомобильный и конвейерный транспорт		
I	Строительство карьера	Преимущественное применение автомобильного транспорта (автомобили большой и особо большой грузоподъемности) при проведении въездных траншей, удалении вскрыши, подготовке, развитии новых горизонтов, разносе одного из бортов карьера до предельного или одного из промежуточных контуров, усиленное развитие работ в глубину, установка и ввод в эксплуатацию конвейерных подъемников
II	Подготовительный для введения конвейерного транспорта	
III	Нормальная эксплуатация карьера	Преимущественное применение комбинации автомобильного и конвейерного транспорта на добыче руды и вскрышных работах по развитию карьера в плане, с минимальными расстояниями откатки автотранспортом к конвейерам
IV	Доработка карьера	Использование комбинации автомобильного и конвейерного транспорта при увеличивающемся расстоянии транспортирования горной массы автомобилями к подъемникам

непроизводительные расходы. Кроме того, при переходе на новый вид транспорта происходит, как правило, частичное высвобождение активной части производственных фондов действующего вида транспорта, которая может быть использована на другом предприятии.

Переход на новый вид транспорта требует определенного периода времени, в течение которого продолжает работать ранее действующий транспорт. В отдельных случаях действующий транспорт продолжает частично использоваться и в будущем, иногда до конца эксплуатации месторождения.

Продолжительность перехода на новый вид транспорта зависит от многих факторов и составляет от нескольких месяцев до 3—4 лет

Таблица 9

Предприятие	Транспорт		Годы перехода
	до реконструкции	после реконструкции	
Оленегорский ГОК	Железнодорожный и автомобильный, автомобильно-железнодорожный	Автомобиль — дробильно-перегрузочный пункт — конвейер	1978—1980
Стойленский ГОК	Автомобильный и железнодорожный	Автомобиль — дробильно-перегрузочный пункт — конвейер	1979—1981
Сарбайский карьер ССГОКа	Автомобильно-железнодорожный	Автомобиль — дробильно-перегрузочный пункт — конвейер — железнодорожный состав	1981—1983
Ковдорский ГОК	Автомобильный	Автомобиль — дробильно-перегрузочный пункт — конвейер	1978—1980
Сибайский карьер	Автомобильно-железнодорожный	Автомобиль — перегрузочный пункт — перегрузочный бункер — автомобиль	1971—1973
НКГОК	Автомобильно-железнодорожный	Автомобиль — грохотильно-перегрузочный пункт — конвейер (опытно-промышленный участок на 5 млн. т руды)	1969—1973
ИнГОК	Автомобильный	Автомобиль — дробильно-перегрузочный пункт — бункер — конвейер	1964—1974
СевГОК, Первомайский карьер	Автомобильный и железнодорожный	Автомобиль — перегрузочный пункт — железнодорожный состав	1976—1977
Анновский карьер	Автомобильно-железнодорожный	Автомобиль — дробильно-перегрузочный пункт — бункер — конвейер	1980—1983
ЮГОК	Железнодорожный	Железнодорожно-конвейерный	1978—1980

и более (табл. 9). Реконструкция с переходом от железнодорожного транспорта на автомобильно-железнодорожный требует устройства транспортных берм для автосамосвалов, строительства перегрузочных пунктов и выполнения соответствующих подготовительных работ для использования автотранспорта на нижних горизонтах. Общая продолжительность перехода на автомобильно-железнодорожный транспорт состоит из времени поставки транспортного оборудования, устройства автомобильных дорог и инженерных сооружений, оснащения перегрузочного пункта, развития железнодорожных станций, создания ремонтной базы для вводимого вида транспорта и других вспомогательных объектов.

При переходе с автомобильного на автомобильно-конвейерный транспорт комплекс работ включает: подготовку концентрационного горизонта для устройства вунтрикарьерного перегрузочного пункта; сооружение автодороги к перегрузочной площадке; проходку

Таблица 10

Вид комбинированного транспорта	Место расположения перегрузочного пункта	$S = 1;$ $H \leq 100$	$S = 1;$ $100 \leq H \leq 300$	$S = 1;$ $H \leq 100$	$S = 1;$ $100 \leq H \leq 300$	$S = 4;$ $H > 300$	$S = 4;$ $H \leq 100$	$S = 4;$ $100 \leq H \leq 300$	$S = 4;$ $H > 300$
Автомобильно-железнодорожный	Постоянный склад на поверхности	+	-	+	-	+	+	-	-
	Долговременный склад на нерабочем борту карьера	-	-	-	-	-	-	-	-
	Временный пункт на рабочем борту карьера	-	-	-	-	-	-	-	-
Автомобильно-конвейерный	На концентрированном горизонте нерабочего борта карьера	-	+	-	-	-	-	-	-
	В подземной выработке	-	+	-	-	-	-	-	-
Автомобильно-скиповой	На нерабочем борту карьера	-	+	-	-	-	-	-	-

Примечание. Знаком плюс отмечены предпочтительные условия применения, знаком минус — редко встречающиеся. S — площадь карьера по поверхности, км^2 ; H — глубина карьера, м

наклонной траншеи или наклонного ствола с прилегающими подземными выработками; сооружение перегрузочных пунктов на поверхности или на наклонной трассе для перегрузки горной массы с одного става конвейера на другой, внутрикарьерного перегрузочного пункта, погрузочных бункеров и галерей, путепроводных сооружений в местах пересечения конвейерного тракта с другими коммуникациями, наклонного конвейерного подъемника и фуникулера, перегрузочного пункта на поверхности для перегрузки рудной массы с конвейера в железнодорожный состав.

Устройство конвейерного подъемника в наклонной траншее (при одинаковой глубине и производительности) по длительности переходного периода почти вдвое меньше, чем при вскрытии глубоких горизонтов карьера наклонными стволами.

Каждому вводимому в карьер виду транспорта свойственны свои наиболее рациональные параметры, которые в свою очередь обуславливают параметры всего карьера.

К основным параметрам карьеров, связанным с применяемым видом комбинированного транспорта, относятся размеры карьера в пла-

не, ширина рабочих площадок и площадок для перегрузочных пунктов, размеры вскрывающих выработок, длина фронта горных работ. Наряду с некоторым усложнением схемы транспортных коммуникаций применение на карьерах комбинированного транспорта создает предпосылки для гибкого ведения горных работ (особенно в сложных горнотехнических условиях). Создаются благоприятные условия для отработки месторождения по очередям, когда часть борта карьера временно консервируется и на ней располагаются транспортные коммуникации. В дальнейшем эта часть отрабатывается к моменту перехода на новый вид комбинированного транспорта.

На формирование основных параметров карьера (глубины и площади) значительно влияют вид транспорта, применяемое оборудование и варианты его использования, связанные с местом расположения перегрузочных пунктов (табл. 10).

Ширина рабочих площадок, составляющая при автомобильном транспорте не менее 45 м, а при железнодорожном более 55 м, влияет не только на параметры карьера, но и на степень интенсификации развития горных работ. Большие внутренние перегрузочные склады в карьере требуют наличия рабочих площадок шириной до 100—150 м. При автомобильно-конвейерном транспорте ширина перегрузочных площадок определяется габаритами дробильно-перегрузочных пунктов и устраиваемых к ним подъездов.

Реконструкция действующих карьеров с переходом на новый вид транспорта обычно не требует применения новой системы разработки и изменения последовательности развития горных работ. Наиболее крупные изменения происходят при проведении дополнительных вскрывающих выработок, небольшом разnose бортов для прокладки новых коммуникаций и оставлении временных целиков для расположения перегрузочных пунктов.

Глава II АВТОТРАНСПОРТ В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ

§ 1. ЗОНЫ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

С ростом глубины карьеров возрастает роль и значение автомобильного транспорта.

Основные параметры автосамосвалов зависят от горнотехнических условий месторождения. С увеличением глубины эта зависимость возрастает, что в свою очередь требует создания автосамосвалов различных модификаций, а также их зональной эксплуатации в глубоких карьерах. Из рис. 4 видно, что автотранспорт используется практически во всех зонах по глубине карьера. На рудных карьерах большой глубины можно условно рассматривать следующие характерные зоны эксплуатации автомобилей (зона 1, 2, 3 и 4).

В верхней зоне (зоне 1) автотранспорт в большинстве случаев применяется как самостоятельный вид транспорта для перевозки в основном мягких и реже скальных вскрышных пород. При этом расстояние транспортирования до внешних отвалов достигает 7—8 км, продольные уклоны дорог в карьере — 7—8 % и при выезде на отвалы 5—6 %. Забойные и отвальные дороги устраивают на мягком основании, а магистральные — с твердыми покрытиями.

В некоторых случаях автотранспорт в верхней зоне работает параллельно с железнодорожным транспортом (зона 2), который используется для перевозок основных объемов горной массы и транспортирования вскрышных пород в наиболее отдаленные от карьера участки отвалов.

В нижней зоне (зоне 4), расположенной на дне карьера, также применяется автомобильный транспорт как самостоятельно, так и в комбинации с другими видами транспорта. Автомобили используются при подготовке нижних горизонтов к эксплуатации, проходке траншей и скользящих съездов. Ограниченное пространство карьера требует для работы автомобилей короткого фронта, при небольших радиусах поворота. Съезды для автомобилей в основном носят временный характер, таково же состояние и автомобильных дорог, редко имеющих улучшенное покрытие.

Для нижней зоны глубоких карьеров характерны следующие основные параметры: малые расстояния транспортирования (0,3—1,5 км, редко более), значительные величины средневзвешенных уклонов трасс (7—8 %), в отдельных случаях (особенно при доработке месторождений) достигающих 11—12 %, большой удельный вес временных автодорог в общем расстоянии транспортирования (до 60 % и более), сложные трассы с кривыми сравнительно малых радиусов (12—18 м), минимальные размеры рабочих (20—35 м) и маневровых (15—20 м) площадок, вследствие этого применение преимущественно тупиковых подъездов к экскаваторам и т. д.

Для автотранспорта, работающего в нижней зоне, характерны неустановившиеся режимы движения в общей продолжительности транспортирования (до 60—70 %), неполное использование тяговых и динамических качеств автомобилей, значительная доля маневровых операций в цикле (15—19 % и более), а также большие затраты времени на разгон, замедление, торможение при движении автомобиля. Движение характеризуется сравнительно большой интенсивностью (до 250—300 авт/ч), особенно на основных участках трасс, технологически связанных с пунктами перегрузки горной массы.

Производительность автомобилей значительно зависит от параметров погрузочного оборудования, качества взорванной горной массы, организации работ в пунктах погрузки и приема горной массы, в большинстве случаев вызванных ограниченными рабочим пространством, коротким фронтом работ, несогласным залеганием дорабатываемых залежей месторождения и др.

Сложные горнотехнические условия глубинной части месторождений затрудняют эксплуатацию автосамосвалов. При больших расстояниях транспортирования на поверхность для снижения нулевого пробега необходимо в нижней зоне иметь пункт обслуживания и профилактики автомобилей на открытых стоянках, станций для заправки топливом и смазкой, передвижные ремонтные мастерские, самоходные шиномонтажно-демонтажные агрегаты. В зимнее время работе автотранспорта на нижних горизонтах мешают снежные заносы, обвалы накопившегося снега, наледи на дорогах и др., в летнее время — высокие температуры, сложность проветривания нижней зоны, ливневые дожди и т. д.

В средней зоне (зоне 3) большинства современных карьеров применяется комбинированный транспорт. Автомобили работают на коротком плече, обычно составляющем 0,7—1,5 км и редко более. Разгрузка автомобилей производится на временных перегрузочных пунктах в железнодорожный транспорт, на складах и на перегрузочных устройствах в конвейерный транспорт. При разгрузке в приемные емкости параметры автомобилей ограничиваются параметрами загрузочных отверстий бункеров, грохотильно-дробильных устройств и т. д. При загрузке автосамосвалов в забой обычно используют мехлопаты, удовлетворяющие оптимальным соотношениям между вместимостью транспортных средств и емкостью ковша экскаватора (4—6).

Приведенная характеристика зон эксплуатации является весьма условной, однако типичной для многих крупных карьеров, что способствует правильности подхода к выбору типа, грузоподъемности и параметров автомобилей для каждой из зон.

Зональное использование автосамосвалов характерно для карьера Бингхем (США), где в сутки этим видом транспорта вывозится около 300 тыс. т горной массы.

До последнего времени на карьере не существовало четкого зонального распределения автосамосвалов по их грузоподъемности и другим параметрам и только с применением экскаваторов с ковшом

емкостью 19 м³ и автосамосвалов грузоподъемностью 136 т ими стала обслуживаться верхняя зона, в то время как в средней и нижней зонах продолжают работать автосамосвалы грузоподъемностью 90 т.

Прежде чем установить наиболее типичные особенности автомобилей для каждой из зон, следует остановиться на двух общих принципах:

1. Для повышения эффективности и экономичности использования автотранспорта целесообразно применение для всех зон автосамосвалов максимальной грузоподъемности и повышенных скоростных и маневровых качеств. Применение автомобилей особо большой грузоподъемности позволяет сократить потребность водителей и обслуживающего персонала, упростить проведение ремонтов и технического обслуживания, разрядить напряженность движения в карьере, создать лучшие условия для работы в пунктах погрузки и разгрузки и т. д.

2. Чем большую мощность и грузоподъемность имеет автосамосвал, тем большую часть своего рабочего времени он должен находиться в движении и в меньшей степени пребывать в пунктах погрузки и разгрузки.

Однако при выборе автосамосвалов особо большой грузоподъемности следует учитывать их меньшую надежность в эксплуатации, как правило, из-за меньшего времени освоения конструкции (в сравнении с автомобилями меньшей грузоподъемности), значительный износ и высокую стоимость шин (например, стоимость шин автосамосвала грузоподъемностью 200 т на 50—85 % выше, чем стоимость шин автосамосвала грузоподъемностью 100 т, более сложный ремонт двигателей, потребность в большей ширине дорог, несколько большее время загрузки автосамосвала независимо от применяемого экскаватора (отсюда число рейсов в смену на 5—10 % меньше, чем у небольших машин), сложное вспомогательное оборудование и большие размеры обслуживающих помещений.

Положительные факторы машин особо большой грузоподъемности всегда оказываются более весомыми, чем отрицательные, которые в какой-то степени ограничивают выбор того или иного автосамосвала для определенной зоны эксплуатации.

В практике эксплуатации американских автосамосвалов определяется рациональная характеристика машин для каждой зоны карьера.

Верхняя зона (зона 1). Учитывая большие объемы вскрышных пород в этой зоне, значительные расстояния транспортирования, применение экскаваторов с ковшами большой емкости, наиболее отвечающими этим условиям, необходимо использовать автосамосвалы особо большой грузоподъемности, обеспечивающие высокопроизводительную работу и выполнение больших заданных объемов перевозок. Автосамосвалы особо большой грузоподъемности целесообразны преимущественно трехосные. Они имеют более низкий центр тяжести по сравнению с двухосными, что улучшает их движение на влажных и скользких дорогах, удлиненный кузов, более равномерное

Таблица 11

Объем перевозок, млн. т в год	Зоны эксплуатации автотранспорта			
	верхняя		средняя	нижняя
	экскаваторы с ковшами ем- костью, м ³	автосамосвалы грузоподъем- ностью, т	экскаваторы с ковшами емкостью, м ³	автосамо- свалы гру- зоподъем- ностью, т
До 15—30	3—6	40—50	3—5	25—40
До 30—50	6—8	70—90	5—6	40—50
До 50—80	15—20	90—150	8—12	50—80
Более 80	20 и более	150—250 и более	10—12	80—120

распределение массы между осями, что облегчает передвижение по дорогам со слабым покрытием, возможность работать при меньшей ширине дорог, шины меньшего размера, более надежные и экономичные в эксплуатации.

Средняя зона (зона 3). В этой зоне преобладают технологические схемы с комбинированным транспортом. Применяющиеся здесь экскаваторы и автосамосвалы имеют меньшие размеры, чем в верхней зоне. Их размеры отвечают не только заданной производительности, но и размерам приемных устройств. При более коротких расстояниях транспортирования до перегрузочных пунктов автосамосвалы должны иметь большую скорость движения и лучшую маневренность, чему способствуют дороги с улучшенными покрытиями. Как правило, это двухосные автосамосвалы, отличающиеся более короткой базой, хорошей маневренностью, меньшими расходами на шины, техобслуживание, ремонт и более высокой надежностью в эксплуатации.

Нижняя зона (зона 4). Работающие здесь автосамосвалы также имеют меньшую грузоподъемность, чем автосамосвалы в верхней зоне. Они обладают короткой базой, большей удельной мощностью по сравнению с машинами, работающими в средней зоне, способны преодолевать достаточно крутые уклоны в сложных дорожных условиях нарезки новых горизонтов в донной части карьера. Однако из-за отсутствия в большинстве случаев машин, удовлетворяющих этим требованиям, в нижней зоне работают те же машины, что и в средней.

Исходя из вышеизложенного, можно распределять по зонам автосамосвалы различной грузоподъемности в зависимости от объемов перевозок и типов экскаваторов, работающих в глубоких карьерах (табл. 11).

Предлагаемое в табл. 11 распределение автосамосвалов по зонам отражает лишь общую тенденцию использования автосамосвалов большой и особо большой грузоподъемности для работы на верхних горизонтах, а меньшей грузоподъемности в средней и нижней зонах глубоких карьеров. Кроме того, такое распределение автосамосвалов на многих карьерах не представляется возможным. Однако при наличии автосамосвалов хотя бы двух грузоподъемностей или при выборе их для вновь строящегося или реконструируемого предприятия это распределение будет наиболее целесообразным.

Основные требования, предъявляемые к автосамосвалам, работающим в средней и нижней зонах глубоких карьеров, приведены ниже.

Конструктивные параметры

Грузоподъемность до 75—120 т
 Коэффициент тары 0,6—0,75
 Колесная формула 4х2, 4х4
 Удельная мощность 8,0—8,5 кВт/ч
 Минимальный радиус поворота 1,05—1,15 длины автомобиля
 Трансмиссия — электромеханическая с к. п. д. 0,82—0,87*
 Максимальная скорость движения 40—45 км/ч при повышенном крутящем моменте
 Время срабатывания тормозной системы 0,01—0,015 с
 Система электрозамедления с блокировкой колес, исключающей явление юза
 Двигатель — дизельный, быстроходный с нейтрализатором выхлопных газов или газовая турбина специальной автомобильной конструкции
 Кабина с искусственным микроклиматом
 В перспективе съемный модуль аккумуляторных батарей с подзарядкой внутри карьера

Эксплуатационные требования

Среднетехническая скорость движения — не менее 18—22 км/ч
 Сцепная масса 0,75—1,0 полной массы автомобиля
 Коэффициент сцепления с покрытием автодороги 0,55—0,75
 Коэффициент использования во времени не менее 0,8—0,85
 Эффективность замедления при движении в тормозном режиме 0,5—0,55 Д
 Возможность организации заправки и технического обслуживания автосамосвалов в рабочей зоне карьера с периодичностью ТО-1—100—120 ч, или 2,0—2,5 тыс. км; ТО-2 — 500—700 ч, или 8—10 тыс. км
 Пробег до капитального ремонта 120—150 тыс. км, срок службы автомобиля до списания 5—7 лет или 250—300 тыс. км

* Возможность применения также гидромеханических трансмиссий (до грузоподъемности 75 т) с гибкими коробками передач (5—6 ступеней), способных обеспечить режим движения, близкий к оптимальному при стохастическом изменяющемся сопротивлении движению.

Для выбора рационального типа автосамосвала по удельным приведенным затратам (в руб.) на транспортирование 1 т горной массы можно воспользоваться следующим выражением:

$$C_{1T} = \frac{[WK_1(C_1 + C_2K_2) + Q_a C_3 L_{\Pi}]E + WK_1 \left\{ \Phi K_3 K_4 n_{CM} + \frac{C_4 L_{\Pi} n_p}{L_H} + C_5 + L_T [(C_1 - C_6) \times \right.}{WQ_a} \\ \left. \times (A_B + A_{K.P.}) + C_7 \right\} + Q_a Q_T (P_T + C_8 K_3 K_4) + Q_a C_9 L_{\Pi} + Q_a C_{10} (L_3 + L_0) + Q_a C_{11} K_5}{(8)} \rightarrow \min,$$

где W — объем перевозок горной массы автотранспортом, т; K_1 — коэффициент списочного состава автотранспорта; C_1 — стоимость автосамосвала, руб.; C_2 — капитальные затраты на строительство автога-ража на один списочный автосамосвал, руб.; K_2 — коэффициент, учиты-вающий необходимое число машиномест в гараже для проведения

ТО и ТР; Q_a — производительность автосамосвала, т/год; C_3 — затраты на строительство 1 км постоянных автодорог, руб.; L_n — протяженность постоянных карьерных автодорог, км; E — нормативный отраслевой коэффициент эффективности капитальных вложений; Φ — годовой фонд заработной платы в расчете на одного водителя, руб.; K_3 — коэффициент списочного состава водителей; K_4 — районный коэффициент; $n_{см}$ — коэффициент, учитывающий сменность работы автотранспорта; C_4 — стоимость одной автомашины, руб.; n_p — число рейсов автосамосвала; L_n — нормативный пробег комплекта автошин в данной климатической зоне, км; C_5 — стоимость гаражного хозяйства в расчете на один автомобиль, руб/машиноместо; L_T — годовой пробег автосамосвала, км; C_6 — стоимость комплекта автошин, руб.; A_B — амортизационные отчисления на восстановление автосамосвалов; $A_{к.р}$ — амортизационные отчисления на капитальный ремонт; C_7 — удельные затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, руб./1000 км; Q_T — годовой расход дизельного топлива по автопарку, т; P_T — стоимость 1 т дизельного топлива, руб.; C_8 — стоимость 1 т смазочных материалов, руб.; C_9 — затраты на содержание и ремонт 1 км постоянных автодорог, руб.; C_{10} — затраты на содержание и ремонт 1 км временных автодорог, руб.; L_3 — протяженность забойных автодорог, км; L_0 — протяженность отвальных автодорог, км; C_{11} — расходы на заработную плату водителей автосамосвалов, руб.; K_5 — коэффициент, учитывающий процент накладных расходов от фонда заработной платы.

§ 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

На открытых горных разработках применяются автомобили различных типов: автосамосвалы, тягачи с полуприцепами и прицепами, на некоторых карьерах троллейвозы и дизель-троллейвозы.

Наибольшее распространение получили автосамосвалы, имеющие заднюю разгрузку кузова. Полуприцепы и прицепы, работающие с тягачами, кроме задней разгрузки, имеют боковую и донную. Полуприцепы в глубоких карьерах встречаются редко, так как по тяговым возможностям они непригодны для работы на крутых уклонах, кроме того, маневрирование в ограниченном рабочем пространстве крайне затруднительно. Полуприцепы с боковой разгрузкой, несмотря на удобство их разгрузки в приемные бункера перегрузочных пунктов, сложны в конструктивном исполнении и менее надежны в работе, чем автомобили с задней разгрузкой. Донная разгрузка применяется в основном на автосамосвалах, предназначенных для транспортирования угля (углевозах).

Поэтому для глубоких карьеров наиболее перспективны автосамосвалы с задней разгрузкой, отличающиеся необходимыми тяговыми, скоростными и маневровыми качествами.

Автосамосвалы имеют силовые установки в виде двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных двигателей, передача движения

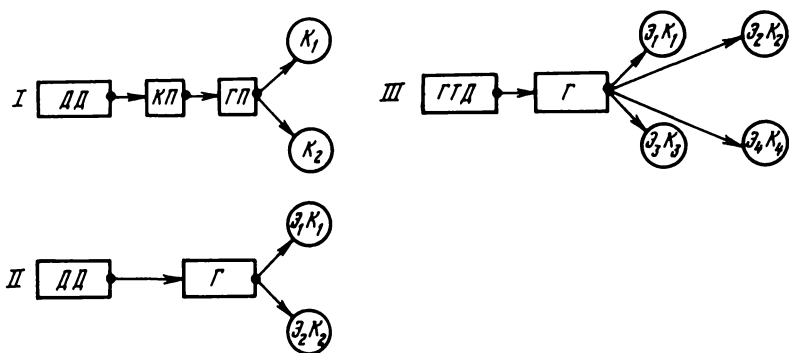


Рис. 5. Принципиальные схемы силовых передач карьерных автосамосвалов:

ДД — дизельный двигатель; КП — коробка передач; ГП — главная передача; K_1, K_2 — ведущие колеса; Г — генератор; ГТД — газотурбинный двигатель; ЭК — электромотор колеса; I — автосамосвал с гидромеханической трансмиссией, колесная формула 4x2; II — автосамосвал с электромеханической трансмиссией, колесная формула 4x2; III — автосамосвал с электротрансмиссией, колесная формула 4x4

осуществляется механическими, гидромеханическими и электромеханическими трансмиссиями (рис. 5).

В Советском Союзе выпуск карьерных автосамосвалов производится на Белорусском и Кременчугском автомобильных заводах. На Кременчугском заводе выпускается автосамосвал КраЗ-256 (последняя модификация КраЗ-6505 грузоподъемностью 16 т). Этот трехосный автосамосвал с двумя ведущими задними мостами (6x4) предназначен для работы с экскаваторами, имеющими ковши емкостью до 3 м³, и применяется в основном на карьерах, имеющих небольшие производственную мощность и глубину.

На современных крупных карьерах значительной глубины наиболее применимы автомобили типа БелАЗ, выпускаемые Белорусским заводом.

Автомобиль, предназначенный для глубоких карьеров, помимо достаточной грузоподъемности и мощности, должен иметь высокие маневровые качества при работе в стесненных условиях, а также хорошую проходимость и устойчивость ввиду сложности трасс, неблагоприятных транспортно-эксплуатационных качеств участков дорог.

На горнодобывающих предприятиях страны накоплен значительный опыт эксплуатации автосамосвалов типа БелАЗ грузоподъемностью 27 и 40 т. В 1977 г. этими автосамосвалами перевезено около 4 млрд. т горной массы и выполнен объем транспортной работы более 9 млрд. г·км. Серийный выпуск автосамосвалов БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т производится в течение 17 лет, а автосамосвала БелАЗ-548 грузоподъемностью 40 т с 1968 г.

Автосамосвал БелАЗ-540 грузоподъемностью 27 т выпускается с двумя видами двигателей: Д12А-375А мощностью 276 кВт и ЯМЗ-240 мощностью 265 кВт. Автосамосвал БелАЗ-540 является базовой моделью автомобилей типа БелАЗ с гидромеханической

трансмиссией (к. п. д. = 0,70) и представляет собой двухосный короткобазовый высокоманевренный карьерный автомобиль с колесной формулой 4x2. Автосамосвал БелАЗ-540 предназначен для транспортирования как мягких, так и скальных пород и руд ($\gamma = 1,8 - 3,5 \text{ т/м}^3$), на карьерах преимущественно глубинного типа производственной мощностью 10—15 млн. т в год, при расстояниях транспортирования 0,5—3 км, высоте подъема горной массы до 100 м и руководящем уклоне 8—10 %. БелАЗ-540 предпочтительно применять при работе с экскаваторами, имеющими ковши емкостью не более 5 м³

Гидромеханическая трансмиссия и подвеска обеспечивают достаточно высокие скорости движения (до 50 км/ч) и хорошие динамические показатели. Гидравлическое переключение передач и управление подъемом и опусканием платформы, гидравлическое усиление руля, а также удобная одноместная кабина улучшают условия вождения автомобиля. Наличие тормоза-замедлителя позволяет значительно увеличить среднюю скорость движения автосамосвала и обеспечить безопасность работы при крутых уклонах. Гидромеханическая передача приводится во вращение от коленчатого вала двигателя с помощью карданного вала. От карданного вала крутящий момент передается на центральный редуктор и с помощью дифференциала, установленного в картере редуктора, распределяется к колесным передачам. Нагрузка на переднюю ось и задний мост передается через пневмогидравлическую подвеску. Платформа автосамосвала поднимается двумя цилиндрами телескопического типа.

На автосамосвалах БелАЗ-540 и БелАЗ-540А установлены быстроходные, четырехтактные дизели с V-образным расположением цилиндров.

Автосамосвал БелАЗ-7540 имеет грузоподъемность 30 т, новое шасси, пятискоростную коробку передач и двигатель ЯМЗ-840 дефорсированный до 316,5 кВт. Это позволяет увеличить удельную мощность автосамосвала до 6,1 кВт/т против 5,5 кВт/т на БелАЗ-540А.

Автосамосвал БелАЗ-548А является также базовой моделью автосамосвалов с гидромеханической трансмиссией. Он имеет грузоподъемность 40 т и колесную формулу 4x2 и предназначен для работы на карьерах преимущественно глубинного типа, производственной мощностью до 20—25 млн. т в год, при расстояниях транспортирования не более 3 км, высоте подъема горной массы не более 150 м и руководящем уклоне 8—10 %. Наиболее приемлема совместная работа автосамосвала с экскаваторами, имеющими ковши емкостью 5—8 м³ Благодаря применению на автосамосвале оригинальных узлов и агрегатов (гидромеханическая передача, пневмогидравлическая подвеска мостов и др.) значительно улучшилась его проходимость и плавность хода по сравнению с первой базовой моделью, а малая база автомобиля (4200 мм) и рациональная компоновка позволили уменьшить радиус поворота до 10 м.

Основой создания автомобиля БелАЗ-548А явился принцип максимальной унификации узлов и агрегатов автомобилей типа БелАЗ.

Около 75 % деталей и узлов автосамосвала БелАЗ-548А использованы от меньшей базовой модели БелАЗ-540, и его общая компоновка также аналогична компоновке 27-тонного автомобиля. На автосамосвале БелАЗ-548А установлена унифицированная гидромеханическая передача. Исключение составляют согласующий редуктор, имеющий иное передаточное отношение. Подвеска мостов состоит из шести пневматических цилиндров (вместо четырех у БелАЗ-540). Гидравлическая система усилителя рулевого управления и гидравлическая система опрокидывающего механизма объединены. Быстроходный четырехтактный двигатель ЯМЗ-240 снабжен турбонаддувом. Для увеличения емкости питания автосамосвала имеется дополнительный топливный бак. Платформа БелАЗ-548 изготовлена из металла большей толщины и прочности, чем БелАЗ-540.

Дальнейшее совершенствование автосамосвала БелАЗ-548А привело к созданию новой модели БелАЗ-7548 с двигателем ЯМЗ-8401 мощностью 478,4 кВт, шасси усовершенствованной конструкции и с пятискоростной коробкой передач. Грузоподъемность автосамосвала увеличена до 45 т. Установка более мощного двигателя позволила увеличить удельную мощность автосамосвала до 6,0 кВт, что наряду с увеличением грузоподъемности на 12 % приводит к увеличению производительности автосамосвала на 16—18 %.

Для эксплуатации в районах Крайнего Севера и Северо-Востока выпускаются специализированные модели автосамосвалов БелАЗ-540С и БелАЗ-548С, которые способны работать при температуре окружающего воздуха до -60°C и относительной влажности воздуха до 80—90 %. Автосамосвал имеет специальные устройства. Кабина водителя отличается усиленной герметизацией и теплоизоляцией стенок, пола и потолка, оснащена двойными стеклами (лобовое стекло электрообогреваемого типа с двумя нагревательными элементами), интенсивно отапливается, сохраняя внутреннюю температуру воздуха не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Автосамосвалы снабжены дополнительными противотуманными фарами, в двигателе и агрегатах трансмиссии применяются специальные масла и технические жидкости (антифриз) с пониженной температурой замерзания. Имеется разогрев топлива выхлопными газами. Двигатели автосамосвалов БелАЗ-540С и БелАЗ-548С оборудованы предпусковым подогревателем ПЖД-600 и дополнительным поддоном, который обеспечивает направленное движение выпускных газов подогревателя на картер двигателя для разогрева в нем масла.

Автосамосвал БелАЗ-549 (рис. 6) грузоподъемностью 75 т является базовой моделью нового поколения автосамосвалов типа БелАЗ, оснащенных электромеханической трансмиссией (к. п. д. $\approx 0,80 \div 0,85$). Он предназначен для транспортирования скальных пород и тяжелых руд преимущественно на карьерах глубинного типа производственной мощностью 25—80 млн. т в год при расстояниях транспортирования не более 5 км, высоте подъема горной массы до 150—160 м и руководящем уклоне 8—10 %. Автосамосвалы БелАЗ-549 наиболее целесообразно использовать в комплексе с экскаваторами, имеющими ковши емкостью 8—12 м³

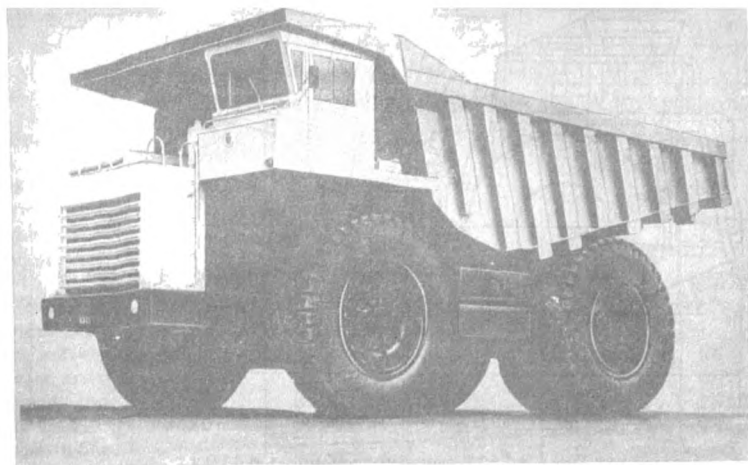


Рис. 6. Автосамосвал БелАЗ-549 грузоподъемностью 75 т

Автосамосвал отличается от описанных выше автосамосвалов наличием электромеханической трансмиссии, усовершенствованного гидравлического рулевого управления, независимой пневмогидравлической подвески передних и задних колес с автоматическим регулированием жесткости цилиндров подвески в соответствии с нагрузкой пневмогидравлического привода тормозов.

Вначале на автосамосвале БелАЗ-549 устанавливался двигатель М-300 мощностью 625 кВт, затем двигатели 6ЧН 21/21 и 8ЧН 21/21 соответственно мощностью 772,8 и 950,8 кВт, а также двигатели "Пилстик" (ЧССР) мощностью 699,2 кВт.

Двигатель автосамосвала через упругую муфту приводит во вращение генератор постоянного тока мощностью 500 кВт. От генератора получают питание два параллельно включенных тяговых электродвигателя, встроенных в ступицы задних ведущих колес и через редуктор передающих крутящий момент колесам автомобиля.

Мотор-колесо является конечным звеном электрической трансмиссии автосамосвала. Два мотор-колеса, имеющих независимую подвеску, выполняют функцию заднего моста автомобиля. Каждое из них состоит из электродвигателя (мощностью 230 кВт), редуктора, тормоза и шины с ободами. Коробка скоростей позволяет получить в редукторе мотор-колеса две передачи: понижающую и повышающую. На автомобиле установлены дисковый и электродинамический тормоза, предусмотрены гидравлические приводы тормозов.

Система опрокидывающего механизма состоит из двух цилиндров и двух шестеренчатых насосов. Платформа выполнена из термоупроченной стали и установлена на резиновых амортизаторах и двух шарнирных опорах, имеет мощный козырек над кабиной и двигателем.

На базе серийного автосамосвала БелАЗ-549 в 1977 г. создан автосамосвал БелАЗ-7519 грузоподъемностью 110 т с колесной форму-

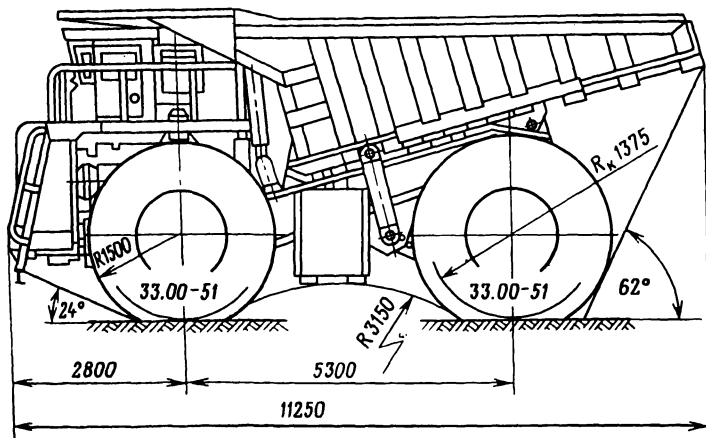


Рис. 7. Автосамосвал БелАЗ-7519 грузоподъемностью 110 т

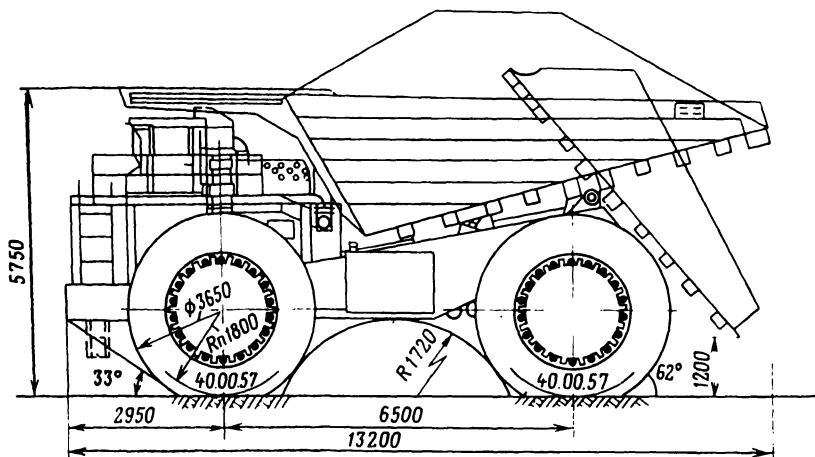


Рис. 8. Автосамосвал БелАЗ-7521 грузоподъемностью 180 т

лой 4x2, двигателем 8ЧН 21/21 мощностью 956,8 кВт (рис. 7). Рациональная по нашим исследованиям грузоподъемность 120 т не была достигнута в связи с ограничением полной массы автомобиля, не превышающей 195 т по условиям применения автошин размерностью 33.00-51, несущих нагрузку 335 кН. Начато изготовление опытных образцов автосамосвала БелАЗ-7521 грузоподъемностью 180 т, на котором предполагается установка двигателя 12ЧН 21/21 мощностью 1492,8 кВт. Тяговый генератор имеет мощность 800 кВт (рис. 8).

Автосамосвалы грузоподъемностью 110 и 180 т также предназначены для транспортирования скальных пород и руд в карьерах производственной мощностью 50 млн. т в год и более, первые для работы с экскаваторами, имеющими ковши емкостью 10–12 м³, и вторые для работы с экскаваторами, имеющими ковши емкостью 15–20 м³

Таблица 12

Показатели	Автосамосвалы				
	БелАЗ-540А	БелАЗ-548А	БелАЗ-549	БелАЗ-7519	БелАЗ-7521
Грузоподъемность, т	27	40	75	110	180
Масса снаряженного автомобиля, т	21	29	65	85	135
Коэффициент тары	0,778	0,725	0,866	0,773	0,793
Максимальная скорость движения, км/ч	55	50	55	52	50
Размеры, мм:					
длина	7250	8120	10250	11250	13580
ширина	3480	3790	5200	6100	7640
высота без груза	3580	3800	4670	5130	6100
База, мм	3550	4200	4450	5300	6650
Двигатель	ЯМЗ-240	ЯМЗ-240Н	УТМЗ-1000	УТМЗ-1300	УТМЗ-2300
Мощность двигателя, кВт	265	368	772,8	956,8	1692,8
Удельная мощность, кВт/т	5,5	5,32	5,5	4,9	5,55
Трансмиссия	ГМП	ГМП	ЭП с МК	ЭП с МК	ЭП с МК
Подвеска	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ	ПГ
Размер шин	18.00—25	21.00—33	24.00—49	33.00—51	40.00—57
Привод управляемых колес	МГМ	МГМ	ГМ	ГМ	ГГ
Привод колесных тормозов	П	П	Г	Г	Г
Кабина	Одноместная			Двухместная	
Емкость платформы (геометрическая), м ³	15	21	36	44	70

Примечание. В таблице даны следующие условные обозначения:

ГМП — гидромеханическая передача; ЭП с МК — электрическая передача с мотор-колесами; МГМ — механический с гидроусилителем и механическим слежением; ГМ — гидравлический с механическим слежением; ГГ — гидравлический с гидравлическим слежением; П — пневматический; Г — гидравлический.

В перспективе намечается создание модели грузоподъемностью 240—260 т с трехосной колесной формулой 6х4 на базе автосамосвала грузоподъемностью 180 т.

Наряду с автосамосвалами, тягачами с полуприцепами, имеющими заднюю разгрузку, Белорусским автозаводом выпускаются и будут выпускаться полуприцепы с донной разгрузкой (углевозы). Среди них углевоз с колесной формулой 6х4 грузоподъемностью 120—130 т (в дальнейшем 6х4 грузоподъемностью 260 т). Углевозы являются узкоспециализированной машиной, предназначенной в основном для перевозок угля. Поэтому они распространены лишь на угольных карьерах средней производственной мощности.

В табл. 12 приведена техническая характеристика автосамосвалов, выпускаемых и намеченных к выпуску Белорусским автомобильным заводом.

Несомненный интерес для крупных карьеров глубинного типа представляют дизель-троллейбусы. Они имеют электромеханическую трансмиссию постоянного тока с комбинированным питанием от контактной сети и дизель-генераторной установки. К ним относится автопоезд-троллейбус БелАЗ-524-792 грузоподъемностью 65 т, испытания которого проводились на Красногорском угольном разрезе производственного объединения Кемеровуголь. Основное преимущество дизель-троллейбусов заключается в повышенной мощности тяговых двигателей при работе в режиме питания от контактной сети. Дизель-троллейбус БелАЗ-524-732 снабжен токосъемным устройством, позволяющим снимать ток контактной сети силой 1200 А при напряжении 1200—2000 В. При этом режиме и уклоне трассы 10—12° (удельное сопротивление движению 1,3—1,45 кН/т) дизель-троллейбус способен развивать скорость движения на подъеме 19—22 км/ч, что превышает скорость движения автосамосвала БелАЗ-549 в 1,60—1,65 раза. Однако ввиду ухудшения показателей работы при выполнении других элементов транспортного цикла при перевозке горной массы преимущества троллейбусов значительно снижаются. Из-за определенных недостатков, основными из которых являются: большая на 20—22 % первоначальная стоимость, малая автономность, зависимость от снабжения электроэнергией, трудность технического обслуживания, меньшая надежность агрегата, сложность токосъема, особенно при переходе с дизельного режима на контактный, необходимость организации движения при наличии контактной сети и большой интенсивности устройства троллейных трасс при сложной конфигурации выездной траншеи, наличие путепроводов, пересечений с транспортными коммуникациями, невозможность использования при комбинированных транспортных схемах и т. д. дизель-троллейбусы не нашли широкого применения на карьерах. Однако перечисленные недостатки не исключают применения дизель-электровозов в отдельных благоприятных условиях. Так, в практике эксплуатации месторождений США и Канады имеются примеры эффективного применения дизель-троллейвозного транспорта. На железорудном карьере компании "Квебек Картиер" (Канада) используются дизель-троллейбусы Дарт-85 грузоподъемностью 77,1 т, "Юнит Риг" М85 грузоподъемностью 77,1 т и М100 грузоподъемностью 90,8 т, позволяющие повысить производительность на 8,1—15,5 % по сравнению с базовыми моделями автосамосвалов. Последующие модели дизель-троллейбусов в СССР целесообразно создавать на базе двухосных автосамосвалов (а не поездов). Основные параметры таких дизель-троллейбусов будут приведены ниже.

Показатели	Дизель-троллейбусы	
	ДТ-75	ДТ-110-120
Грузоподъемность, т	45	70
Общая масса с грузом, т	120	190

Мощность мотор-колес, кВт	4×300	4×500
Скорость движения, км/ч:		
на подъеме 15 %	20	18
на подъеме 20 %	15	12
Размеры, мм:		
высота (без штанг)	4800	4900
ширина	4900	5500
длина	10000	10000
Мощность вспомогательного двигателя, кВт ...	520	830

Большие возможности использования троллейзов открываются с созданием мощных аккумуляторов, топливных элементов и других бездымных энергетических установок. Особенно перспективно создание контактно-аккумуляторных троллейзов.

Несмотря на достигнутые в отдельных случаях положительные результаты применения дизель-троллейзов, основной тенденцией развития отечественной техники специализированного карьерного автотранспорта является создание и освоение на карьерах значительной глубины короткобазных, высокоманевренных автосамосвалов с дизельным, газотурбинным или другим двигателем, электромеханической трансмиссией и обмоторенными колесами, сочетающих в своей конструкции преимущества автономности и мобильности дизельного автосамосвала и высокие тяговые и динамические качества электромобиля.

В зарубежной практике наибольшее развитие специализированный карьерный автотранспорт получил в США, являющихся поставщиком крупных карьерных автомобилей во многие страны. Производство карьерных автомобилей в США организовано десятью компаниями: "Юнит Риг", "Вабко", "Терекс", "КВ-Дарт Трак", "Дженерал Моторс", "Интернешнл Харвестер", "Катерпиллер", "Эвклид", "ЛеГурно-Вестингауз", "Макс" и их дочерними фирмами.

Автомобили средней и большой грузоподъемности производятся также в Англии (фирма "Авелинг-Барфорд"), Франции ("Берлие"), Италии ("Перлини"), ФРГ ("Фаун"; "Круп"), Швеции ("Коккум"), Японии ("Коматцу") и других странах мира. В настоящее время грузоподъемность и мощность автосамосвалов, применяемых на зарубежных карьерах, выросла в 4—5 раз. Созданы автомобили особо большой грузоподъемности, такие, как Лектра Хол М-200 грузоподъемностью 181 т, модель ДЕ-2991 такой же грузоподъемности и автосамосвал компании "ВИИКЛ Констракшн", имеющий модификации грузоподъемностью от 208 до 254 т. Наиболее крупной моделью специализированного карьерного автосамосвала является автосамосвал Терекс-Титан 33-19 (грузоподъемностью 318 т) фирмы "Дженерал Моторс" (США) (рис. 9). В ближайшем будущем намечено создать автомобильный агрегат грузоподъемностью 500—600 т.

Анализ конструкций карьерных автосамосвалов различных зарубежных фирм показывает, что они строятся на базе унифицированных рядов основных узлов (дизельные двигатели, гидромеханические

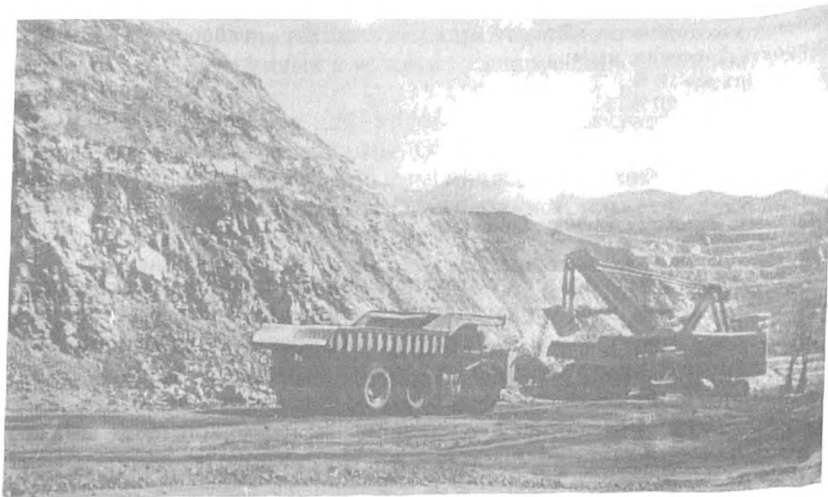


Рис. 9. Погрузка автосамосвалов Терекс-Титан 33-19 грузоподъемностью 318 т на карьере Игл Маунтин

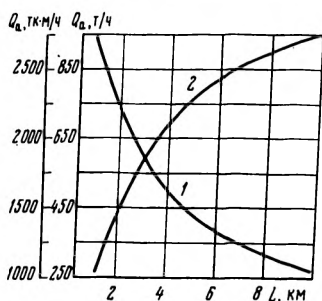


Рис. 10. Зависимость производительности автосамосвала Q_a Терекс-Титан 33-19 от расстояния L :

1 — в тоннах; 2 — в тонно-километрах

кие передачи, мотор-колеса и т. д.); грузоподъемности автосамосвалов, выпускаемых различными фирмами, близки по величине или совпадают и коэффициенты их рядов составляют 1,4—1,6.

Все фирмы, выпускающие карьерные автосамосвалы, отдадут предпочтение при их разработке колесной формуле 4x2, как наиболее полно отвечающей требованиям эксплуатации на открытых разработках. Однако наиболее крупные модели последних выпусков строятся трехосными (колесная формула 6x4), что в значительной степени предопределяет целесообразность их использования в верхних зонах карьера, в то время как на большой глубине отдается предпочтение автосамосвалам в двухосном исполнении грузоподъемностью до 120, реже 150 т.

Наиболее типичными представителями современных американских карьерных автосамосвалов особо большой грузоподъемности являются вышеназванные автосамосвалы фирмы "Терекс" 33-15 грузоподъемностью 136 т и Терекс-Титан 33-19 грузоподъемностью 317,5 т. Техническая характеристика этих автосамосвалов приведена в табл. 13.

Зависимость производительности автосамосвала Терекс-Титан 33-19 от расстояния транспортирования показана на рис. 10.

Таблица 13

Показатели	Автосамосвалы	
	Терекс 33-15	Терекс-Титан 33-19
Грузоподъемность, т	136,2	317,5
Вместимость кузова, м ³ :		
без шапки	53,6	114,7
с шапкой	66—89	151—219
Основные размеры автосамосвалов, мм:		
длина	12751	20345
ширина	6273	7798
высота	5664	6883
высота с поднятым кузовом	11735	17069
база	5486	9118
Внутренние размеры кузова автосамосвала, мм:		
длина	7975	11175
ширина	5181	7163
глубина	1568	1715
Угол наклона кузова при разгрузке, градус	55	55
Масса кузова, кг	16056	3288
Масса автосамосвала без нагрузки, кг	106150	231105
Мощность двухтактного двигателя, кВт	1177,6	2428,8
Частота вращения, рад/с	199,5	94,5
Число цилиндров	16	16
Число электродвигателей	2	4
Мощность электродвигателя, кВт	552	552
Ширина колеи колес, мм:		
передних	4940	6553
ведущих	3962	5232
Радиус поворота, м	15	22
Число бескамерных шин	6	10
Размер шины	36.00—51	40.00—57
Размер обода, мм	660	736

§ 3. УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильные дороги в глубоких карьерах имеют некоторые специфические особенности. В верхней и средней зонах карьера преобладают постоянные карьерные автодороги — это дороги магистрального типа преимущественно вблизи поверхности, постоянные автомобильные съезды и дороги в капитальных траншеях. Постоянные карьерные автодороги характеризуются большей интенсивностью движения, которая при объемах перевозок 15—20 млн. т в год составляет до 5—6 тыс. автомобилей в сутки, а с увеличением объемов перевозок до 30—50 млн. т в год возрастает до 10 тыс. автомобилей в сутки. Эти дороги рассчитаны на длительный срок службы и имеют усовершенствованные покрытия. Трассы главных съездов в карьере по мере вскрытия новых горизонтов удлиняются: при средней глубине карьеров 12—15 м в год это увеличение длины составляет 200—250 м.

В нижней части карьеров, особенно при комбинированных видах транспорта, преобладают временные дороги. Если на верхних гори-

зонтах карьера большинство дорог имеют двухполосное встречное движение, то на нижних — преимущественно однополосное одностороннее движение для грузового и порожнякового потоков. Это в большинстве случаев дороги временного характера в виде скользящих съездов, а также дороги, расположенные на транспортных бермах, на рабочих площадках и в забоях. Срок службы этих дорог часто ограничивается временем существования в рабочем состоянии двух-четырёх горизонтов и перегрузочных пунктов, на которые поступает горная масса с выше и ниже расположенных горизонтов карьера. Временные автодороги непрерывно перемещаются вслед за продвижением фронта работ и вслед за переносом перегрузочных пунктов. Из-за незначительной интенсивности движения временные автомобильные дороги имеют уменьшенные параметры по сравнению с постоянными. Они более просты по конструкции и часто не имеют усовершенствованных покрытий. Для выравнивания основания дорог (особенно при наличии скальных пород) их покрывают небольшим слоем щебня или мелкими фракциями горных пород.

Поверхность их планируется, профилируется и укатывается, в отдельных случаях обрабатывается черными вяжущими, сульфидно-спиртовой бардой и другими составами. Продольные уклоны как постоянных, так и временных автомобильных дорог ограничиваются безопасными скоростями движения и условиями торможения и допускаются в грузовом направлении до 8—10 % и в порожняковом до 15 % (как исключение, на временных съездах до 20 %). В отдельных случаях при доработке месторождений известны примеры устройства автодорог для выезда на выше расположенный горизонт до 12 %. Постоянные автодороги, расположенные вблизи поверхности, должны иметь уклоны, не превышающие 7—8 %, а выезды на отвалы не круче 5—6 %. Продольные профили, как правило, имеют переменные уклоны. При совпадении с кривыми малых радиусов предельные продольные уклоны несколько уменьшаются (на 1—2 %).

При комбинированных видах транспорта, когда автомобили работают лишь в нижней зоне карьера, где и обслуживаются и ремонтируются, и когда их выезд на поверхность производится лишь в особых случаях, главным образом для исполнения крупных ремонтов, устраивают лишь один временный съезд, продольный уклон которого достигает 12 % и более.

Ширина автомобильных дорог в карьерах изменяется в зависимости от числа полос и интенсивности встречного движения, размеров автомобилей и их скоростей движения. В связи с этим для автомобилей большой грузоподъемности ширина постоянных автомобильных дорог за рубежом увеличивается до 18—20 м, а в отдельных случаях при устройстве их на выездах из карьера до 25—26 и даже 30 м (карьер Бингхем, МША). В поперечном профиле ширина проезжей части автодорог на кривых участках увеличивается. Поперечный уклон автомобильных дорог с жестким покрытием принимается не более 2 %, уклоны обочин до 4 %.

Таблица 14

Автосамосвал	Грузоподъемность, т	Ширина проезжей части, м		Допустимый минимальный радиус кривых в плане, м
		при одностороннем кольцевом движении	при двухстороннем маятниковом движении	
БелАЗ-540А	27	5,5—6,0	11,8—13,8	20
БелАЗ-548А	40	5,8—6,6	13,2—15,0	25
БелАЗ-549	75	8,0—9,8	17,7—20,0	30
БелАЗ-7519	110	8,3—10,6	19,0—22,6	35
БелАЗ-7521	170	10,4—12,8	22,0—25,6	40

Основные геометрические параметры автодорог для автосамосвалов отечественного производства приведены в табл. 14.

С увеличением грузоподъемности автосамосвалов повышаются требования к прочности, долговечности и эксплуатационной надежности карьерных дорог, имеющих в основном щебеночное покрытие.

Современные карьерные дороги должны обеспечивать высокую производительность (интенсивность движения) и полную безопасность эксплуатации автомобильного транспорта в условиях значительных динамических нагрузок.

Технология строительства карьерных автомобильных дорог включает следующие операции: сооружение дорожного полотна; подготовку дорожного полотна к укладке на него слоев из строительных материалов, предусмотренных конструкцией дорог; распределение строительных материалов в дорожных слоях; формирование поперечного профиля дорог; уплотнение дорожных слоев; обработку покрытия дорог вяжущими веществами.

Подготовка дорожного полотна предусматривает: разметку трассы, уборку негабаритных кусков породы, подвозку и равномерное распределение по всей поверхности дробленого материала (для ликвидации неровностей) и уплотнение материала поливкой его водой (для облегчения взаимного перемещения отдельных кусков).

На карьерах, разрабатывающих скальные породы, необходимая ровность дороги достигается укладкой и распределением на ее поверхности дробленых скальных пустых пород соответствующего granulометрического состава.

Основными технологическими операциями при этом являются: распределение найденного расчетным путем количества щебня на поверхности проезжей части дороги и уплотнение каждого слоя.

Объем щебня (в м^3), необходимого для укладки слоя дорожно-покрытия, определяют по следующей формуле:

$$V = BLh_{\text{пк}}k_{\text{упл}}, \quad (9)$$

где B — ширина проезжей части дороги, м; L — длина участка дороги, м; $h_{\text{пк}}$ — толщина слоя дорожного покрытия, м; $k_{\text{упл}}$ — коэффициент уплотнения материала.

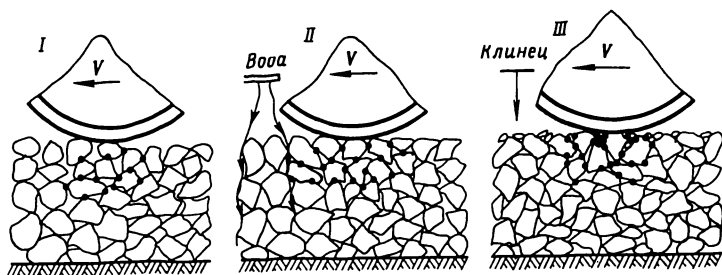


Рис. 11. Технологический процесс уплотнения щебеночного покрытия:
 I — обжимка; II — укатка; III — окончательное уплотнение с расклинцовкой

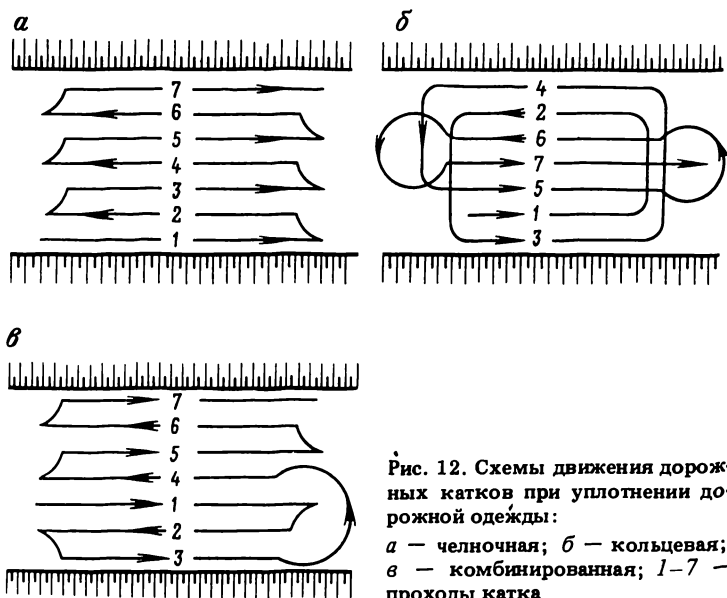


Рис. 12. Схемы движения дорожных катков при уплотнении дорожной одежды:
 а — челючная; б — кольцевая;
 в — комбинированная; 1-7 — проходы катка

Коэффициент уплотнения щебня из крепких пород обычно принимается равным 1,2 (в процессе производства дорожных работ этот коэффициент уточняется в соответствии со спецификой местных условий).

Для разравнивания щебня (образования слоя заданной толщины) используют бульдозеры и автогрейдеры, обеспечивающие оформление поперечного профиля проезжей части автомобильных дорог. Укладка щебня тонкими слоями производится с помощью навесных, прицепных или самоходных дозирующих устройств. При этом учитывается коэффициент уплотнения укладываемого материала. Для лучшего уплотнения дорожной одежды большой толщины щебень укладывают послойно, по 15–20 см.

Необходимые прочность и долговечность дорожных одежд достигаются уплотнением слоев щебня.

На уплотнение слоев дорожной одежды, состоящих из щебня и других каменных материалов, расходуется 30—55 % всех трудовых затрат, связанных со строительством автомобильных карьерных дорог. При этом требуется приложение значительных удельных давлений. В таких случаях применяют моторные катки с жесткими вальцами.

Нижний слой уплотняют в два приема: сначала — обжимают, а затем уплотняют. Верхний слой уплотняют в три приема: обжимают, укатывают и окончательно уплотняют с расклинцовкой (рис. 11). Катки для уплотнения выбираются с учетом характеристики каменного материала и технологии (приемов) уплотнения слоев дорожной одежды.

В начале второго приема уплотняемый слой поливают водой. Расход воды, необходимый для увлажнения всего слоя щебня, зависит от его класса и увеличивается для осадочных пород. Норма расхода воды составляет 15—25 л/м². Затем производится расклинцовка щебня в слое. Для этого на поверхность слоя наносят клинц крупностью 10—15 мм, который заполняет пустоты между частицами щебня и расклинивает их. Рекомендуемый расход клинца составляет 1,5—2 м³/100 м² поверхности проезжей части дороги. Для расклинцовки щебня используют тяжелые катки. Уплотнение (укатку) начинают от краев покрытия (обочин) и ведут к оси дороги (рис. 12).

Вязущие вещества, используемые для обработки щебеночных покрытий карьерных автомобильных дорог, увеличивают сцепление между частицами материала, заполняют имеющиеся между ними пустоты, придают щебеночным покрытиям гидрофобные свойства (водоустойчивость). В карьерах дорожное покрытие такими веществами обрабатывается поливом. После этого на поверхность наносят каменную мелочь крупностью 3—5 мм в количестве 0,9—1,1 м³/100 м² покрытия и уплотняют его тяжелыми катками.

Лучшими из органических вязущих веществ являются: нефтяные дорожные битумы марок БН-0 и БН-1, нефтяные жидкие битумы классов А и Б (А-4, А-5, А-6, Б-5, Б-6), а также каменноугольные дегти Д-4, Д-5, Д-6. Для обработки поверхности щебеночных покрытий можно использовать также битумные эмульсии, в которых битум находится в устойчивом дисперсном состоянии благодаря введению эмульгатора. Из других вязущих веществ на карьерах широко распространены растворы сульфидно-спиртовой барды (ССБ) различной концентрации и приготовленные на их основе эмульсии с добавлением битумов классов А-1, А-2, Б-1, Б-2, Б-4, Б-5.

Обработка автомобильных дорог вязущими веществами осуществляется при помощи автогудронаторов, имеющих специальные устройства для подогрева их до необходимой температуры.

В глубоких карьерах капитальные траншеи и съезды строятся обычно с нежестким щебеночным покрытием, в большинстве случаев обработанным жидкими вязущими или минеральными веществами. Расчет этих покрытий производится в следующей последовательности.

Для нежестких покрытий (покрытия из щебня) основным показателем является модуль деформации (в МПа)

$$E = \rho D_{\text{пл}} / S_{\text{пр}}, \quad (10)$$

где ρ — удельная нагрузка на покрытие, МПа; $D_{\text{пл}}$ — диаметр загруженной площади, см; $S_{\text{пр}}$ — величина прогиба под удельной нагрузкой, см.

Расчет наиболее распространенных на карьерах дорожных одежд нежесткого типа, состоящих из основания и одного слоя щебня, основан на соблюдении равенства между эквивалентным модулем деформации принятой конструкции автодороги $E_{\text{экв}}$ и требуемым модулем деформации $E_{\text{тр}}$. Последний при заданной грузонапряженности автодороги равен (в МПа):

$$E_{\text{тр}} = \pi \rho K_{\text{п.в}} \mu / 2\lambda, \quad (11)$$

где λ — допускаемая относительная деформация покрытия (для щебеночного покрытия $\lambda = 0,04$); $K_{\text{п.в}}$ — коэффициент, учитывающий повторность воздействия и динамичность нагрузок от движения; μ — коэффициент запаса, учитывающий неоднородность условий работы дорожной одежды (для одежд с облегченным усовершенствованным покрытием $\mu = 1,1$).

Коэффициент $K_{\text{п.в}}$ можно определить по следующей формуле:

$$K_{\text{п.в}} = 0,5 + 0,65 \lg(\epsilon, N_p), \quad (12)$$

где ϵ — коэффициент, учитывающий повторяемость нагрузок в зависимости от числа полос движения (при двухполосном движении $\epsilon = 1$); N_p — расчетная суточная интенсивность движения.

Эквивалентный модуль деформации (в МПа) двухслойной дорожной одежды

$$E_{\text{экв}} = E_{\text{тр}} = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi} \left(1 - \frac{1}{n^{3,5}}\right) \arctg n} \frac{h_{\text{пк}}}{D_{\text{кр}}}, \quad (13)$$

где E_0 — модуль деформации основания, МПа; n — число слоев дорожной одежды; $h_{\text{пк}}$ — толщина слоя покрытия, см;

$$h_{\text{пк}} = (E_1 / E_0^{0,4}), \quad (14)$$

E_1 — модуль деформации слоя покрытия, МПа; $D_{\text{кр}}$ — диаметр круга, равновеликого следу колеса рассматриваемого автомобиля, см.

Диаметр круга $D_{\text{кр}}$ для автосамосвалов БелАЗ-540 равен 61 см; БелАЗ-548 — 70 см, БелАЗ-549 — 85 см.

Толщина покрытия (в см)

$$h_{\text{пк}} = \frac{D_{\text{кр}}}{\left(\frac{E_1}{E_0}\right)^{0,4}} \operatorname{tg} \frac{1 - \frac{E_0}{E_{\text{тр}}}}{\frac{2}{\pi} \left[1 - \left(\frac{E_0}{E_1}\right)^{1,4}\right]} \quad (15)$$

Величина модуля деформации покрытий, являющихся показателем их прочности, приведена в табл. 15.

На нижних горизонтах, состоящих из скальных пород и крепких руд, щебеночные дороги строятся более упрощенно и с меньшей толщиной дорожной одежды. Однако остается необходимым выравнивание оснований, подсыпка неровностей щебнем, уплотнение катками с применением полива.

Цементно-бетонные монолитные покрытия в глубоких карьерах в последнее время в нашей стране и за рубежом применяются редко, преимущественно для постоянных магистральных дорог, расположенных в верхней зоне карьера, вблизи поверхности или на поверхности до обогатительных фабрик, складов (реже отвалов) и при большом грузообороте дорог.

Жесткое цементно-бетонное покрытие при инженерных расчетах рассматривается как упругая плита неограниченных размеров. Ограниченные размеры покрытия компенсируются необходимым утолщением плиты по краям. Толщина плиты цементно-бетонного покрытия (в см) рассчитывается по следующей формуле:

$$h_{\text{пк}} = r(P_{\text{max}}/\sigma_{\text{доп}})^{0,5} \quad (16)$$

где r — коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от одного из колес на опорную поверхность под другим колесом данной оси; P_{max} — максимальная нагрузка на ось, Н; $\sigma_{\text{доп}}$ — допускаемое напряжение в бетоне при изгибе (при марке цемента М-350 $\sigma_{\text{доп}} = 5$ МПа).

Таблица 15

Покрытия	Материалы дорожных слоев	Модуль деформации, кН/см ²
Усовершенствованные капитальные	Цементно-бетонные монолитные, щебеночные из прочных материалов, обработанные битумами или дегтем	26—27
Усовершенствованные облегченные	Щебеночные и гравийные, обработанные минеральными или жидкими вяжущими веществами	13—18
Переходные	Щебеночные из естественных каменных материалов, гравийные. Из грунтов и местных слабых минеральных материалов со щебеночными или каменными добавками	6—12
Низшие	Грунтовые, укрепленные различными местными материалами	2—5

§ 4. РЕМОНТ, ОБСЛУЖИВАНИЕ И ЗАПРАВКА АВТОСАМОСВАЛОВ ВНУТРИ КАРЬЕРА

Автотранспорт, используемый на глубоких карьерах в качестве сборочного, характеризуется значительной удаленностью от поверхности, большой насыщенностью оборудованием на коротком рабочем фронте, трудностями устранения отказов в работе — все это предъявляет принципиально новые требования к комплексу процессов, связанных с технической эксплуатацией автосамосвалов на глубоких горизонтах. К числу таких процессов относятся: заправка, контрольно-осмотровые работы, устранение неисправностей и отказов, пересмена водителей и др. Основой этих требований является условие эффективного использования карьерного транспорта:

$$(T_3 + T_{п.з}) + (T_p + T_{п.р}) + (T_п + T_{п.о}) \rightarrow \min, \quad (17)$$

где T_3 — время на выполнение заправочных работ; $T_{п.з}$ — время на переезды автосамосвалов из рабочей зоны в пункт заправки; T_p — время на устранение неисправностей; $T_{п.р}$ — время на буксировку неисправных автосамосвалов из рабочей зоны на площадку ремонта; $T_п$ — время на пересмену водителей; $T_{п.о}$ — время на профилактический осмотр.

В соответствии с этим, а также с учетом многообразия горнотехнических условий заправочные, контрольные и осмотровые работы, работы по устранению неисправностей и прогнозированию отказов могут выполняться: в карьере, непосредственно в зоне работы автотранспорта; в карьере, в зоне работы автотранспорта и за ее пределами; на борту карьера.

По эксплуатационным затратам вариант организации работ по подготовке и обеспечению высокого технического уровня использования автосамосвалов непосредственно в зоне работы автотранспорта является наиболее целесообразным, так как при этом исключаются почти полностью порожняковые (нулевые) переезды автотранспортных средств. На промышленную площадку автотранспортного цеха, расположенного за пределами карьера, автосамосвалы поступают только на хранение в межсменное время, выходные и праздничные дни, а также для проведения ремонтных и профилактических работ, связанных с заменой основных узлов, агрегатов или их частичной разборкой.

Вместе с тем для такой организации работ имеются существенные трудности. Прежде всего это касается устройства временных сооружений при ограниченных размерах карьерного пространства. Немаловажным также является оснащение карьеров специализированным мобильным оборудованием, необходимым для обслуживания автосамосвалов.

В случаях, когда из-за ограниченного пространства требуемые сооружения для выполнения необходимого перечня работ по технической эксплуатации в зоне работы автомобильного транспорта размес-

тить невозможно, их располагают на верхних горизонтах карьера. Как правило, под сооружениями понимаются предварительно спланированные площадки, иногда с легкими временными помещениями. Срок их существования составляет два-три года, а в отдельных случаях год. Площадки могут быть специализированными для выполнения определенных видов работ и операций и неспециализированными, в зависимости от числа используемых автосамосвалов для перевозки горной массы и размеров карьера в его глубинной части. Кроме того, иногда устраиваются площадки для стоянки автосамосвалов и пересмены водителей. Они могут вмещать четыре-шесть машин (бригад) или все автосамосвалы, работающие в нижней зоне карьера. Типичные схемы площадок для выполнения работ по технической эксплуатации автосамосвалов и их размещения на площадках приведены на рис. 13.

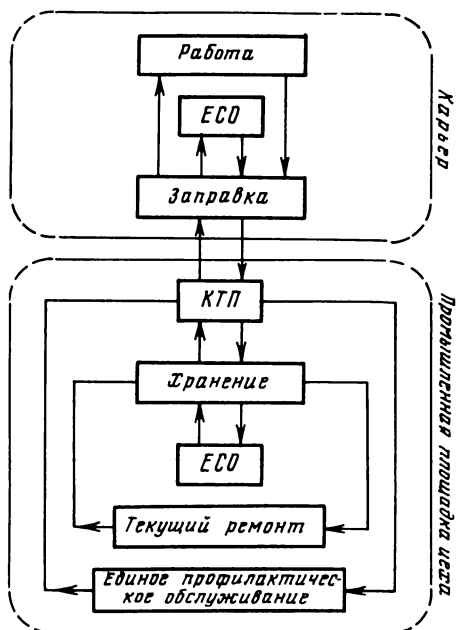


Рис. 13. Схема процессов технической эксплуатации автосамосвалов
ЕСО — ежесменное обслуживание; КТП — контрольно-технический пункт

Размеры площадок устанавливаются в зависимости от площади, необходимой для стоянки машин или для их ремонта, которая в свою очередь определяется размерами автосамосвалов, расстоянием между ними и шириной проезда (рис. 14).

Площадь одного места стоянки или ремонта (в m^2), в зависимости от указанных факторов, определяется по следующей формуле:

$$F = (P + B_a) m_a, \quad (18)$$

где F — площадь одного машиноместа, m^2 ; $P = l_{бр} + l_a \sin \alpha + b_a \cos \alpha$ — расстояние от бровки площадки до границы проезда, м; $l_{бр}$ — расстояние от бровки площадки до автосамосвала, м; l_a — длина автосамосвала, м; b_a — ширина автосамосвала, м; B_a — ширина проезда, м; $m_a = b_a \cos \alpha + y$ — расстояние между автосамосвалами, м; y — расстояние между продольными сторонами автосамосвалов, м.

Ширина проезда на площадках уменьшается при увеличении расстояний между автосамосвалами, что необходимо учитывать при строительстве площадок для ремонта, и принимается большей при

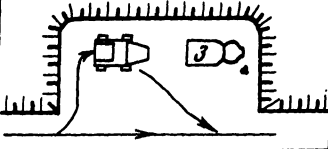
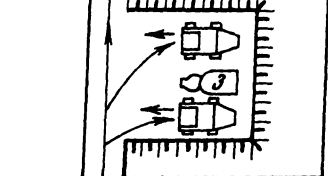
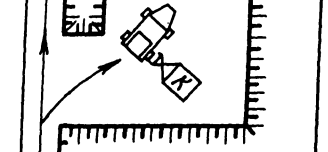
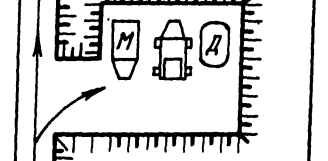
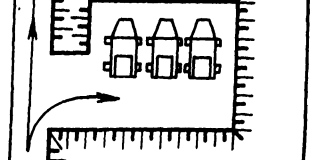
Операции	Назначение площадок для обслуживания автосамосвалов	Схемы площадок и размещение на них автосамосвалов и другого оборудования
Заправка	Площадки-ниши для заправки автосамосвалов, расположенные со стороны поворота направления движения	
Заправка	Площадки, обеспечивающие двусторонний подъезд автосамосвалов к автомобилю-заправщику (прицепу-заправщику)	
Устранение и предупреждение неисправностей	Площадки для снятия и установки колес автосамосвала	
	Площадки для устранения неисправностей с помощью авторемонтной мастерской и прогнозирования отказов с помощью передвижной диагностической установки	
Пересмена водителей	Площадки для пересмены водителей	

Рис. 14. Схемы рабочих площадок для обслуживания и технической эксплуатации автосамосвалов в глубоких карьерах

увеличению угла α до 90° . Кроме того, на величину ширины проезда существенно влияет способ установки автосамосвалов: передним ходом, задним ходом, с маневрированием, без дополнительных маневров (табл. 16. 17).

На площадках, предназначенных для ремонтных работ, могут сооружаться укрытия из полиэтиленовой пленки, армированной стекловолокном. Легкий каркас таких укрытий, изготовленный из алюминиевых сплавов, не требует использования при сборке грузоподъемных механизмов. Кроме того, набор различных конструкций каркаса

Таблица 16

Автосамосвалы	Угол расположения к оси проезда, градус			
	45	60	90	90 (с дополнительным маневрированием)
БелАЗ-540А	6,1	6,0	12,5	11,0
БелАЗ-548	6,4	6,5	12,5	11,7
БелАЗ-549	8,1	7,8	15,5	14,0

Таблица 17

Автосамосвалы	Установка	Угол установки автосамосвала к оси проезда, градус			
		45	60	90	90 (с дополнительным маневрированием)
БелАЗ-540А	I	6,3	8,2	16,0	12,8
	II	7,8	8,8	10,8	—
БелАЗ-548	I	6,8	9,4	18,1	14,1
	II	8,4	9,2	11,5	—
БелАЗ-549	I	7,9	8,2	15,7	14,3
	II	10,2	10,5	12,2	—

Примечание. I — установка передним ходом, II — установка задним ходом.

позволяет сооружать здания высотой до 10 и с пролетом до 15 м, а также локальные укрытия меньших размеров. Для поддержания оптимального температурного режима внутри сооружений из полиэтиленовой пленки в состав передвижной ремонтной мастерской включается теплогенератор.

Еще более перспективны пневмокаркасные строительные конструкции: пневмокаркасные и воздухоопорные (рис. 15). Пневмокаркасные

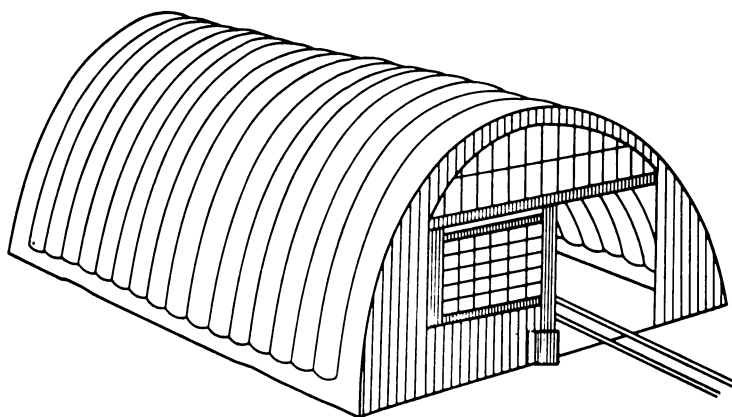


Рис. 15. Пневмокаркасные сооружения для хранения и обслуживания машин и механизмов в глубоких карьерах

Таблица 18

Оборудование	Техническая характеристика	Дополнительные требования	Аналоги
Автомобиль-заправщик	<p>Шасси: автомобили БелАЗ-540А, БелАЗ-548А</p> <p>Число заправочных секций (емкостей) 5</p> <p>Производительность установок по заправке, л/мин: топливом — 150—200 маслом — 30—50</p>	<p>Для предотвращения вспенивания топлива в баках автомобиля заправочные шланги, как и приемные устройства, оборудуются устройствами подачи топлива по восходящему потоку</p> <p>Предусматривается система подогрева смазочных материалов</p>	<p>Автомобиль-заправщик ПАЭС-3152 (СССР)</p> <p>Автомобиль-заправщик собственного изготовления на карьере Пинто Вэлли (США)</p>
Автомобиль для замены и переделки колес	<p>Шасси: автомобили КраЗ, МАЗ, БелАЗ. Число одновременно перемещаемых колес — 1—3. Оборудован устройством для снятия и установки колес: стрелой-манипулятором с механизмом захвата колес, имеющим три степени свободы</p>	<p>Для фиксации колес на платформе автомобиля предусмотрены гидрозаводы. Автомобиль укомплектован подъемником, гайковертом, набором специального инструмента</p>	<p>Автомобиль-заправщик, выпускаемый компанией "Айова Тул" (США)</p>
Передвижная авторемонтная мастерская	<p>Шасси: автомобили КраЗ, МАЗ, БелАЗ</p> <p>Комплектность: электро- и газосварочный аппарат; компрессорная установка; токарный станок; теплогенератор; ЗИП* (трубопроводы, приводные ремни, предохранители и др.)</p>	<p>Для создания нормальных условий труда при низких температурах мастерская оснащена набором каркасов из алюминиевого сплава и полиэтиленовой пленкой, армированной стекловолокном</p>	<p>Автомобиль-заправщик модели "Стар" (ПНР)</p> <p>Автомобиль-заправщик модели "ПАРМ" (СССР)</p>

Передвижная диагностическая лаборатория	Шасси: автомобили УАЗ-452, ГАЗ-63. Комплектность: электрические нагрузки; приборы для определения эксплуатационных свойств топлив и масел; приборы для определения расхода топлива, производительности насосных элементов, степени неравномерности подачи; газоанализатор; приборы для проверки контрольно-измерительных приборов	Укомплектованность лаборатории должна обеспечивать снятие основных диагностических параметров автомобиля и проведение экспресс-анализа для установления объема ремонта	Передвижные диагностические установки моделей КМ-4270, КИ-5164 (СССР)
Автомобиль-тягач	Шасси: автомобиль БелАЗ-548А оборудован цельным устройством на базе центрального опрокидывающего механизма автомобиля	Автомобиль-тягач обеспечивает транспортирование порожних автосамосвалов с вывешенной передней осью	Автомобили-тягачи собственного изготовления на предприятиях ССГОК, МГОК, ИнГОК (СССР)

* ЗИП — запасные инструменты и приборы.

ные конструкции состоят из пневмоэлементов, образующих несущий каркас, обтянутый тентом. В пневмоэлементах (арки, колонны) создается давление 0,03—0,05 МПа. Для изготовления покрытий применяются прорезиненные ткани на основе перкаля, шелка, капрона, дедерона. Возможно использование прозрачных синтетических пленок, благодаря которым в помещении днем светло. Прочность тканей (до 50—60 кН/м) позволяет использовать их в качестве воздухоопорных несущих конструкций с большими пролетами от 15—20 до 50—60 м. Стоимость одного метра пневмоконтрукций составляет от 2 до 10 руб. Затраты на монтаж и демонтаж примерно в 5 раз, а трудоемкость в 10—15 раз ниже затрат на строительные сооружения. Такие пневмокаркасные сооружения в глубоких карьерах могут использоваться как помещения для временных мастерских, гаражей, складов, стоянок и других целей на площадках нижних горизонтов.

Производство профилактических и мелких ремонтных работ в самом карьере не избавляет автотранспорт от связи с дневной поверхностью и, в частности, с автотранспортными цехами предприятия, в которых производятся крупные ремонты, а также приведение автомобиля в надлежащий вид (мойка, очистка, покраска и т. д.). Поэтому в карьере независимо от его глубины строится временная автомобильная дорога с большими допустимыми уклонами. Обычно такая дорога не имеет капитального покрытия, ее продольные уклоны составляют до 12 %. Служит она для периодического выезда на поверхность автосамосвалов, тракторов и другой мобильной техники. В тех случаях, когда с помощью средств автотранспорта необходимо доставлять в карьер и людей, должна быть сооружена постоянная автомобильная дорога, удовлетворяющая всем необходимым в этом случае требованиям.

Комплекс работ по технической эксплуатации автосамосвалов на

Таблица 19

Оборудование	Источник энергии	Расчетное снижение эксплуатационных расходов
Автомобиль-заправщик Передвижная авторемонтная мастерская	Сокращение порожняковых переездов автосамосвалов Сокращение порожняковых переездов автосамосвалов Сокращение затрат на ремонт деталей, узлов и агрегатов	На 4—5 % по сравнению с заправкой на борту карьера На 3—4 % по сравнению с выполнением всех видов ремонтных работ в автохозяйствах На 5—6 % по сравнению с технической готовностью в подразделениях цеха
Автомобиль для замены и перевозки колес Передвижная диагностическая лаборатория	Сокращение простоев автосамосвалов в неисправном состоянии Сокращение затрат на ремонт деталей, узлов и агрегатов	На 6—7 % по сравнению с выполнением шиномонтажных работ в автохозяйствах На 6—8 % по сравнению с определением технического состояния преимущественно при разборке

борту карьера имеет свои специфические особенности. Кроме заправочных, контрольно-осмотровых операций, устранения неисправностей и прогнозирования отказов, на борту карьера обычно проводится полный цикл планово-предупредительных работ, монтаж и демонтаж шин, замена агрегатов. Более сложные работы, связанные с ремонтом узлов и агрегатов, снятием и установкой платформы, цилиндров подвески, двигателя, генератора, разборкой и сборкой мотор-колес, выполняются в производственных цехах авторемонтного хозяйства предприятия. Подобная организация работ широко применяется также на зарубежных карьерах (Пинто Вэлли, Нью-Корнелия, рудник Гриффитс и др.).

Специализированное оборудование, обеспечивающее заправку автомобилей, устранение и прогнозирование отказов, является новым по своему назначению и исполнению, не имеет в своем большинстве аналогов в отечественной практике. Его конструкция определяется специфическими условиями горных работ: ограничением по размерам и радиусам поворота при движении; необходимостью мобильности и проходимости; потребностью в оснащении средствами прямой радиосвязи с диспетчером карьера.

Кроме того, предъявляются определенные требования к специализированному оборудованию, исходя из особенностей выполнения работ и конструкций большегрузных автосамосвалов (табл. 18).

Экономическая эффективность от применения специализированного оборудования для внутрикарьерного обслуживания автосамосвалов приведена в табл. 19.

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В ГЛУБОКИХ
КАРЬЕРАХ И ЕГО КОМБИНАЦИЯ
С АВТОТРАНСПОРТОМ

На карьерах железнодорожный транспорт используется как самостоятельно в течение всего срока разработки, так и в различных сочетаниях с автомобильным транспортом. Различают параллельное, совместное и комбинированное использование. При параллельном использовании железнодорожный и автомобильный транспорт работают независимо друг от друга и доставляют горную массу на поверхность, как правило, в различные пункты ее приема (отвалы, обогатительная фабрика, склад). Железнодорожный транспорт используется в основном при развитии верхних горизонтов и расширении границ действующего карьера в его верхней зоне. Для данного вида транспорта в этих условиях характерны: большой фронт работ, сравнительно прямолинейные забои, малые уклоны путевых трасс на горизонтах. Железнодорожный транспорт при параллельном использовании применяется для перевозки как вскрышных пород, так и полезного ископаемого, но часто только то или другое. Такая специализация применительно к одному виду грузов иногда оказывается целесообразной, особенно если физико-механические свойства пород и полезных ископаемых резко отличаются друг от друга.

Железнодорожный транспорт в период строительства карьеров начинает применяться непосредственно с поверхности (при вскрытии месторождения, проведении капитальных и разрезных траншей, разработке верхних горизонтов).

На современных карьерах в большинстве случаев вводу железнодорожного транспорта предшествует использование автомобильного транспорта, который применяется не только при подготовке месторождения к эксплуатации, но и при разработке работ на верхних горизонтах, обеспечивающих нормальную работу вновь вводимому железнодорожному транспорту. Как было указано ранее, применение собственно железнодорожного транспорта по ряду причин ограничивается глубиной 150—180 м и редко глубиной 300 м при мощных тяговых агрегатах. Однако на ряде отечественных карьеров железнодорожный транспорт из-за недостатка крупных большегрузных автосамосвалов, несмотря на ухудшение общих технико-экономических показателей, применяют и на больших глубинах, особенно если этому способствуют значительные размеры карьера в плане (Соколовско-Сарбайский комбинат).

При параллельном использовании в карьерах железнодорожного и автомобильного транспорта (Коршуновский, Качканарский ГОКи)

происходит пересечение транспортных коммуникаций железнодорожных путей с автомобильными дорогами, которого трудно избежать в процессе эксплуатации карьера. В связи с этим строятся переезды, путепроводы, виадуки, мосты. Для сокращения числа пересечений коммуникаций железнодорожные и автомобильные съезды и заезды на горизонты стремятся располагать по возможности на противоположных бортах карьера. Тем не менее при параллельном применении железнодорожного и автомобильного транспорта, как правило, не удается избежать многократной переукладки и переустройства железнодорожных путей и автодорог. Таким образом, параллельное использование железнодорожного и автомобильного транспорта с глубиной карьера теряет свои преимущества. В этом случае необходимо комбинированное использование с перегрузкой горной массы из автосамосвала в железнодорожные вагоны.

В настоящее время комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт является самым распространенным транспортом на карьерах, глубина которых составляет от 150 до 350—400 м. Последние цифры обычно соответствуют месторождениям, глубина разработки которых открытым способом не превышает этих величин и когда переход на иной вид транспорта или новую транспортную комбинацию становится не целесообразным. На карьерах, использующих два вида транспорта (автомобильный и железнодорожный), работающего параллельно, переход на их комбинированное использование, как показывают исследования, выгоден с глубины 60—80 м.

Комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт в настоящее время применяется на многих крупных карьерах значительной глубины: Соколовском, Сарбайском, Лебединском, Центральном, Криворожском, Сибайском, Ново-Николаевском и на карьерах комбината "Ураласбест".

В глубоких карьерах при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте оптимальные расстояния доставки горной массы автотранспортом до пунктов перегрузки в железнодорожный транспорт, как правило, не должны превышать 1,2—1,5 км, а высота подъема, определяющая зону работы автотранспорта, должна составлять 60—80 м.

Критерий экономически выгодной зоны работы автотранспорта за счет сокращения текущих объемов вскрыши (в руб.)

$$\Delta Z = \Delta K E_n, \quad (19)$$

где ΔZ — увеличение затрат при применении автотранспорта; ΔK — сокращение одновременных капитальных вложений на опережающий объем, вскрыши вследствие применения автотранспорта, руб.; E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений.

Величины ΔZ и ΔK могут быть определены по следующим формулам:

$$\Delta Z = \Delta H \left(C_{\text{пер}} + \frac{C_a K_a}{i_a} - \frac{C_{\text{ж}} K_{\text{ж}}}{i_{\text{ж}}} \right) L_a h N_{\text{год}} \gamma; \quad (20)$$

$$\Delta K = C_{\text{в}} H (B_{\text{ж}} - B_{\text{а}}) L_{\text{ж}} - (V_{\text{н}} C_{\text{в}}). \quad (21)$$

Подставив формулы (20) и (21) в формулу (19), получим

$$\Delta H \left(\frac{C_{\text{а}} K_{\text{а}}}{i_{\text{а}}} - \frac{C_{\text{ж}} K_{\text{ж}}}{i_{\text{ж}}} + C_{\text{пер}} \right) L_{\text{а}} h N_{\text{год}} \gamma = [C_{\text{в}} H (B_{\text{ж}} - B_{\text{а}}) L_{\text{ж}} - (V_{\text{н}} C_{\text{в}})] E. \quad (22)$$

Решив это уравнение относительно ΔH , получим

$$\Delta H = \frac{[C_{\text{в}} H (B_{\text{ж}} - B_{\text{а}}) L_{\text{ж}} - (V_{\text{н}} C_{\text{в}})] E}{\left(\frac{C_{\text{а}} K_{\text{а}}}{i_{\text{а}}} - \frac{C_{\text{ж}} K_{\text{ж}}}{i_{\text{ж}}} + C_{\text{пер}} \right) L_{\text{а}} h N_{\text{год}} \gamma} \quad (23)$$

или

$$\Delta H = \frac{[C_{\text{в}} H (\text{ctg} \varphi_{\text{ж}} - \text{ctg} \varphi_{\text{а}}) h L - (V_{\text{н}} C_{\text{в}})] E}{\left(\frac{C_{\text{а}} K_{\text{а}}}{i_{\text{а}}} - \frac{C_{\text{ж}} K_{\text{ж}}}{i_{\text{ж}}} + C_{\text{пер}} \right) L_{\text{а}} h N_{\text{год}} \gamma}, \quad (24)$$

где ΔH — высота зоны карьера, обрабатываемая на автотранспорте, м; H — глубина карьера, м; $C_{\text{а}}$ — себестоимость 1 т·км при автотранспорте, руб.; $i_{\text{а}}$ — уклон автодорог, $K_{\text{а}}$ — коэффициент развития трассы при автотранспорте; $i_{\text{ж}}$ — уклон железнодорожных путей, $K_{\text{ж}}$ — коэффициент развития трассы при железнодорожном транспорте; $C_{\text{ж}}$ — затраты на содержание 1 км железнодорожных путей, руб.; $C_{\text{пер}}$ — затраты на перегрузку 1 т горной массы, руб.; $L_{\text{а}}$ — длина фронта работ в зоне работы автотранспорта, м; $L_{\text{ж}}$ — длина фронта работ в зоне работы железнодорожного транспорта, м; h — высота уступа, м; γ — плотность горной массы, т/м³; N — величина подвигания фронта работ в год, м; $C_{\text{в}}$ — затраты на обработку 1 м³ вскрыши, коп.; $B_{\text{ж}}$ — ширина рабочей площадки при железнодорожном транспорте, м; $B_{\text{а}}$ — ширина рабочей площадки при автотранспорте, м; $V_{\text{н}}$ — объем вскрыши, необходимый для создания нормативных готовых к выемке запасов, м³; $\varphi_{\text{а}}$, $\varphi_{\text{ж}}$ — угол откоса рабочего борта карьера при автомобильном и железнодорожном транспорте; E — коэффициент эффективности капиталовложений.

Переход с железнодорожного на комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт осуществляется тогда, когда это целесообразно и оправдывается введением более дорогостоящего вида транспорта.

Основными причинами перехода являются:

потребность в более быстрых темпах вскрытия новых горизонтов в карьерах и в более интенсивном ведении горных работ с ростом глубины;

необходимость сохранения нормальных условий работы железнодорожного транспорта в сокращающихся размерах карьерного пространства при наличии затяжных уклонов, большого числа обменных пунктов и т. д.;

стремление продлить использование железнодорожного транспорта при достижении карьером экономически предельных глубин для этого вида транспорта.

Наряду с этим при переходе на комбинированный транспорт не возникает необходимости в реконструкции или в замене основных транспортных коммуникаций, что требуется при введении какой-либо другой комбинации. Часто автосамосвалы используются на предприятии как параллельный вид транспорта, введение их в комбинации с железнодорожным не снижает производительность, а наоборот, способствует ее резкому повышению, особенно в первый период совместной эксплуатации, это подтверждается опытом работы ряда предприятий. Так, на Гороблагодатском, Сарбайском и других карьерах при отставании вскрышных работ и отсутствии необходимого развития добычных горизонтов при переходе на комбинированный транспорт в первые 1,5–2 года заметно повысилась добыча руды. Это позволило при соответствующем ведении горного производства улучшить состояние работ в карьере, обеспечив дальнейший нормальный режим эксплуатации.

Переход на комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт наиболее эффективен при неравномерном залегании руд в контуре месторождения, когда возникает необходимость в изменении качественной характеристики руд, добываемых и перерабатываемых в отдельные периоды эксплуатации.

Особенно это характерно для месторождений сложного состава руд с низким коэффициентом вскрыши и значительным фронтом добычных работ, когда изменение порядка разработки месторождения вполне возможно и не приводит к резкому изменению годовых объемов вскрышных работ.

Так, на карьере Гусевогорского месторождения, разрабатываемого Качканарским ГОКом, где коэффициент вскрыши составляет $0,18 \text{ м}^3/\text{т}$, в результате проведенного сравнения применение комбинированного транспорта по критерию максимума суммарной приведенной прибыли оказалось эффективнее применения железнодорожного транспорта на 13–16 %, несмотря на то, что по расчетным и приведенным затратам комбинированный транспорт на 3–6 % дороже железнодорожного. Эффективность комбинированного транспорта в данном случае заключается в том, что каждый из видов транспорта, входящих в комбинацию, работает на наиболее рациональном направлении и расстоянии откатки и в сочетании с другим обеспечивает определенный экономический эффект.

Исследованиями ИГД Минчермета СССР, выполненными в последние годы на ряде горно-обогатительных комбинатов, установлено, что благодаря применению комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта:

в 1,2–1,25 раза повышается производительность экскаваторов при работе с автотранспортом по сравнению с железнодорожным транспортом вследствие более ритмичной работы автосамосвалов на ко-

ротком плече откатки, особенно в первоначальный период вскрытия и подготовки глубоких горизонтов;

в 1,2—2,2 раза улучшаются основные параметры и показатели работы железнодорожного транспорта за счет повышения скоростей движения составов по постоянным путям, сокращения их протяженности, концентрации грузопотоков, увеличения массы поезда, сокращения среднего оборота состава, уменьшения среднесуточного числа рабочих локомотивов, лучшего использования и планомерной загрузки;

в 1,5—2 раза сокращаются простои экскаваторов по причинам, зависящим от работы транспорта (в сопоставлении с железнодорожным), вследствие уменьшения числа сходов составов, ожидания укладки и ремонта путей после взрывных работ и т. д.;

на 10—12 % снижаются капитальные затраты по сравнению с такими при железнодорожном транспорте, за счет упрощения схемы энергоснабжения и путевого развития, исключения ряда погрузочных пунктов с разъездами и соединительными путями, сокращения числа рабочих составов и т. д.;

достигается значительная интенсификация ведения горных работ, характеризующаяся увеличением годовых объемов производства в 1,2—1,3 раза, темпов понижения горных работ в 2—2,5 раза, сокращения текущего коэффициента вскрыши в 1,15—1,2 раза;

обеспечивается заданный качественный состав руд за счет селективной выемки и погрузки в средства автомобильного транспорта, изменения направления развития добычных работ, создания внутрикарьерных складов с отдельным складированием, смешением и шихтовкой руд, что позволяет регулировать качество руд, добываемых и перерабатываемых в отдельные периоды эксплуатации, в пределах 2—3 % и более, относительно среднего содержания;

сокращаются в 1,2—1,4 раза случаи отказов обогатительных фабрик от приема руд, не удовлетворяющих требуемому качеству, и связанные с этим простои транспорта и дробильно-обогатительной фабрики, имеющие место при непосредственной доставке руд из забоев железнодорожным транспортом.

Все это говорит о том, что преимущества комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта наиболее резко проявляются на конечных стадиях добычи и переработки и особенно при разработке глубоких карьеров со сложным составом руд.

Железнодорожный транспорт в глубоких карьерах при работе в комбинации с автотранспортом имеет ряд специфических особенностей.

Уклоны железнодорожных путей в глубоких карьерах будут достигать 60—80 ‰ (рис. 16). Кроме того, необходимо размещение пунктов обмена составов и станций внутри карьеров в местах перелома профиля; создание обособленных заездов или отдельных групп путей для организации работ по вскрыше и добыче на нескольких горизонтах, а также переменной величины уклонов основных магистральных путей съездов со ступенчатым изменением величины уклона.

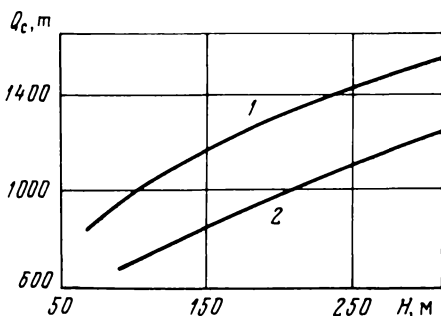
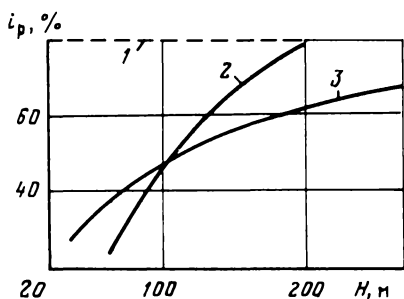


Рис. 16. Зависимость величины руководящего уклона железнодорожных путей i_p от глубины карьера H :
1 — ограничение по тормозам; 2 — переменный ток; 3 — постоянный ток

Рис. 17. Зависимость полезной массы состава Q_c от глубины карьера H :
1 — переменный ток; 2 — постоянный ток

На ряде карьеров в связи с применением автомобильно-железнодорожного транспорта схемы путевого развития на больших глубинах будут значительно упрощены и вместо развитой сети тупиковых заездов на горизонтах будут созданы обменные станции в пунктах перегрузки.

Основное распространение получают различные комбинированные спирально-тупиковые схемы съездов, а при наличии достаточных площадок на горизонтах — петлевые съезды.

В связи с применением мощных локомотивов, состоящих из нескольких тяговых единиц, минимальные радиусы кривых внутри-карьерных путей должны быть не менее 120 м.

С увеличением глубины карьеров важное значение приобретает сохранение больших грузопотоков и высокой пропускной способности транспортных путей.

При железнодорожном транспорте сохранить провозную способность можно увеличением мощности подвижного состава, повышением весовых норм поездов (рис. 17) при одновременном совершенствовании средств СЦБ и связи, организацией движения поездов с частичной реконструкцией путевого развития.

Несмотря на принимаемые меры интенсификации работы железнодорожного транспорта, работающего в комбинации с автомобильным, обеспечить большие грузообороты и сохранить высокую провозную способность железнодорожных путей с увеличением глубины карьеров становится все более и более сложным. Ограниченное рабочее пространство затрудняет размещение обменных пунктов, станций, влияет на увеличение времени оборота локомотивосоставов, приводит к снижению производительности железнодорожного транспорта. Некоторой интенсификации железнодорожного транспорта можно достигнуть за счет увеличения скоростей движения локомотивосоставов, замены локомотивов более мощными (например, электровозов

тяговыми агрегатами), а также за счет увеличения плеча доставки автотранспорта. Однако и эти меры имеют свои технические и экономические ограничения.

§ 2. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Вагоны. При использовании железнодорожного транспорта на открытых горных работах применяются вагоны-самосвалы (думпкары) и полувагоны (гондолы и хопперы).

По конструкции и условиям эксплуатации вагоны-самосвалы делятся на вагоны для легких, средних и тяжелых условий работы. В зависимости от этого и принятой грузоподъемности они бывают четырех-, шести-, восьми- и многоосные. Для легких условий работы при небольших масштабах производства используют вагоны-самосвалы грузоподъемностью до 60 т. Они обычно служат для перевозки горной массы в разрыхленном состоянии плотностью до $2,2 \text{ т/м}^3$. Конструкция несущих элементов этих думпкаров допускает погрузку глыб массой до 2 т, с высоты не более 2 м в кузов, в который предварительно насыпан мелкий материал слоем около 0,3 м.

Для средних условий работы при перевозке горной массы в разрыхленном состоянии плотностью до $2,5 \text{ т/м}^3$ используют думпкары грузоподъемностью до 100—110 т. При этом допускается погрузка глыб массой до 3 т с высоты 2 м, но также с предварительной подсыпкой мелких фракций горной массы на дно кузова.

Для тяжелых условий работы при перевозке тяжелых и крупнокусковых пород и руд применяют думпкары, допускающие погрузку горной массы в разрыхленном состоянии плотностью $2,5\text{--}3 \text{ т/м}^3$, погружаемой экскаваторами с ковшами емкостью до $10\text{--}12,5 \text{ м}^3$. При этом возможна погрузка глыб массой до 5 т с высоты 3 м. Этот тип думпкаров наиболее полно соответствует горнотехническим условиям крупных рудных карьеров значительной глубины, на которых используют мощные выемочно-погрузочные средства (экскаваторы, погрузчики).

Среди думпкаров легкого типа грузоподъемностью 50—60 т на карьерах используют думпкары 4BC-50 и более поздних выпусков 5BC-60 и 6BC-60.

Для средних условий эксплуатации на карьерах еще применяются думпкары грузоподъемностью 80—85 т (Д-80, Д-82, BC-85), а также думпкары грузоподъемностью 100 и 130 т (BC-100 и BC-130).

Для тяжелых условий работы применяются серийно выпускаемые думпкары 2BC-105. В последние годы созданы опытные вагоны-самосвалы ТВС-165 грузоподъемностью 165 т. Они используются для погрузки скальных пород и тяжелых руд плотностью до 3 т/м^3 экскаваторами с ковшами емкостью до $12,5 \text{ м}^3$, а при менее тяжелых рудах — до 16 м^3 . Эти думпкары по сравнению с серийно выпускаемыми имеют принципиально новые, усиленные конструкции нижней и верхней рам, продольных бортов лобовых стенок и настила пола (несу-

ший стальной лист толщиной 45 мм с полиэтиленовой подкладкой).

Современные думпкары — это цельнометаллические вагоны сварной конструкции, состоящие из наклоняющегося кузова, нижней рамы, на которую опирается кузов, и тележек. На тележки в свою очередь опирается нижняя рама. Кузов думпкара состоит из верхней рамы с полом, двух лобовых стенок и двух откидывающихся продольных бортов. Пол, выполненный из листового металла (толщина листа до 12—14 мм), имеет прокладки между листами из дерева, резины или специальных амортизирующих синтетических материалов. Борты открываются автоматически при помощи рычажного механизма, сблокированного с механизмом наклона кузова. На нижней раме укреплены цилиндры для наклона кузова, трубопроводы тормоза и управления наклоном кузова, аппаратура воздушных тормозов и ударно-тяговые приборы. Для думпкаров применяются тележки с нагрузкой от оси на рельс до 320 кН; они оборудуются типовой автосцепкой СА-3, автоматическим тормозом с воздухораспределителем №270-005-1. Техническая характеристика используемых на карьерах думпкаров приведена в табл. 20.

На Калининградском заводе начат выпуск думпкаров 7BC-60. Новый вагон имеет увеличенную высоту бортов. Геометрический объем кузова составляет 32,5 м³. При опрокидывании кузова содержимое выгружается за пределы габарита подвижного состава, исключая дополнительную очистку пути. На этом же заводе освоен выпуск четырехосных думпкаров BC-85 грузоподъемностью 85 т, в которых принята рычажная система открывания бортов, расположенная между внутренним и наружным листами лобовой стенки кузова. Кузов опрокидывается с помощью четырех пневматических цилиндров нетелескопического типа, расположенных по два с каждой стороны. Один из них двойного действия, что обеспечивает принудительное возвращение кузова в поездное положение после разгрузки.

Серийно выпускаемые шестиосные думпкары 2BC-105 грузоподъемностью 105 т построены Калининградским заводом взамен BC-100. В конструкции вагонов 2BC-105 по сравнению с BC-100 усилены несущие элементы шкворневых кронштейнов и верхней рамы. В механизме наклона кузова отсутствует сложная система литых рычагов, что упрощает ремонт и повышает надежность эксплуатации. В поездное положение кузов думпкара возвращается принудительно.

Думпкары 2BC-105 наиболее распространены на большинстве карьеров горнорудной промышленности значительной глубины.

Думпкары BC-130 были выпущены лишь небольшой опытной партией. Применение тележек Уральского вагоностроительного завода УВЗ-11 позволило увеличить их грузоподъемность до 130 т.

В 1979 г. разработан думпкар грузоподъемностью 145 т, предназначенный для перевозки пород плотностью 1,6—1,7 т/м³, — для работы с экскаваторами с ковшами емкостью 12,5 м³. Объем кузова составляет 72 м³. Думпкар запроектирован в трех вариантах. Наиболее предпочтительным из них является вагон с односторонней разгрузкой и поднимающимися бортами.

Таблица 20

Показатели	Вагон-самосвал										
	4BC-50	5BC-60	6BC-60	Д-80	Д-82	BC-85	BC-100	2BC-105	BC-130	TBC-165*	2BC-180
Грузоподъемность, т	50	60	60	80	82	85	100	105	130	165	172
Масса тары, т	30,6	29,4	28,0	39,1	38,8	35	49,5	48,5	50,5	85	67,7
Коэффициент тары	0,612	0,49	0,467	0,49	0,47	0,41	0,495	0,46	0,388	0,51	0,396
Объем кузова, м ³	23,2	26,3	26,7	36,0	36,0	38,0	44,6	48,5	50,0	53,0	58,0
Число осей	4	4	4	4	4	4	6	6	6	8	8
Длина вагона по осям											
автосцепок, мм	12020	11720	11830	14620	14520	12170	16758	14900	15030	17630	17580
База вагона, мм	7500	9500	9600	9600	9600	7750	10200	9340	9340	8120	8120
Размеры кузова, мм:											
ширина сверху	2880	2990	2910	3200	3200	3120	3100	3120	3120	3055	3026
ширина внизу	2524	2610	2610	2870	2870	2622	2624	2622	2622	2600	2552
длина сверху	9720	10016	10140	12640	12640	10530	14400	13395	13395	16130	16216
длина внизу	9230	9516	9620	12300	12300	10120	14056	12986	12986	13660	15556
Высота борта, мм	900	960	980	950	950	1280	1097	1280	1320	1300	1315
Высота вагона (мм)											
от головки рельса до	2560	2868	2716	2850	2850	3180	2907	3226	3226	3220	3285
верха борта пола	1661	1700	—	1900	1900	—	1836	—	—	—	2965
Максимальная шири- на вагона, мм	3200	3275	3210	—	—	3520	3485	3320	3520	—	3660
Угол наклона кузова при разгрузке, градус	45	45	45	50	50	45	45	45	45	45	45
Число цилиндров для разгрузки	4	4	4	4	4	4	6	6	6	8	8
Нагрузка от оси на рельсы, кН	200	220	215	290	296	295	245	250	236	307	295
Нагрузка на 1 м пути, кН	65,4	74,5	73,5	79,0	81,5	96,0	87,5	101,2	115,0	138	133
Габариты	1Т	1Т	1Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т	Т

* Параметры TBC-165 для тяжелых условий работы могут уточняться.

Восьмиосные думпкеры 2ВС-180 грузоподъемностью 172 т имеют меньший коэффициент тары по сравнению с другими отечественными вагонами. Небольшая длина думпкера ТВС-165 (рис. 18) при его повышенной грузоподъемности позволяет заметно уменьшить длину состава поезда при увеличении его массы. Это качество думпкеров положительно сказывается при их эксплуатации в глубоких карьерах, особенно при ограниченных длинах стационарных путей, обменных пунктов и т. д.

Механизм наклона кузова вагона имеет восемь (по четыре с каждой стороны) пневматических нетелескопических цилиндров. Принято принудительное закрывание продольных бортов, для чего два средних разгрузочных цилиндра выполнены как цилиндры двойного действия. Каждая четырехосная тележка состоит из двух двухосных тележек, скрепленных соединительной балкой. Выпускаемые в последние годы думпкеры для обеспечения безопасности движения оборудуются электрической проводкой для подключения приборов звуковой и световой сигнализации, а также устройствами, обеспечивающими автоматическую передачу информации на локомотив о результатах произведенного сокращенного опробования тормозов и сработки автостопа при сходах.

Системы управления и устройства разгрузочных механизмов думпкеров предназначены для индивидуальной разгрузки каждого вагона. Вагоны могут быть также изготовлены с учетом применения системы одновременной разгрузки всего состава или его части. Часть думпкеров по требованию заказчика может иметь ручной тормоз и тормозную площадку. Для работы в глубоких карьерах на крутых

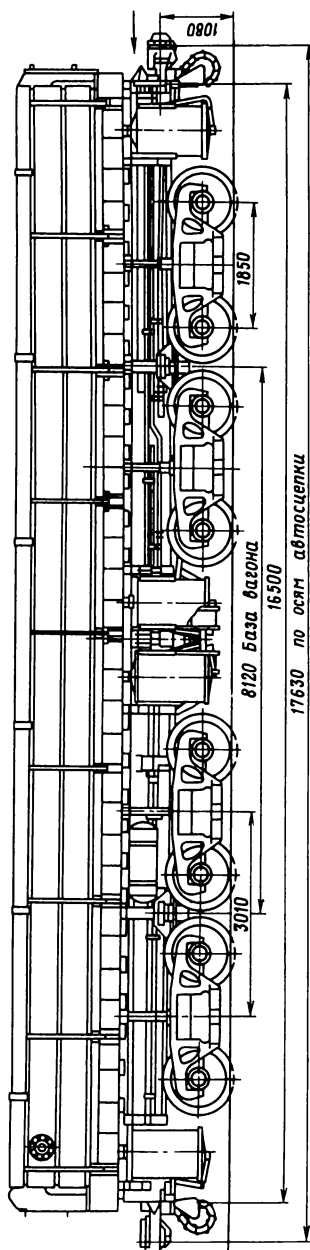


Рис. 18. Думпкер ТВС-165 грузоподъемностью 165 т

уклонах до 60 % и более думпкары оборудуются быстродействующими пневматическими тормозами специальных конструкций (воздухораспределители ускоренного действия).

Предполагается изготовление думпкаров повышенной прочности (применение специальных сталей) и большой грузоподъемности (табл. 21), предназначенных для перевозки скальных пород и тяжелых руд и рассчитанных на погрузку глыб массой 5, 8 и 10 т с высоты 2—3 м без подсыпки защитного слоя из мелких фракций.

Применение думпкаров новых типов требует усиления верхнего строения железнодорожных путей с укладкой на постоянных участках железобетонных и металлических шпал. Передвижные пути укладываются на скальное основание при усиленной эпюре шпал и рельсах Р-65 и Р-75, они обеспечивают нормальную эксплуатацию подвижного состава с осевыми нагрузками до 350 кН при скоростях движения до 35 км/ч.

Таким образом, для транспортирования различных пород и полезных ископаемых с учетом конструктивных особенностей могут быть рекомендованы следующие типы думпкаров:

1) для перевозок мягких пород и полезных ископаемых плотностью, не превышающей $2,2 \text{ т/м}^3$, думпкары грузоподъемностью 60—180 т;

2) для перевозки полускальных пород и руд плотностью до $2,5 \text{ т/м}^3$ думпкары грузоподъемностью 85—180 т с условием оснащения их ударопрочной конструкцией пола;

3) для перевозки тяжелых пород и руд плотностью $2,5\text{--}3 \text{ т/м}^3$ специальные думпкары грузоподъемностью 100—200 т.

За рубежом для перевозки горной массы в карьерах большой глубины также преимущественно используются вагоны-самосвалы и весьма редко полувагоны. На карьерах США при работе одноковшовых экскаваторов применяются думпкары тяжелой конструкции фирм "Магор", "Вестерн" и других, способные выдерживать большие ударные нагрузки крупных кусков скальных пород. Благодаря применению качественных сталей коэффициент тары думпкаров снижается до 0,38—0,39. Грузоподъемность выпускаемых в США думпкаров не превышает 90—100 т при максимальной емкости кузова 38 м^3 . Нагрузка на ось достигает 320—350 кН. Думпкары строятся преимущественно четырехосными.

Думпкары, применяющиеся за рубежом на карьерах значительной глубины (табл. 22) — Бингхем (США), Чуквикамата (Чили), Токвепала (Перу), имеют грузоподъемность от 70 до 80 т. Кроме думпкаров на карьере Бингхем руду перевозят в полувагонах грузоподъемностью 87 т, разгружаемых в круговых опрокидах. В конструктивном отношении зарубежные думпкары мало отличаются от думпкаров советского производства. В перспективе не наблюдается какой-либо их модернизации. Сравнительно небольшая глубина других рудных карьеров и невысокая производственная мощность пока не требуют создания вагонов большей грузоподъемности.

Таблица 21

Показатели	Думпкары		
	ТВС-100	ТВС-150	ТВС-200
Грузоподъемность, т	100	150	200
Масса тары (ориентировочно), т	40	60	80
Геометрическая емкость кузова, м ³	38	52	69,5
Коэффициент тары (ориентировочно)	0,4	0,4	0,4
Число осей	4	6	8
Плотность погружаемой скальной горной массы, т/м ³	2,28	2,5	2,5—3
Допустимая масса глыб при погрузке с высоты 2—3 м без подсыпки защитного слоя, т	5	8	10
Рекомендуемая емкость ковша экскаватора, м ³	6,3; 8	8; 10; 12,5	8; 10; 12,5; 16
Система разгрузки	Электрогидравлическая с дистанционным управлением		
Тележки	ДВЗ-35	УВЗ-11А*	МИИТ-УВЗ
Нагрузка от оси на рельсы, кН	350	350	350
Габарит	Т	Т	Т

* С усиленными осями колесных пар.

Таблица 22

Фирма-изготовитель	Грузоподъемность, т	Емкость кузова, м ³	Масса тары, т	Коэффициент тары	Число осей	Нагрузка от оси на рельсы, кН	Длина вагона, мм	Разгрузка
"Магор" (США)	63,5	30,5	42,3	0,665	4	2700	15 000	Односторонняя
	81,6	30,0	34,9	0,430	4	3000	—	Двусторонняя
"Вестерн" (США)	90,0	32,8	34,4	0,438	4	3200	—	То же
	45,4	22,9	28,4	0,624	4	1800	11 330	
	72,0	32,8	36,2	0,502	4	2700	14 474	
"Оренштейн-Коппель" (ФРГ)	91,0	46,0	41,5	0,465	4	3300	—	"
	90,0	114,0	29,0	0,322	4	3000	12 000	Односторонняя
"Линке Гофман" (ФРГ)	182,0	86,0	57,0	0,313	8	3000	—	То же
	180,0	96,0	59,0	0,327	8	3000	14 470	
"Крупп" (ФРГ)	180,0	90,0	60,5	0,336	8	3000	—	
"Мицубиси" (Япония)	200,0	100,0	61,0	0,305	8	3200	—	
	60,0	27,0	37,0	0,620	4	2400	13 100	

§ 3. ТЯГОВЫЕ СРЕДСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Электровозы и тяговые агрегаты. Возрастающие масштабы производства и увеличение глубины большинства крупных карьеров вызвали необходимость переоснащения железнодорожного транспорта и применения мощных электрифицированных тяговых средств. В связи с этим на вновь строящихся и реконструируемых карьерах большой производственной мощности в последние годы стали использовать тяговые агрегаты переменного и постоянного тока.

На основе проведенных в последние годы исследований были установлены наиболее характерные условия применения различных видов современных тяговых средств на карьерах при руководящих уклонах до 40 %.

1. При объемах перевозки 30—40 млн. т и глубине разработки до 150 м применяют электровозы постоянного и переменного тока сцепным весом 1000—1500 кН.

2. При объемах перевозки 40—70 млн. т и глубине разработки до 250 м — тяговые агрегаты постоянного тока сцепным весом 2400—3600 кН.

3. При объеме перевозки 70—100 млн. т и глубине разработки до 250 м — тяговые агрегаты переменного и постоянного тока сцепным весом 2400—3600 кН.

4. При объемах перевозки 100 млн. т и более и глубине разработки 250—350 м — тяговые агрегаты переменного тока сцепным весом 3600 кН.

Таким образом, для карьеров большой глубины наиболее соответствуют мощные тяговые агрегаты переменного тока. Однако на многих предприятиях сравнительно меньшей производственной мощности и глубины в ближайшие годы будут еще применяться работающие на них отечественные и зарубежные электровозы сцепным весом 1000—1500 кН (табл. 23). К их числу относится промышленный электровоз производства ЧССР 13Е и его усовершенствованная модификация 21Е. Они работают на постоянном токе при напряжении контактной сети 1650 В.

Эти электровозы целесообразно использовать на действующих предприятиях при объемах перевозок 15—25 млн. т в год.

Промышленные электровозы постоянного тока ЕЛ-1 (шестиосный) и ЕЛ-2 (четырёхосный) производства ГДР также продолжают эксплуатироваться на наших карьерах. Основное электрическое оборудование и узлы механической части электровозов унифицированы. Электрические схемы силовых цепей и цепей управления аналогичны. Электровоз ЕЛ-1 двухсекционный на трех двухосных сочлененных тележках. Кузов имеет две концевые кабины управления и два коротких склона.

На электровозе установлено шесть тяговых двигателей общей часовой мощностью 2100 кВт. Электровозы ЕЛ-1 могут работать спаренно, что весьма важно при работе на затяжных подъемах в глубоких карьерах.

Таблица 23

Показатели	Электровозы, работающие			
	на постоянном токе		на переменном токе	
	EL-2	EL-1	Д-94	Д-100
Колесная формула	$2_0 + 2_0$	$2_0 + 2_0 + 2_0$	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$
Сцепной вес, кН	980	1500	940	1000
Нагрузки от оси на рельсы, кН	245	250	235	250
Диаметр движущихся колес, мм	1120	1120	1200	1200
Длина по автосцепкам, мм	13770	21320	16400	15460
Высота при опущенном токоприемнике, мм	4660	4660	5256	5120
Минимальный радиус проходимых кривых, м	50	60	80	80
Номинальное напряжение, кВ	1,5	1,5	10,0	10,0
Часовая мощность, кВт	1400	2100	1650	1420
Часовая сила тяги, кН	165	249	200	165
Конструктивная скорость, км/ч	65	65	85	70
Число двигателей	4	6	4	4
Ток тягового двигателя длительного режима, А	205	205	340	265
Удельная мощность, кВт/ч	14,0	14,0	17,5	14,2

Четырехосный электровоз EL-2 имеет одну центральную кабину с двумя постами управления. На нем установлено четыре тяговых двигателя мощностью 1400 кВт. Для их охлаждения наряду с принудительной вентиляцией применима самовентиляция.

На отечественных карьерах работают около 300 электровозов EL-1 и EL-2. Опыт многолетней эксплуатации показывает, что наиболее эффективно они работают при объемах перевозок для EL-1 до 30 млн. т и для EL-2 — до 15—20 млн. т.

Масштабы железнодорожного транспорта, большие пространственные параметры и глубина разработки позволили перейти в крупных карьерах на напряжение в контактной цепи 10 кВ. При этом повышается провозная способность транспортных коммуникаций, увеличиваются весовые нормы поездов, главным образом за счет большего коэффициента сцепления, уменьшаются потери напряжения в сети.

Отечественной промышленностью в 1960 г. были выпущены первые промышленные электровозы переменного тока Д-100 и Д-100М. Вслед за ними была создана модель Д-94, отличающаяся от своих предшественников большей мощностью тягового трансформатора и конструкцией рамы кузова.

Часовая мощность электровоза Д-94 составляет 1650 кВт, удельная мощность — 17,5 кВт/ч. Охлаждение двигателей независимое. Основным недостатком электровоза является отсутствие электри-

ческого торможения. Малый сцепной вес этих электровозов обусловил необходимость применения на карьерах двойной тяги. Дальнейшее производство электровозов Д-94 было прекращено, так как они не могут работать на больших карьерах, а работать по системе многих единиц нецелесообразно из-за большой массы электровозов, что ведет к снижению грузоподъемности локомотивосостава. Эти электровозы применяются на карьерах глубиной не более 200—250 м с объемами перевозок 25—35 млн. т в год.

Развитие открытых горных работ все более убеждало в том, что применяющиеся электровозы не способны обеспечить высокоэффективную работу транспорта при большой производственной мощности карьеров, большой глубине и увеличенных уклонах железнодорожных путей. Это привело к переходу на многих крупных предприятиях на моторвагонную тягу с использованием тяговых агрегатов, кото-

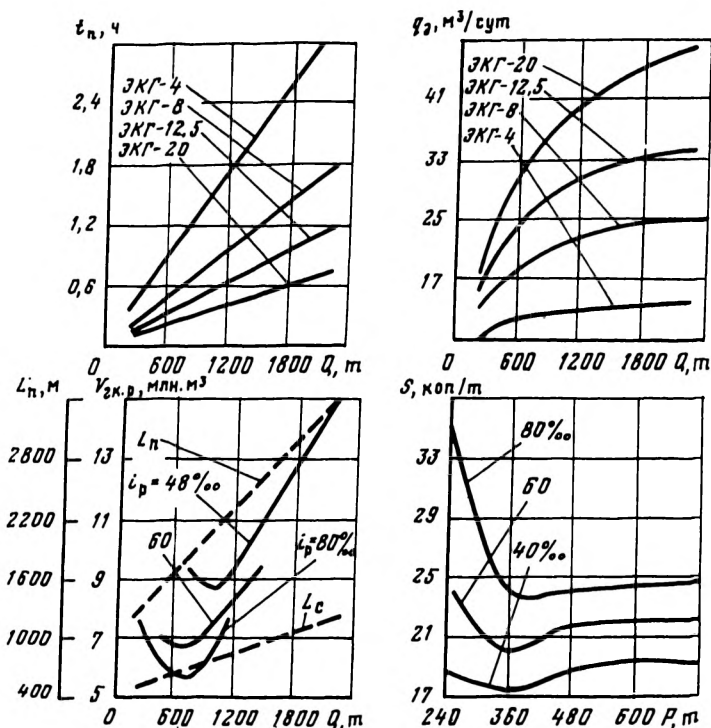


Рис. 19. Эксплуатационные показатели тяговых агрегатов на глубоких карьерах (по М.Л. Цегельнику) :

Q — грузоподъемность поезда, т; g_2 — производительность экскаватора, тыс. м³/сут; t_n — продолжительность погрузки поезда, ч; L_n — длина станционных путей, м; L_c — длина станции, м; i_p — руководящий уклон, ‰; $V_{гк.р}$ — объем горно-капитальных работ, млн. м³; S — приведенные затраты, коп/т; P — сцепная масса локомотива, т

Таблица 23

Технические показатели	Тяговый аппарат EL-10		
	электровоз управления	моторный думпка- р	данные агрегата
Колесная формула	2 ₀ - 2 ₀	2 ₀ - 2 ₀	(2 ₀ - 2 ₀) + + (2 ₀ - 2 ₀) + + (2 ₀ - 2 ₀)
Сцепной вес, кН	1240	1240	3740
Нагрузка от оси на рельсы, кН	310	310	310
Грузоподъемность моторных думпка- ров, т	—	55	110
Диаметр движущихся колес, мм	1120	1120	1120
Длина по автосцепкам, мм	19900	16200	52300
Высота до опущенного токоприем- ника, мм	5015	—	5015
Минимальный радиус проходимых кривых, м		60	
Номинальное напряжение, кВ	10,0	10,0	10,0
Часовая мощность, кВт	1640	1640	4920
Сила тяги, кН	227	227	680
Скорость конструктивная, км/ч	50,0	50,0	50,0
Автономный источник питания	Дизель М753 установлен на электровозе управления		
Число тяговых двигателей	4	4	12
Ток тягового двигателя длительный, А	445	445	445
Удельная мощность, кВт/ч	—	—	13,2

рые позволяют не только реализовать необходимое тяговое усилие, за счет собственной массы, но и за счет количества горной массы, находящейся в кузовах моторных думпкаров (рис. 19).

В 1957 г. на Коркинском угольном разрезе был построен и испытан первый образец моторного вагона. С 1966 г. начали поступать из ГДР тяговые агрегаты EL-10 переменного тока, которые до сих пор продолжают работать на ряде наших крупных карьеров (Качканарский, Кальмакырский и др.).

Агрегат EL-10 (табл. 23) состоит из четырехосного электровоза управления и двух четырехосных моторных думпкаров. Работает агрегат на переменном напряжении в контактной цепи 10 кВ, с источником автономного питания мощностью 550 кВт, расположенным на локомотиве.

Дизель-генераторная установка на локомотиве имеет недостаточную мощность дизеля для движения с необходимыми скоростями по забойным и отвальным путям. Кроме того, размещение установки на электровозе управления значительно ухудшает условия работы локомотивной бригады.

Отечественной электровозостроительной промышленностью налажено серийное производство тяговых агрегатов постоянного тока ПЭ-2М и переменного тока ОПЭ-1, ОПЭ-2 и ОПЭ-1А (табл. 24).

Тяговый агрегат ПЭ-2М (рис. 20) является базовой моделью для всех намечающихся к выпуску тяговых агрегатов постоянного тока.

Показатели	Тяговые агрегаты						
	постоянного тока						
	ПЭ-2М			ОПЭ-1			
	ЭУ	МД	Параметры агрегата	ЭУ	МД	АИП	Параметры агрегата
Колесная формула	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$	$3(2_0 - 2_0)$	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$	$3(2_0 - 2_0)$
Сцепной вес, кН	1200	1240	3680	1200	1200	1200	3600
Нагрузка от оси на рельсы, кН	300	310	—	300	300	300	300
Диаметр движущихся колес, мм	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Длина по автосцепкам, мм	19306	16002	51306	19130	18760	18460	55160
Высота при опущенном токоприемнике, мм	5270	—	5270	5270	—	—	5270
Минимальный радиус проходимых кривых, м	60	60	80	60	60	60	60
Номинальное напряжение, кВ	1,5/3,0	1,5/3,0	1,5/3,0	10	10	10	10
Часовая мощность, кВт	847/1810	847/1810	2540/5420	2160	2160	2160	6480
Часовая сила тяги, кН	242	242	728	270	270	270	810
Часовая скорость движения, км	12,8/27,3	12,8/27,3	12,8/27,3	28,5	28,5	28,5	28,3
Мощность дизеля, кВт	—	—	—	—	—	1472	1472
Грузоподъемность моторного думпкара, т	—	45	90	—	45	—	45
Число двигателей	4	4	12	4	4	4	12
Удельная мощность агрегата, кВт/ч	—	—	8/16,5	—	—	—	18,0

Колесная формула	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$	$3(2_0 - 2_0)$	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$	$2_0 - 2_0$	$3(2_0 - 2_0)$
Сцепной вес, кН	1240	1240	3720	1240	1240	1240	3720
Нагрузка от оси на рельсы, кН	310	310	310	310	310	310	310
Диаметр движущихся колес, мм	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Длина по автосцепкам, мм	19302	16002	51306	19302	16002	16202	51506
Высота при опущенном токоприемнике, мм	5270	—	5270	5270	—	—	5200
Минимальный радиус проходимых кривых, м	60	60	80	80	80	80	80
Номинальное напряжение, кВ	10	10	10	10	10	10	10
Часовая мощность, кВт	—	—	5600	—	—	—	6780
Часовая сила тяги, кН	—	—	700	—	—	—	980
Часовая скорость движения, км	29	29	29	25,4	25,4	25,4	25,4
Мощность дизеля, кВт	—	—	—	—	—	1104	1104
Грузоподъемность моторного думпкара, м	—	45	90	—	45	—	45
Число двигателей	4	4	12	4	4	4	12
Удельная мощность агрегата, кВт/ч	—	—	15,0	—	—	—	18,2

Примечание. ЭУ — электровоз управления; МД — моторный думпкара; АИП — автономный источник питания.

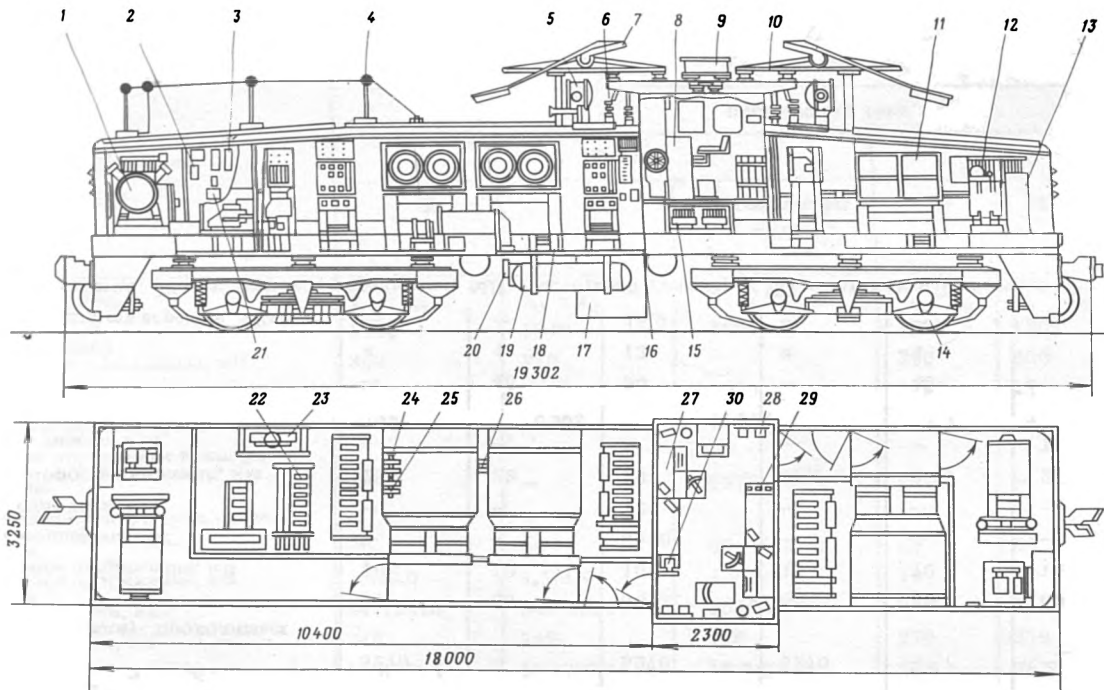


Рис. 20. Тяговый вагон ПЭ-2М:

1 — двигатель-компрессор; 2 — счетчик электроэнергии; 3 — блок реле; 4 — радиостанция; 5 — прожектор; 6 — панель резистора, 7 — токоприемник боковой; 8 — контроллер машиниста; 9 — дроссель помехоподавления; 10 — токоприемник центральный; 11 — блок пускаторных резисторов; 12 — двигатель-компрессор токоприемника; 13 — двигатель-вентилятор; 14 — тележка; 15 — аккумуляторная батарея; 16 — реле максимального напряжения; 17, 26 — резисторы демпферные; 18 — шунт индуктивный; 19 — главный резервуар; 20 — двигатель-генератор; 21 — реле дифференциальное; 22 — блок силовых аппаратов; 23 — быстродействующий выключатель; 24 — отделитель единиц; 25 — отключатель двигателей; 27 — пульт управления; 28 — печь электрическая; 29 — блок переключателей; 30 — кнопки ручного тормоза

Тяговый агрегат состоит из четырехосного электровоза управления и двух четырехосных моторных думпкаров. Кузов электровоза управления имеет кабину машиниста, несколько смещенную вперед. В кабине размещены два поста управления, расположенные с правой стороны по ходу движения. Для улучшения видимости с любого поста управления кабина уширена по отношению к скосам кузова. Тележки электровоза управления и моторных думпкаров унифицированы. Моторные думпкары имеют верхнее расположение цилиндров опрокидывания по торцам кузова.

Схемой тягового агрегата предусматривается несколько режимов работы при напряжении в контактной сети 1500 и 3000 В. В том числе последовательное и последовательно-параллельное соединение тяговых двигателей каждой единицы агрегата, электрическое реостатное торможение с самовозбуждением тяговых двигателей и режим медленного хода при последовательно соединенных тяговых двигателях.

Кроме того, каждая тяговая единица может работать отдельно при управлении ею с электровоза управления, медленный ход обеспечивается также при отключении одного из моторных думпкаров, наконец, возможна работа тягового агрегата при неисправной одной из тяговых единиц или пары тяговых двигателей электровоза управления. Регулирование скорости ступенчатое. Мощность реостатного тормоза рассчитана на спуск при равномерной скорости по уклону до 60 %. Пневматические тормоза рассчитаны на остановку груженого поезда в пределах нормативного тормозного пути 300 м при скорости движения 25—30 км/ч на уклоне 40 ‰, а при совместном использовании пневматического и электромагнитного рельсового тормозов — на уклоне 60 ‰.

На агрегате применен ряд новых систем и устройств, повышающих безопасность движения и способствующих производительной работе и комфортным условиям труда: автостоп и устройство безопасности на случай потери машинистом способности управлять поездом, система дистанционного переключения сигналов на хвосте поезда с контролем обрыва или короткого замыкания в цепях, система дистанционной проверки тормозов, устройство автоматического контроля напряжения в контактной сети, устройство аварийной остановки поезда при сходе с рельсов электровоза или думпкаров, дистанционное устройство разгрузки думпкаров из кабины машиниста и др.

Опыт эксплуатации тяговых агрегатов ПЭ-2М показал, что использование их наиболее рационально в составе электровоза управления и одного моторного думпкара (сцепной вес агрегата 2400 кН) на карьерах с объемами перевозок 40—70 млн. т, а с двумя моторными думпкарами (сцепной вес агрегата 3600 кН) на предприятиях, где объем перевозок достигает 90—100 млн. т. Последнее сочетание единиц в тяговом агрегате соответствует карьерам с глубиной разработки до 300 м и более при уклонах до 60 %

С 1969 г. начат выпуск тяговых агрегатов ОПЭ-1 переменного тока промышленной частоты с номинальным напряжением сети 10 кВ.

Тяговый агрегат ОПЭ-1 состоит из электровоза, дизельной секции (мощностью 1472 кВт) и одного моторного думпкара. Электровоз управления имеет кузов с концевым расположением кабины машиниста. Для обеспечения питания тяговых двигателей в электровозном режиме на электровозе управления установлен преобразовательный агрегат, состоящий из силового трансформатора, группового переключателя и двух выпрямительных установок, собранных из кремниевых вентилей. Каждая выпрямительная установка питает группу из шести параллельно включенных тяговых двигателей. Дизельная секция может работать как в составе тягового агрегата, так и самостоятельно.

Источник автономного питания имеет мощность дизеля 1472 кВт, которая обеспечивает работу тягового агрегата на любых участках передвижных путей с установленными скоростями, при наибольшей массе поезда, определенной по условиям движения на руководящем подъеме 40 ‰. Тяговый агрегат ОПЭ-1 имеет существенные недостатки: неудачное размещение кабины и кузова, большая длина агрегата, затрудняющая круговой обзор и наблюдение при погрузке и разгрузке состава, а также необходимость перехода из кабины в кабину при изменении направления движения.

Тяговый агрегат ОПЭ-2 переменного тока (10 кВ) состоит из электровоза управления и двух моторных думпкаров. Он является первым отечественным промышленным агрегатом с плавным тиристорным регулированием в

режимах тяги и реостатного торможения.

Конструкция механической части, а также устройства и системы, необходимые для работы на карьерных путях, унифицированы с тяговым агрегатом ПЭ-2М.

Тяговый агрегат переменного тока ОПЭ-1А также предназначен для работы в карьерах при напряжении контактной сети 10 кВ. Агрегат состоит из электровоза управления, моторного думпкара и моторной дизельной секции. На моторной секции установлен дизель-генератор 18ДГ с регулируемой мощностью от 883 до 1104 кВт.

Управление агрегатом в автономном и контактном режимах осуществляется из электровоза управления.

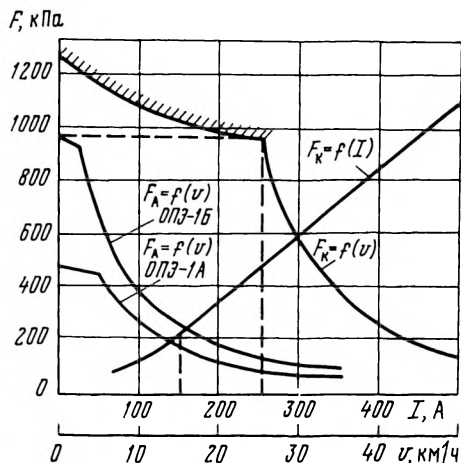


Рис. 21. Тяговые и скоростные характеристики модификации агрегата ОПЭ-1:

$F_k = f(I)$ — тяговая характеристика тяговых агрегатов (аналогична для ОПЭ-1А, ОПЭ-1Б);
 $F_k = f(I)$ — токовая характеристика тяговых агрегатов;
 $F_A = f(v)$ — тяговая характеристика агрегата ОПЭ-1Б в автономном режиме;
 $F_A = f(v)$ — тяговая характеристика агрегата ОПЭ-1А в автономном режиме

Таблица 25

Параметры	Тяговые агрегаты			
	ОПЭ-1Б	ПЭЗТ	МВЭП	КЭП
Ширина колеи, мм	1520	1520	1520	1520
Расстояние между осями автосцепок, м	54,6	54,6	109,2	140,0
Максимальный подъем пути, ‰	60	60	228	270
Ток	Переменный	Постоянный	Переменный	
Напряжение в контактной сети, кВ	10,0	3/1,5	10,0	10,0
Контактный режим				
Мощность касательная, кВт	6780	6780	24 200	14 500
Сила тяги, кН	980	980	3090	2050
Скорость, км/ч	25,4	25,4/17,2	28,8	26,0
Автономный режим				
Мощность дизеля, кВт	1472	1472	2208	—
Сила тяги (кН), развиваемая при скоростях, км/ч:				
10	350	350	520	—
15	250	250	370	—
20	170	170	250	—
Электрическое торможение				
Мощность касательная, кВт	4500	4500	16 400	10 400
Тормозная сила (максимальная), кН	920	920	3000	1900
Грузоподъемность поезда при максимальном подъеме, т	780	780	800	420

Тяговый агрегат ОПЭ-1А полностью унифицирован с тяговым агрегатом ОПЭ-2, а их моторные думпкары одинаковы и взаимозаменяемы, отличие состоит только в том, что ОПЭ-1А имеет моторную секцию. Недостатком устройств ОПЭ-1А является наличие слабых ударно-цепных устройств.

Наряду с серийно выпускаемыми тремя типами тяговых агрегатов: агрегатом постоянного тока ПЭ-2М и агрегатами переменного тока ОПЭ-2 и ОПЭ-1А, созданы еще два типа тяговых агрегатов: переменного тока ОПЭ-1Б и постоянного тока ПЭ-ЗТ, наиболее отвечающие требованиям современных крупных и глубоких карьеров (табл. 25). Все тяговые агрегаты выпускаются в трехсекционном, двенадцатисекционном исполнении, но по специальному заказу могут поставляться в двух- или односекционном исполнении соответственно с восьмью и четырьмя движущими осями.

Тяговые характеристики агрегатов ОПЭ-1Б, ОПЭ-1А показаны на рис. 21. Агрегат состоит из электровоза управления, моторной дизельной секции и моторного думпкара. Он оборудован двумя центральными и двумя боковыми токоприемниками. Регулирование на-

пряжения при тяге и реостатном торможении плавное. Регулятор напряжения состоит из тягового трансформатора, главного контролера, блоков полупроводниковых выпрямителей и сглаживающих дросселей. Тяговый трансформатор преобразует напряжение питания 10 кВ в регулируемое четырьмя ступенями напряжение тяговой цепи 450—1900 В. Блок полупроводниковых выпрямителей преобразует переменный ток в постоянный и плавно регулирует напряжение путем изменения угла открытого состояния тиристорov. Внедрение плавного регулирования напряжения на зажимах тяговых двигателей позволило на 10—15 % увеличить устойчиво реализуемую силу тяги, а следовательно, и массу поезда по сравнению с тяговыми агрегатами ОПЭ-1 и EL-10, имеющими ступенчатое регулирование напряжения. В отличие от тягового агрегата ОПЭ-1А на моторной дизельной секции агрегата установлен дизель-генератор 2-26ДГ, состоящий из дизеля 1-2Д49 мощностью 1472 кВт и синхронного шестифазного тягового генератора ГС-515 мощностью 1310 кВт. Для выпрямления переменного тока генератора применен шестифазный неуправляемый кремниевый выпрямитель. Напряжение постоянного тока регулируется от 120 до 750 В изменением частоты вращения дизеля и тока возбуждения тягового генератора.

Применение более мощного дизель-генератора и вентиляции электрооборудования как в контактном, так и в автономном режиме позволяет увеличить допустимый подъем неэлектрифицированных железнодорожных путей на 20—25 % и использовать тяговые агрегаты ОПЭ-1Б для вывозки горной массы из карьеров глубиной до 300—350 м

На базе механической части тягового агрегата ПЭ-2М в последнее время создан тяговый агрегат ПЭЗТ. Тяговый агрегат ПЭЗТ постоянного тока напряжением 3000 и 1500 В, состоит из электровоза управления, моторной дизельной секции и моторного думпкара. Моторная дизельная секция и моторный думпкар агрегатов ПЭЗТ и ОПЭ-1Б одинаковые.

На тяговом агрегате ПЭЗТ впервые в практике электровозостроения применено плавное тиристорно-импульсное регулирование напряжения при постоянном параллельном соединении тяговых двигателей, что позволяет увеличить устойчиво реализуемую силу тяги на 20—25 % по сравнению с тяговым агрегатом ПЭ-2М, имеющим ступенчатое контактно-реостатное регулирование напряжения и последовательно-параллельное соединение тяговых двигателей.

Схема реостатного торможения агрегата аналогична схеме тягового агрегата переменного тока.

При работе тягового агрегата от контактной сети напряжением 1500 В производится переключение коммутирующих конденсаторов с попарно-последовательного соединения на параллельное. При этом сила тяги агрегата сохраняется, а скорость движения снижается на 30 %. Схема и электрооборудование вспомогательных машин агрегата ПЭЗТ аналогичны схеме и электрооборудованию тягового агрегата ПЭ-2М.

Исследования применения линейных двигателей на локомотивах, проводимые в СССР и за рубежом, показали, что при определенном конструктивном исполнении можно получить при бесконтактном электромагнитном воздействии элементов линейного двигателя, расположенных на подвижном составе и уложенных в путь, тяговое усилие до 40—50 кН. Это позволяет транспортировать горную массу из карьеров при подъемах пути капитальных траншей до 250—300 %.

При этом исключаются силы сцепления при создании силы тяги и торможения, увеличиваются сила тяги и мощность привода, отсутствуют механические передачи и вращающиеся части, уменьшается износ рельсов и колес, возможно питание от стационарных электрических сетей, достигается бесшумность и безопасность работы. На основе исследований были предложены два варианта тяговых средств с линейными двигателями: моторвагонный поезд МВЭП, состоящий из пяти-семи восьмиосных думпкаров грузоподъемностью 140 т и локомотива управления с источником автономного питания мощностью 1472—2208 кВт, и конвейерный железнодорожный электропоезд КЭП (см. табл. 25), состоящий из сочлененных вагонов, разгружающихся на специальные эстакады. Для глубоких карьеров наиболее приемлемы моторные поезда, которые предназначаются для вывозки горной массы из карьеров производственной мощностью свыше 80—100 млн. т в год. Тяга линейными двигателями осуществляется только по капитальной траншее, на остальных участках пути — локомотивом. Преодолеваемые участки в траншеях могут достигать 200 — 220%.

В практике открытых горных работ за рубежом не применяются крупные электрифицированные средства тяги.

В настоящее время основными странами производителями тяговых средств, являются США (фирма "Дженерал Моторс", "Дженерал Электрик"), ФРГ (фирмы "Крупп", "Хеншель", "Макк"), Япония (фирмы "Хитачи", "Мицубиси").

В карьерах за рубежом в качестве тяговых средств применяют электровозы, дизель-электровозы, тепловозы и самоходные вагоны. В последнее время используется преимущественно электрическая тяга, позволяющая использовать железнодорожный транспорт на более глубоких горизонтах, чем при тепловозной тяге, что объясняется возможностью преодоления электровозами больших руководящих уклонов в выездных траншеях карьеров. Кроме того, электрическая тяга более экономична и особенно предпочтительна в условиях острого энергетического кризиса.

На карьерах США применяются в основном электровозы постоянного тока, реже переменного тока со сцепным весом 850—1250 кН с нагрузкой на ось 312 кН, работающие с четырехосными вагонами с нагрузкой на ось 320—350 кН. В последнее время наблюдается увеличение числа дизель-электрических локомотивов со сцепным весом 1250 кН. Мощность дизель-генераторной установки составляет 25—40 % мощности электровоза. Карьерные электровозы оборудуются тяговыми двигателями часовой мощностью до 590—660 кВт. Карьерные локомотивы имеют два, четыре и шесть осей.

Среди тяговых средств, используемых за рубежом, интересны самоходные моторные вагоны грузоподъемностью до 160 т с электрическим или дизельным приводом. В ФРГ эксплуатируются самоходные вагоны с дизельным приводом грузоподъемностью 80 т, вместимостью кузова 35 м³, массой 50 т. В США самоходные моторные вагоны на постоянном токе имеют грузоподъемность до 120 т.

В последние годы особое внимание на карьерном железнодорожном транспорте уделяется введению новых принципов и методов организации работы, средств вычислительной техники, управляющих машин, систем телеуправления и автоматизации. Полная автоматизация, дистанционное управление, счетно-решающие устройства для опознавания вагонов, улавливающие устройства для регулирования скорости вагонов, автоматические весы для взвешивания вагонов на ходу и группировках их в составы — далеко не полный перечень нововведений на карьерном железнодорожном транспорте.

На карьерах США, Канады автоматизирована значительная часть операций: загрузка, взвешивание и разгрузка вагонов, отбор проб руды, маркировка и считывание номеров вагонов, оформление путевых документов и др. Дистанционное управление движением поездов осуществляется по радио, по кабелям системой фотоэлементов, а также аппаратурой "Автомашинист", установленной на локомотивах.

Все больше применяются радиоуправляемые локомотивы, работающие в зоне прямой видимости оператора, управляющего их перемещением.

На основе известных уравнений движения и их преобразований масса прицепной части поезда

$$m_{\Pi} = m_{\text{лок}} \left\{ \frac{100g\psi_p - \left(\frac{1000a}{\epsilon} + w_{\text{лок}} + ig\right)}{\frac{1000a}{\epsilon} + w_{\Pi} + ig} \right\}, \quad (25)$$

где $\frac{1}{\epsilon} = (1 + \gamma)$ — коэффициент, характеризующий удельную силу, расходуемую для разгона вагона; g — ускорение свободного падения, м/с²; $w_{\text{лок}}$, w_{Π} — удельное сопротивление движению соответственно локомотива, поезда, Н/т; a — ускорение, м/с²; i — уклон трассы, ‰.

В карьерных условиях при небольших скоростях движения $w_{\text{лок}} = w_{\Pi} = w$. Значения $\frac{1}{\epsilon}$, a и w могут принимать следующие значения:

$\frac{1}{\epsilon}$	a , м/с ²	w , Н/т	ψ_p
----------------------	------------------------	-----------	----------

1. Трогание и разгон

поезда на руководящем

подъеме 1,1 0,05 30 0,230—0,265

2. Руководящий подъем

преодолевается с ходу — 0 30 0,245—0,265

При этом формула (25) может быть упрощена

$$m_{\Pi} = m_{\text{лок}} = \left[\frac{1000g\psi}{\frac{1000a}{\epsilon} + w + ig} - 1 \right]. \quad (26)$$

Таблица 26

Условие преодоления руководящего подъема	Число сек- ций в тяго- вом агре- гате	Тяговые агрегаты				Тяговые агрегаты с параллель- ным соеди- нением дви- гателей	
		постоянного тока		перемен- ного тока			
		$i =$ $= 40\%$	$i =$ $= 60\%$	$i =$ $= 40\%$	$i =$ $= 60\%$	$i =$ $= 40\%$	$i =$ $= 60\%$
Трогание и разгон поезда на руководящем подъеме	2	895	565	970	615	1100	710
	3	1340	845	1450	925	1655	1065
Руководящий подъем преодолевается только с ходу	2	1130	695	1235	770	1280	795
	3	1695	1045	1855	1150	1915	1190

Масса тяговых агрегатов $m_{\text{лок}}$ в зависимости от числа секций в агрегате принимается: при двух секциях 240—250 т; при трех секциях 360—372 т.

Минимальные весовые нормы прицепной части поезда (в т) для тяговых агрегатов приведены в табл. 26. В благоприятных условиях они могут быть увеличены на 12—15 %.

§ 4. ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ КОММУНИКАЦИИ И ИХ УСТРОЙСТВО

Характерные для глубоких карьеров высокие осевые нагрузки подвижного состава, большие уклоны, многочисленные кривые участки с малыми радиусами, значительные грузонапряженности железнодорожных путей являются главными факторами, определяющими конструкцию верхнего строения пути.

Несоответствие прочности верхнего строения воздействующим нагрузкам приводит к быстрому выходу из строя отдельных его элементов; большие осевые нагрузки в сочетании с высокой грузонапряженностью способствуют интенсивному накоплению в пути остаточных деформаций; кривых малых радиусов происходит ускоренный боковой износ рельсов и самопроизвольное уширение колеи; на уклонах 60—80 % появляются большие продольные силы, вызывающие угон пути. Успешное предупреждение перечисленных вредных последствий достигается правильным выбором конструкции железнодорожного пути.

Тип рельса является важнейшей характеристикой верхнего строения пути. Он выбирается в зависимости от грузонапряженности пути и осевой нагрузки подвижного состава.

Для постоянных путей при грузонапряженности до 40 млн. т·км/км брутто в год и осевых нагрузках 300—350 кН применяют рельсы Р65. Для путей с большей грузоподъемностью — рельсы Р75. Если грузонапряженность менее 25 млн. т·км/км и осевые нагрузки меньше 300 кН, то наряду с рельсами Р65 используют и рельсы Р50.

Рельсы, как правило, имеют длину 12,5 и 25 м; на протяженных прямых участках возможно сооружение бесстыкового пути из сварных плетей длиной до 400—800 м. На кривых участках пути укладываются объемнозакаленные рельсы, которые изнашиваются в 1,5—2,0 раза медленнее обычных.

Наиболее распространенными подрельсовыми основаниями являются деревянные и железобетонные шпалы. Для железнодорожных путей глубоких карьеров используют как железобетонные, так и деревянные шпалы, которые экономичнее железобетонных для участков с небольшой грузонапряженностью (менее 10 млн. т·км/км брутто в год) и сроком службы менее 10—15 лет.

Деревянным шпалам присущи такие ценные качества, как упругость, диэлектричность, небольшая масса, простота установки с помощью шурупных и костыльных крепежителей. Эти шпалы легко изготовить, их можно сравнительно легко заменить на другой тип; они обеспечивают достаточное сопротивление сдвигу в балласте.

Главный недостаток деревянных шпал — малый срок службы — устраняется их пропиткой антисептиками, предохраняющими от загнивания.

При правильном текущем обслуживании деревянные шпалы успешно эксплуатируются в глубоких карьерах на участках обращения подвижного состава с осевыми нагрузками 300—350 кН без интенсивного механического разрушения. В этом случае срок службы шпал определяется их способностью противостоять гниению. Непропитанные шпалы загнивают через три-четыре года, пропитанные хлористым цинком служат в карьерах пять-семь лет, а пропитанные креозотом — восемь-девять лет.

Применяемые на деревянных шпалах промежуточные костыльные скрепления не вполне соответствуют условиям работы железнодорожного пути в глубоких карьерах. Основными преимуществами таких скреплений являются их простота и сравнительно небольшая масса. К недостаткам относятся неплотное прилегание к шпалам подкладок, что способствует их вибрации и повышенному механическому износу шпал, а также низкая сопротивляемость угону. Дополнительная установка противоугонов частично устраняет последний недостаток, но не вполне экономична (увеличивается расход материала, за противоугонами требуется постоянный уход).

Промежуточные костыльные скрепления смешанного типа в комплекте с пружинами противоугонами рекомендуются только для путей с уклонами не более 40‰, костыльные нераздельные скрепления не применяются.

Для путей с уклонами 60—80‰ на деревянных шпалах применяют шурупные раздельные скрепления типа КД и им подобные по противоугонным характеристикам. Кроме того, шурупные скрепления значительно меньше разрушают древесину шпал подкладками.

Менее жесткий путь на деревянных шпалах (по сравнению с железобетонными) при взаимодействии с ходовыми частями подвижного

состава способствует смягчению динамических нагрузок, особенно в зоне рельсовых стыков, а следовательно, и удлинению сроков службы ходовых частей.

Конструкция узла скрепления на железобетонных шпалах затрудняет, а порой и не позволяет эксплуатацию пути с железобетонными шпалами на кривых участках. Гораздо экономичнее укладка деревянных шпал на кривых радиусами менее 300—350 м; конструкция шпалы и скрепления позволяет установить любую ширину колеи.

Число деревянных шпал на 1 км пути обычно равно 1840; на кривых радиусами 300 м и менее оно увеличивается до 2000—2240.

В глубоких карьерах возможно применение шпал I, II и III типа, но предпочтение следует отдать шпалам I типа, использование которых не только уменьшает расход балластного материала (требуется меньшая его толщина, чем при шпалах II и III типа), но и повышает поперечную и продольную устойчивость пути; при недостаточной ус-

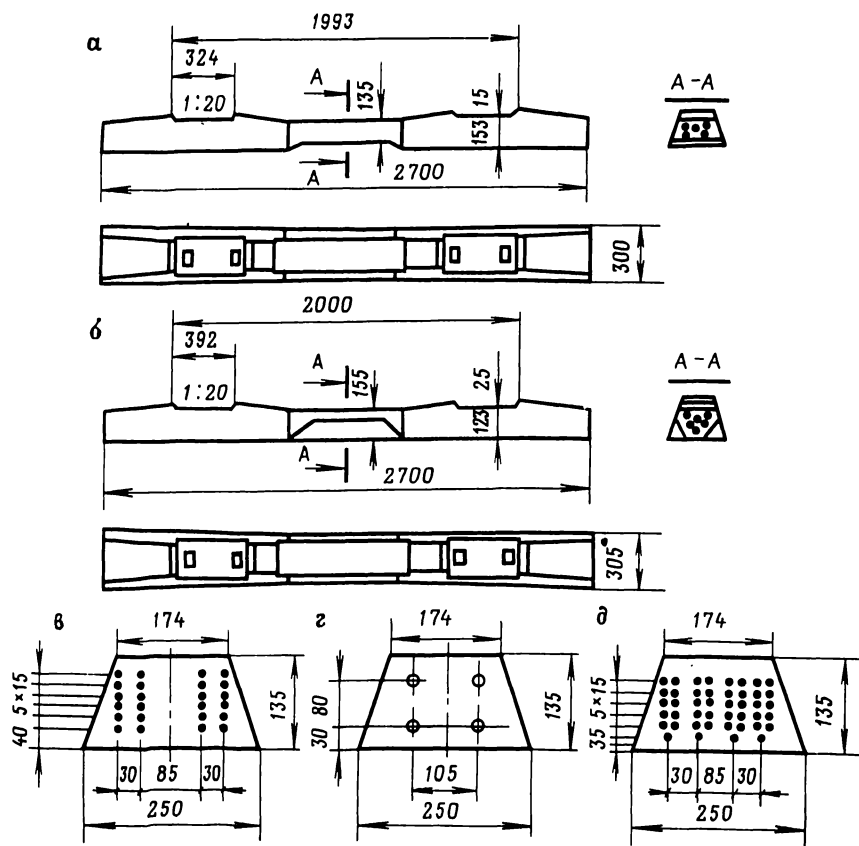


Рис. 22. Железобетонные шпалы:

а — С56-2; б — С56-2М; в — сечение шпалы, I вариант; г — то же, II вариант; д — то же, III вариант

Таблица 27

Вариант конструкции шпалы С56-2	Арматура						Марка бетона
	Вид, диаметр	Число проволок	Площадь сечения проволоки, см ²	Масса арматуры, кг	Предварительное напряжение, кН/см ²	Общая сила предварительного напряжения, кН	
I	Высокопрочная проволока, 3 мм	44	3,11	6,53	117	364	500
I	Высокопрочная проволока, 5 мм	24	4,70	9,98	110	517	500
II	Семипроволочные пряди П-7, 15 мм	7x4	5,49	11,64	97,5	535	500
III	Высокопрочная проволока, 5 мм	44	3,11	6,53	135	420	600

тойчивости шпал возможен угон не только рельсов по шпалам, но и всей рельсо-шпальной решетки по балласту.

Толщина балластного слоя для шпального основания зависит от грузонапряженности пути, а также несущей способности грунтов земляного полотна. При скальных породах толщина балласта 20—25 см является достаточной для пути любой грузонапряженности. На слабых мягких породах толщина балласта увеличивается до 35—45 см.

Лучшими балластными материалами являются щебень и сортированный гравий. Песок и ракушечные отложения следует употреблять преимущественно в качестве суббалласта (подстилающего слоя), создание которого приводит к экономии щебня. При выборе типа балласта учитывается наличие местных ресурсов балластных материалов.

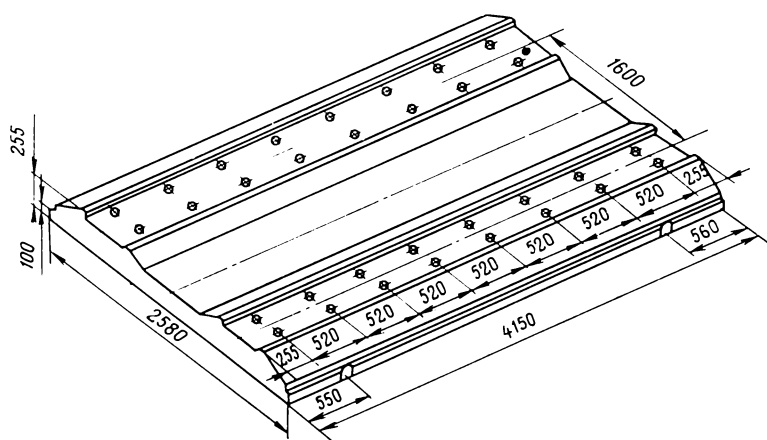


Рис. 23. Плита ПЖДК-72

Использование железобетонных шпал на глубоких карьерах целесообразно, в первую очередь, на участках бесстыкового пути, а также главных станционных и соединительных путях звеньевое типа со сроком службы 15 лет и более и расчетной грузонапряженностью 10 млн. т·км/км брутто в год и более.

При осевых нагрузках подвижного состава до 250 кН (скорость движения до 40 км/ч) и осевых нагрузках до 300 кН (скорость движения до 25 км/ч) применяют шпалы С56-2 или С-56-2М (с клиновидной средней частью), которые имеют преимущество перед первыми, так как клиновидная опора в середине снижает растягивающие напряжения в бетоне и повышает трещиностойкость шпалы.

Если осевые нагрузки или скорости движения превышают указанные, то должны применяться шпалы специальной конструкции, имеющие более высокие прочностные показатели.

В Свердловском горном институте разработаны три новых вида шпал (рис. 22), которые предназначены для постоянных железнодорожных путей карьеров и рассчитаны на обращение подвижного сос-

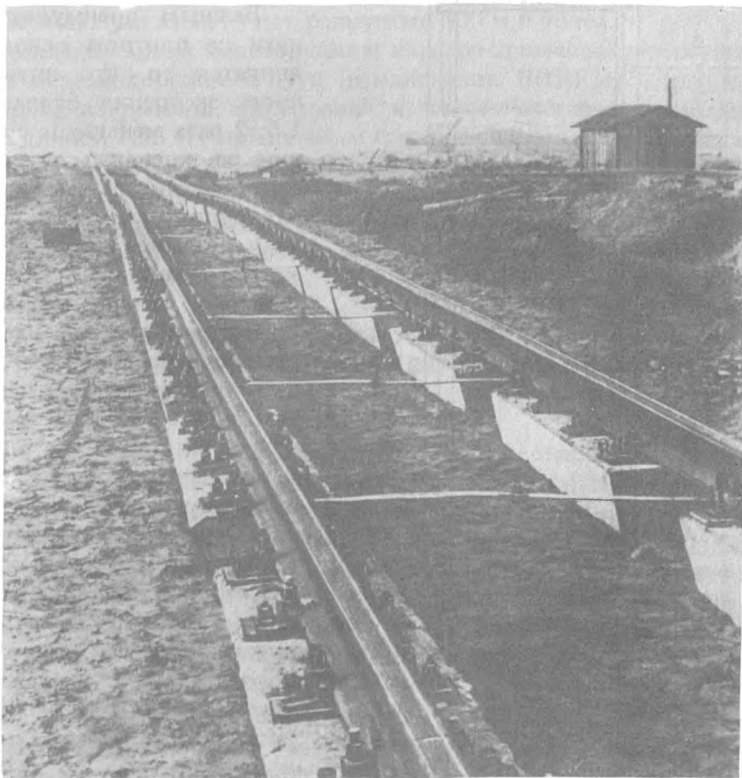


Рис. 24. Путь, уложенный на лежнях

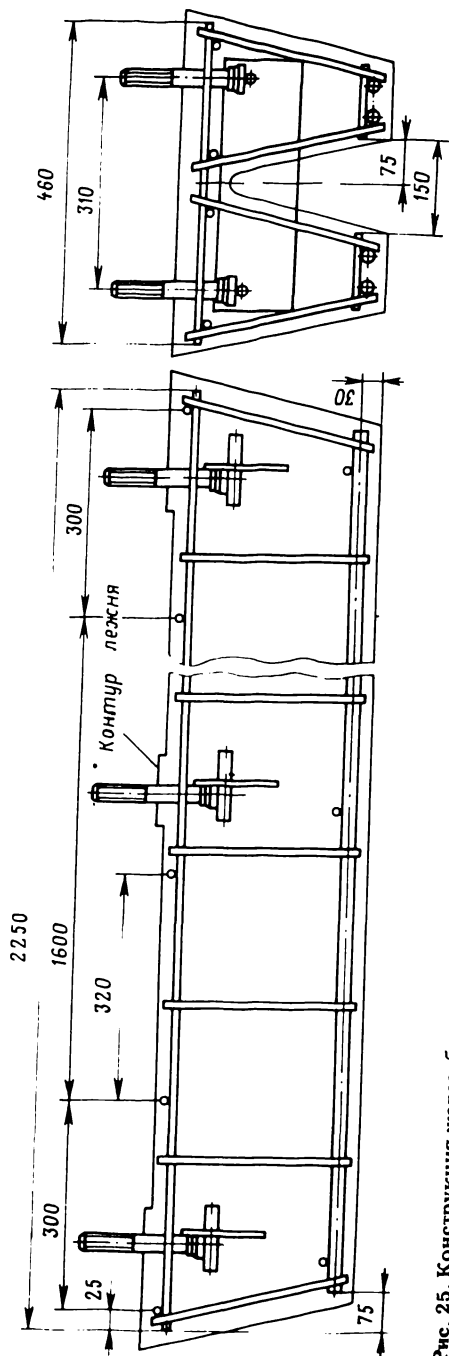


Рис. 25. Конструкция железобетонных лежней

тава с осевыми нагрузками до 400 кН при скоростях движения до 50 км/ч (табл. 27).

Подрельсовые основания из железобетона выполняют в виде рам и плит, образующих непрерывные опоры.

Наиболее перспективным является плитное основание, укладываемое на гравийную или щебеночную подушку и уплотненную площадку земляного полотна с улучшенными при необходимости характеристиками грунта путем обогащения цементами, синтетическими смолами и другими связующими.

Важным преимуществом пути на плитном основании является то, что интенсивность засорения балласта в 1,5–2 раза меньше по сравнению со шпальным основанием. Заметно снижаются неравноупругость по длине пути и давление на основание, которое защищено также от прямого попадания влаги. Ежегодные расходы на текущее содержание такого пути примерно в два раза меньше, чем пути с железобетонными шпалами. Дополнительные капитальные затраты окупаются через 5–6 лет.

В настоящее время для карьеров разработаны железобетонные подрельсовые плиты ПЖДК-72 (рис. 23), предназначенные для подвижного состава с осевыми нагрузками до 400 кН и скоростями движения до 65 км/ч.

Плита представляет собой конструкцию из предвари-

Таблица 28

Показатели	Железобетонные лежни	Железобетонная шпальная решетка
Рабочая площадь контакта на одно звено, м ²	28,5	13,8
Расход железобетона на 1 км пути, м ³	189	206
Расход металла на изготовление подрельсовых оснований, т	46	35
Расход скреплений КБ-65, т	24,2	38
Напряжение на основной площадке земляного полотна, Н/см ²	5—6	95—115
Стоимость 1 км подрельсовых оснований, тыс. руб.	15	20

тельно напряженного железобетона, имеет два продольных подрельсовых лотка с поперечным уклоном 1:20. В каждом лотке имеется восемь пар отверстий для раздельных скреплений типа КБ-65. Масса плиты 4,46 т.

Масса каждой из шпал практически одинакова (около 250 кг), форма и размеры соответствуют шпалам С56-2.

Геометрические размеры плит позволяют укладывать их на прямых и кривых участках пути с радиусами 300 м и более.

На Михайловском железорудном карьере применена новая конструкция железнодорожного пути (предложение НИИКМА) (рис. 24), состоящего из рельсов, скреплений и железобетонных продольных лежней длиной 2,25 м с поперечным сечением в форме спаренных трапеций, укладываемых клиновидным основанием в балласт (рис. 25). Конструкция имеет высокую жесткость и, как следствие, сниженные в 2—3 раза вибрационные нагрузки на балласт, что позволяет рекомендовать ее для применения при мягких породах земляного полотна (табл. 28).

§ 5. ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИ АВТОМОБИЛЬНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

При автомобильно-железнодорожном транспорте связующим звеном являются перегрузочные пункты. В качестве перегрузочных пунктов применяются перегрузочные эстакады, бункеры и промежуточные склады. Основными требованиями, предъявляемыми к перегрузочным пунктам в глубоких карьерах, являются: компактность, небольшая ширина рабочей площадки для их размещения, расположение транспортных коммуникаций, обеспечивающее прием, погрузку и обмен транспортных средств с минимальными затратами времени.

В практике автомобильно-железнодорожного транспорта известен ряд конструкций перегрузочных эстакад, позволяющих за счет разницы высоты рабочей площадки эстакады и уровня железнодорожных путей непосредственно перегружать горную массу из автосамосвала в думпкар.

Различают два типа перегрузочных эстакад: без дополнительных устройств и механизмов и со специальными приспособлениями, улучшающими процесс перегрузки.

Для непосредственной перегрузки горной массы из автосамосвалов в думпкары сооружаются бетонные и железобетонные эстакады, имеющие вид сплошной призмы или подпорной стенки, выполняемой из блоков, литого бетона или железобетона. Такие перегрузочные эстакады были построены на Сибайском и Кургашином карьерах руд цветных металлов, Центральном Криворожском железорудном карьере и на некоторых других предприятиях.

Основными достоинствами их являются малые размеры в плане (ширина до 45—50 м при односторонней эстакаде), достаточно высокая перерабатывающая способность, простота процесса перегрузки. Такие пункты целесообразно устраивать для перегрузки хорошо дробленных скальных пород и руд при четкой организации работы обоих видов транспорта и грузоподъемности автосамосвалов не более 40—50 т.

Для отделения крупнокусовых фракций при перегрузке из автосамосвалов в думпкары с целью предохранения кузовов думпкаров от возможных повреждений на эстакадах устанавливают колосниковые грохоты. Это позволяет при разгрузке автосамосвалов создавать подсыпку из мелких фракций, что способствует безударной погрузке и сохранению думпкаров. Однако при использовании грохотов не исключается возможность застревания крупных кусков на колосниковой решетке, что требует периодической ее очистки специальными подъемно-транспортными механизмами. В некоторых случаях колосниковые грохоты способны изменять угол наклона с помощью специальных пневмовоздушных подъемных устройств, что облегчает процесс перегрузки и очистки грохота, перегрузки более крупных скальных пород и руд.

В последнее время было предложено несколько конструкций эстакадных перегрузочных пунктов со специальными дозаторами (неподвижными и подвижными), грузоподъемность которых равна грузоподъемности одного автосамосвала (рис. 26). Эти перегрузочные пункты отличаются небольшими размерами, позволяют перегружать материал различной крупности и крепости с использованием транспортных средств различной грузоподъемности. Однако перегрузочные пункты с дозаторами громоздки, металлоемки, нуждаются в мощных пневмогидравлических подъемных устройствах и усложняют процесс перегрузки.

Все рассмотренные схемы допускают автоматизированное управление экскаваторно-автомобильно-железнодорожным комплексом, но и имеют весьма существенный недостаток — в процессе работы создается жесткая связь и зависимость всех его звеньев между собой. Поэтому в практике автомобильно-железнодорожного транспорта известны примеры применения эстакад, оснащаемых дополнительными механизмами (бульдозерами, автопогрузчиками) для плавной перегрузки горной массы в думпкары, частично разгруженной на площад.

Рис. 26. Перегрузочный пункт, оборудованный опрокидывающимися дозаторами:

1 — дозатор; 2 — откидной желоб; 3 — гидравлический привод в дозаторе; 4 — гидравлический привод желоба; 5 — опорный каркас дозатора; 6 — упор для автосамосвалов; 7 — гребень-рассекатель; 8 — сборные железобетонные секции

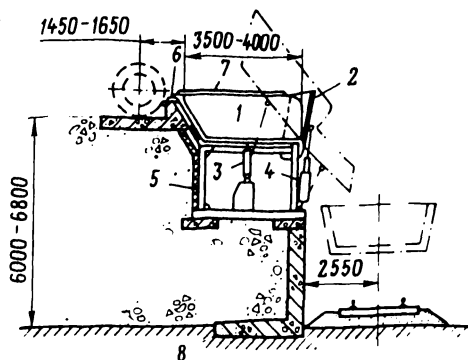
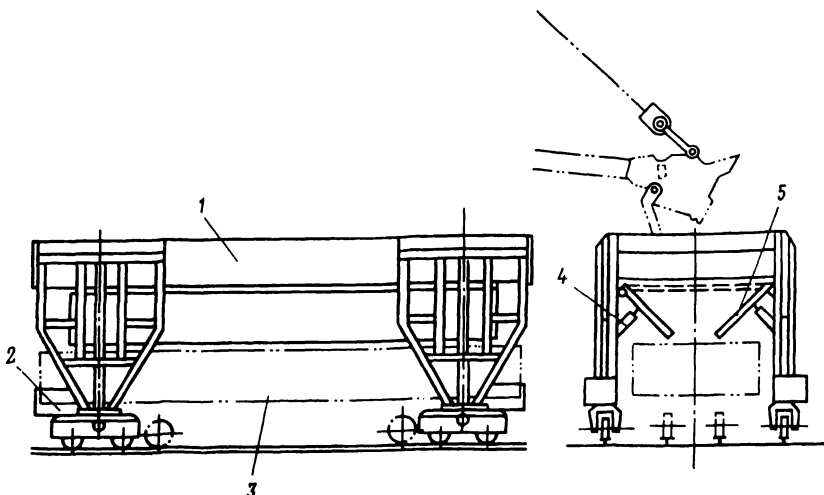


Рис. 27. Дозаторный перегрузочный пункт с бункерным поездом:

1 — бункер; 2 — привод хода передвижения; 3 — загружаемый думпкав; 4 — гидроцилиндры подъема; 5 — створки бункера



ке эстакады. При этом достигается большая гибкость в работе обоих видов транспорта. Но такие перегрузочные устройства требуют больших по ширине рабочих площадок, а поэтому менее пригодны для применения на глубоких горизонтах карьеров.

Для устранения жесткой связи между автомобильным и железнодорожным транспортом в качестве подвижной аккумулирующей емкости можно использовать бункерные поезда. Перегрузочная эстакада сооружается на каком-то отрезке или на всей длине железнодорожного состава. При наличии бункерного поезда за счет медленного раскрытия створок бункеров происходит плавная загрузка думпкаров. Испытания секции бункерного поезда на Междуреченском угольном разрезе показали положительные результаты (рис. 27). Сочетание бункерного поезда с перегрузочной эстакадой позволяет загружать железнодорожный состав за несколько минут. Несмотря на значительные капиталовложения для приобретения бункерного поезда и для

сооружения эстакады, эксплуатационные расходы, особенно при большой производительности перегрузочного пункта, будут незначительными (менее 2 коп/м³).

Для эффективности непосредственной перегрузки горной массы из автосамосвалов в думпкары большое значение имеет определение конструктивных размеров перегрузочных эстакад.

Конструктивными размерами перегрузочных эстакад являются высота от уровня разгрузочной площадки до уровня головки рельсов подэстакадного железнодорожного пути, расстояние между задней осью автосамосвала и продольной осью думпкара, ширина разгрузочной площадки для разворота и разгрузки автосамосвалов, длина рабочего фронта эстакады или число мест для одновременной установки и разгрузки автосамосвалов в соответствии с числом думпкаров, одновременно устанавливаемых под погрузку. Параметры перегрузочных эстакад зависят от типа применяемых автосамосвалов и думпкаров, их размеров, а также от числа мест для одновременной разгрузки автосамосвалов. Число мест зависит от производственной мощности горизонтов карьера, с которых горная масса поступает на перегрузочную эстакаду.

Высота перегрузочной эстакады зависит от высоты кузова думпкара и расположения автосамосвала относительно думпкара, которое характеризуется траекторией движения разгружаемого материала, а также необходимостью устройства прохода возле эстакады при сквозной схеме обмена груженого локомотивосостава на порожний. Высота эстакады рассчитывается с помощью экспериментальных данных, согласно которым зазор между стенкой эстакады и бортом думпкара с учетом габаритов приближения подвижного состава железнодорожного транспорта и некоторого возможного уширения бортов думпкаров может приниматься равным 0,35—0,4 м, что обеспечивает беспрепятственное прохождение состава по перегрузочному железнодорожному пути.

Максимальное расстояние от задней оси автосамосвала до внутренней кромки думпкара обычно не превышает 1,45—1,65 м.

Высота эстакады H_3 (в м)

$$H_3 = h_d + h_{\text{п}} - h_{\sigma} + h_{\kappa}, \quad (27)$$

где h_d — высота думпкара (расстояние от головки рельсов до верхней кромки кузова), м; $h_{\text{п}}$ — высота верхнего строения пути, м; h_{σ} — высота ограничительного барьера (упора), м; h_{κ} — высота насыпи (или глубина выемки), обуславливаемая параметрами потока разгружаемой горной массы.

Для глубоких карьеров могут быть рекомендованы лишь односторонние эстакады, требующие меньшей площади для их размещения. Ширина односторонней эстакады зависит от схемы движения автосамосвалов по эстакаде, числа автозеездов на эстакаду и конструктивных размеров автосамосвалов (длины, ширины и радиуса поворота).

Ширина односторонней эстакады (в м) при правостороннем движении автосамосвалов по ней:

с одним фланговым автозаездом

$$B_{\min} = l_a + R_a + 3b_a + 4l_{\sigma}, \quad (28)$$

$$B_{\max} = 2l_a + 2R_a + b_a + l_{\sigma}; \quad (29)$$

с двумя фланговыми автозаездами

$$B_{\min} = l_a + R_a + 1,5b_a + 2l_{\sigma}, \quad (30)$$

$$B_{\max} = 2l_a + 2R_a + l_{\sigma}, \quad (31)$$

где B_{\min} , B_{\max} — соответственно минимальная и максимальная ширина эстакады, необходимая для маневров автосамосвалов, м; $R_a = 1,5R_{\min}$ — рабочий радиус разворота автосамосвала на разгрузочной площадке эстакады, м; l_a , b_a — соответственно длина и ширина автосамосвала, м; l_{σ} — безопасный зазор между стоящим и движущимся автосамосвалами, а также между автосамосвалом и границей эстакады ($l_{\sigma} \geq 0,5$ м, при отсутствии упора $l_{\sigma} = 1,5$ м), м.

Для определения пропускной способности перегрузочных эстакад возможно применение методов теории массового обслуживания, что позволяет установить рациональные параметры эстакад, число точек разгрузки автосамосвалов, общую длину фронта перегрузки и т. д. На рис. 28 показана зависимость числа разгруженных автосамосвалов и числа загруженных локомотивосоставов от числа автосамосвалов, обслуживающих перегрузочный пункт.

Наряду с различными типами эстакадных перегрузочных пунктов для глубинных зон карьеров в последнее время предложены и разработаны конструкции бункеров-перегрузателей. Бункера имеют пира-

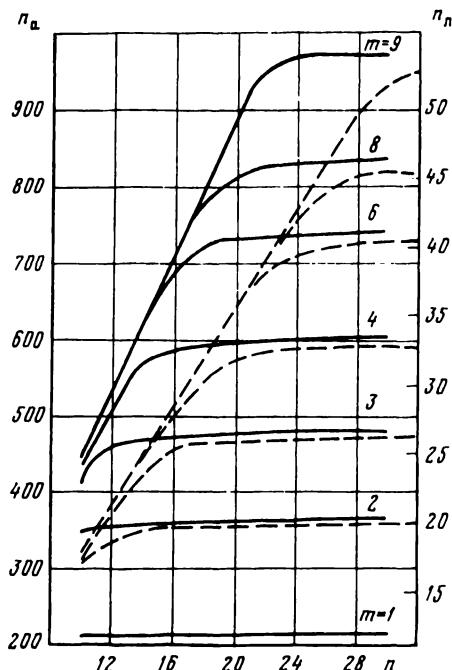


Рис. 28. Зависимость числа разгруженных автосамосвалов n_a (сплошные линии) и числа загруженных локомотивосоставов $n_{\text{л}}$ в смену (пунктирные линии) от числа n автосамосвалов, обслуживающих перегрузочный пункт

мигальную, коническую, цилиндро-коническую и другие формы. Сооружаются они из железобетона и металла. Металлические бункера имеют ряд преимуществ. Они обладают небольшой массой, опоры занимают мало места, изготовление их может производиться индустриальным методом с последующей сборкой их элементов в карьере. Ограничением для их применения может быть недостаточная прочность и малая пригодность для перегрузки тяжелых, крупнокусковых скальных пород и руд. Поэтому они предназначаются, как правило, для перегрузки дробленого материала крупностью не более 500 мм в поперечнике, при загрузке их с помощью автосамосвалов грузоподъемностью не более 30—40 т, с последующим использованием вибропитателей при погрузке в думпкары.

Для более крупнокускового материала и применения автомобилей грузоподъемностью более 40 т необходимы железобетонные бункера, отличающиеся большей массивностью, прочностью, способностью выдерживать большие ударные нагрузки. По конструкции железобетонные бункера делятся на монолитные, сборные и смешанные. Наиболее часто применяются сборные железобетонные бункера. Смешанные бункера состоят из стальных каркасов, покрытых железобетонными плитами. Для разгрузки бункеров (при боковой разгрузке) и передачи перегружаемой горной массы в думпкар обычно служат пластинчатые питатели. При центральной разгрузке думпкары подаются под бункер и загрузка их производится с помощью затворов самотеком. Опытно-промышленная перегрузка с бункерами при-

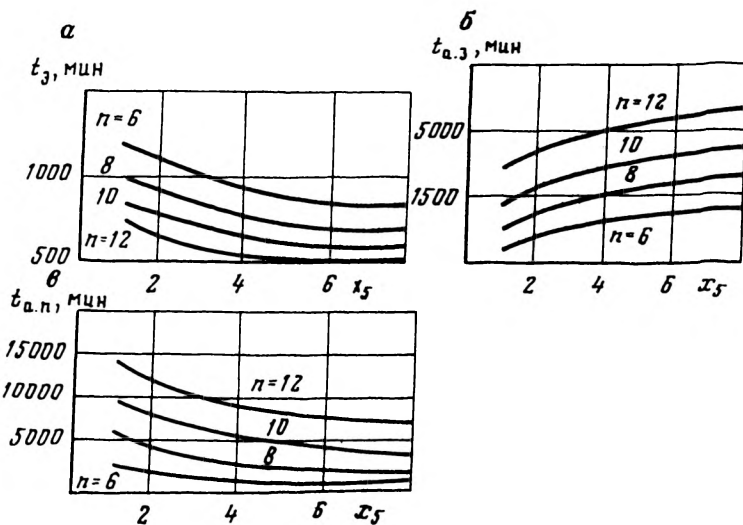


Рис. 29. Зависимости простоев горнотранспортного оборудования / от числа секций бункеров-перегрузателей х:

а — экскаваторов; б — автосамосвалов в забое; в — автосамосвалов на перегрузке; n — число автосамосвалов

меняется на карьере Центрального Криворожского горно-обогатительного комбината. Перегрузочный пункт состоит из подъездной эстакады для автосамосвалов и бункеров, каждый из которых имеет емкость, равную емкости думпкара. Днище бункера состоит из двух створок, раскрывающихся при выпуске руды с помощью гидравлических цилиндров.

Продолжительность загрузки локомотивосостава, включающего шесть-семь думпкаров, из одной секции бункера составляет 15—25 мин.

При использовании бункерной перегрузки наиболее целесообразно иметь бункера с числом секций, равным числу загруженных думпкаров. В этих случаях время загрузки локомотивосостава может быть в 8—10 раз меньше по сравнению с экскаваторным перегрузочным пунктом. Исследованиями установлено, что время загрузки одного думпкара может не превышать 1,4—1,5 мин.

На перегрузочном пункте, например, с увеличением числа секций бункеров-перегрузателей с четырех до восьми простои автосамосвалов снижаются на 30 %, а увеличение числа локомотивосоставов на 15—20 % приводит к снижению простоев автосамосвалов на 15—30 %. Зависимость простоев горнотранспортного оборудования от числа секций бункеров-перегрузателей показана на рис. 29.

Бункерная перегрузка позволяет значительно уменьшить динамические напряжения в элементах конструкции думпкаров. При загрузке из бункеров они на 70—80 % меньше, чем при погрузке экскаватором. Бункерная загрузка обеспечивает симметричное расположение горной массы в поперечном сечении думпкара, что подтверждается равномерностью прогибов в рессорных тележках думпкаров.

При использовании бункеров возможно совмещение перегрузки руды с усреднением пути дозирования руд различного качества. Однако это требует расширения сооружения, увеличения объема бункеров, а следовательно, и увеличения занимаемой ими площади, что осложняет возможность их применения на ограниченных по размерам рабочих площадках нижних горизонтов.

Перегрузочные бункера рассматривались также в проектах реконструкции ряда карьеров в связи с ростом их глубины. Институтом Гипроруда предложен перегрузочный пункт для Соколовского карьера ССГОКа, состоящий из ряда перегрузочных бункеров-дозаторов, соединенных эстакадой с поверхностью уступа. Бункера выполнены из железобетонных конструкций и состоят из 28 однотипных ячеек. Скальная горная масса подается автосамосвалами грузоподъемностью 40 т к бункерам, из которых перегружается в железнодорожные составы. Высота перегрузочного пункта равна 21 м. Вместимость бункеров по руде рассчитана на односменный запас и составляет 11 тыс. т, вместимость по породе — на полусменный запас и составляет 8 тыс. т. Расположение бункеров однорядное. Их разгрузка производится через боковые спускные желоба, оборудованные пальцевыми затворами с подъемными лотками. Состав загружается рудой одновременно в два думпкара из четырех ячеек.

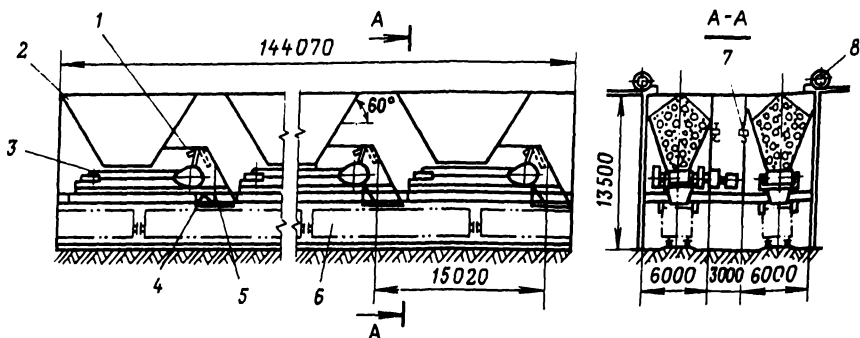


Рис. 30. Эстакадно-бункерный перегрузочный пункт:

1 — регулирующая заслонка; 2 — бункер; 3 — пластинчатый питатель; 4 — лоток; 5 — завеса; 6 — думпкар; 7 — таль; 8 — автосамосвал

Институтом Центрогипроруда запроектирован эстакадно-бункерный перегрузочный пункт для Лебединского ГОКа (рис. 30). Конструкция перегрузочного пункта состоит из эстакады с двумя рядами бункеров. Каждый ряд бункеров состоит из девяти секций (по числу вагонов в составе), оборудованных пластинчатыми питателями. Вместимость каждого бункера 139 м^3 , а вместимость всего ряда бункеров рассчитана на три состава. Питатели работают под завалом. Каждый ряд бункеров на поверхности имеет автомобильный подъезд и разворотную площадку, а внизу — тупиковый погрузочный железнодорожный путь.

Недостатком эстакадно-бункерных перегрузочных пунктов в рассмотренном виде является значительная сложность устройства и необходимость достаточно длительного времени для их сооружения.

Кроме того, перенос бункеров на ниже расположенные горизонты, за исключением сборных конструкций, практически невозможен.

Серьезным недостатком является также наличие подъездной эстакады для автосамосвалов, что увеличивает площадь, занимаемую перегрузочным пунктом. Учитывая это, на карьерах за рубежом (Эри Майнинг, Минтак и др. — шт. Миннесота, США) применяют перегрузочные пункты бункерного типа в нишах, устраиваемых в откосе рабочего уступа. Ниша имеет вид воронки, образующей естественный приемный бункер вместимостью 400—500 т руды. Наружная боковая сторона воронки перекрыта шпунтовой стенкой, состоящей из двух рядов металлических свай, связанных между собой хомутами. На поверхности шпунтовой стенки покрытия гофрированными стальными листами. С одной стороны верхнего уступа в воронку разгружаются автосамосвалы, с другой — в это время может работать бульдозер, подвигая разгруженную руду в воронку. В процессе производства работ места разгрузки самосвалов и работы бульдозера меняются. В выпускном проеме, сделанном в шпунтовой стенке, установлен вибропитатель с амплитудой колебания 14,3 мм. Проем перекрывает-

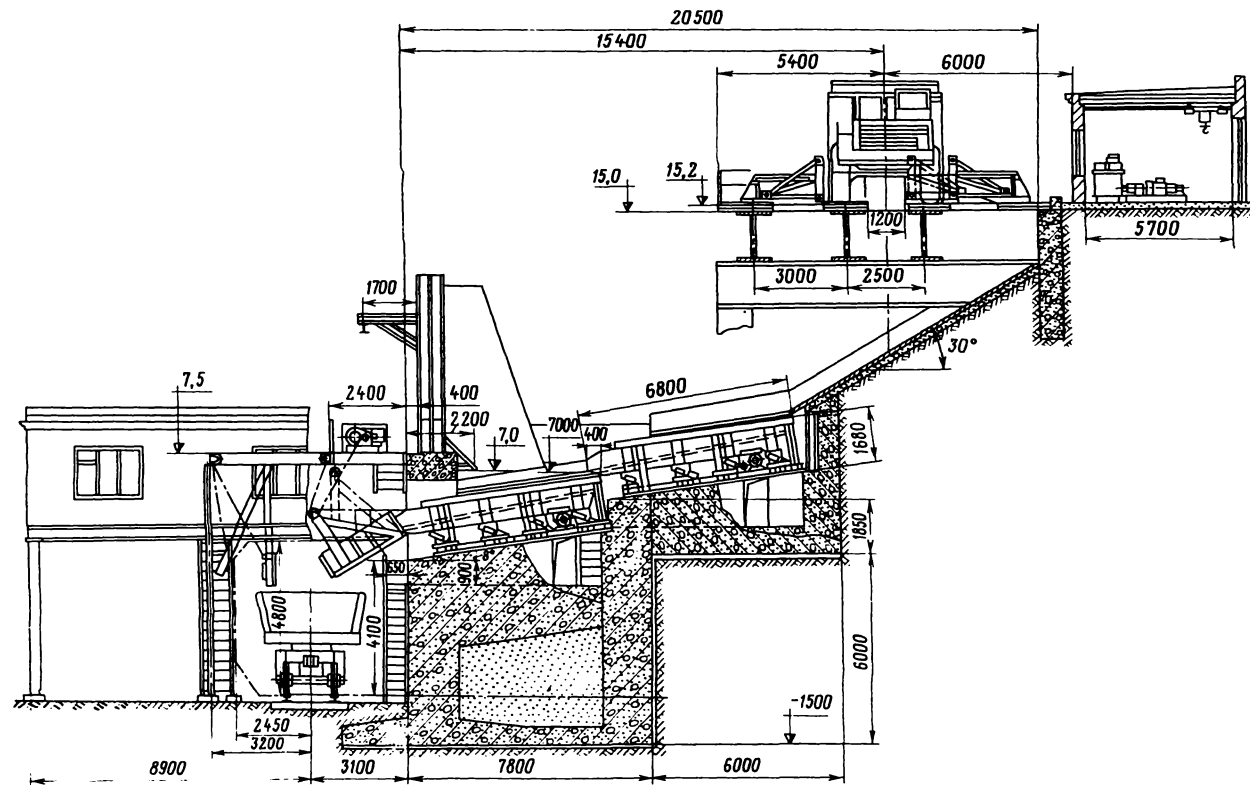


Рис. 31. Перегрузочный пункт бункерного типа на бетонном основании, выполненный в откосе уступа (НКГОК)

ся затвором, выполненным в виде свободно подвешенных металлических стержней, или в виде пластин (шириной до 15 см) с продольными вырезами; для предотвращения продвижения локомотива к выпускному окну при погрузке имеется специальное стопорное устройство.

Процесс перегрузки автоматизирован. Машинист локомотива (он же и оператор перегрузки) поднимается на рядом стоящую вышку, откуда с помощью радиоуправляющего устройства, находящегося у него в руках, руководит всеми операциями, связанными с погрузкой думпкаров. С помощью радиоуправляющего устройства он управляет передвижкой состава, пуском и остановкой вибропитателя, регулирует загрузку бункера. Кроме того, он следит, чтобы в думпкар вместе с рудой не попадали металлические части (зубья ковшей, обломки металла и др.), а также, чтобы руда не просыпалась на железнодорожный путь. После погрузки состава машинист спускается с вышки и переходит на локомотив для его ведения в пункт назначения. В хвостовом вагоне имеется кабина управления, что позволяет машинисту локомотива находиться в голове поезда.

Используя зарубежный опыт, институты Гипроруда, Южгипроруда проектировали подобные перегрузочные пункты для некоторых отечественных карьеров, на которых применяется автомобильно-железнодорожный транспорт. На рис. 31 изображен перегрузочный пункт, предназначенный для нижних горизонтов карьеров Ново-Криворожского ГОКа. Производительность перегрузочного пункта составляет 10,5 млн. т руды в год. Сооружение выполнено в откосе уступа на бетонном основании. На поверхности уступа в образованной выемке размещен бункер, стенки которого выложены железобетонными плитами. Вместимость бункера 375 м^3 руды. Заезд автосамосвалов устроен над бункером, что позволяет машинам двигаться поточно и разгружаться в бункер в процессе движения.

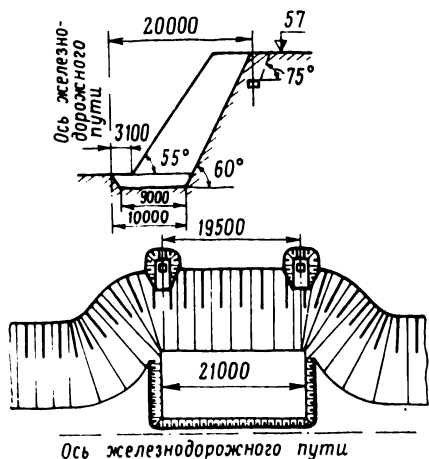


Рис. 32. Схема горно-капитальных работ при сооружении перегрузочного пункта в откосе уступа

Приемное отверстие бункера сверху перекрыто раздвигающимися лядами (с помощью специального гидравлического автоматизированного устройства), которые сдвигаясь после разгрузки автосамосвала сбрасывают просыпавшуюся на колесо привода руду. Конструкция привода рассчитана на пропуск негабарита с ребром до 1,2—1,5 м. Из бункера руда поступает на три пары вибропитателей (тип ВПР-ЗК) мощностью 30 кВт. Каждая пара питателей расположена последователь-

но один за другим. В работе одновременно находятся две пары питателей, третья пара — в резерве. Расстояние между осями питателей 4250 мм, угол наклона 8°

С вибропитателей руда попадает на погрузочные лотки с отбойным щитом (мощность электродвигателя 11 кВт), с которых ссыпается в думпкар. Вертикальная наружная стенка перегрузочного устройства выполнена из металлических швеллеров и железобетонных плит. На нижнем уступе, где осуществляется погрузка думпкаров, расположены помещение для оператора перегрузочных работ и необходимое электрооборудование пункта. Кроме того, пункт оснащен электрической талью, подвесным ручным однобалочным краном грузоподъемностью 1 т и монтажной лебедкой.

Описанный перегрузочный пункт предназначен для разгрузки в бункер автосамосвалов БелАЗ-548А и загрузки думпкаров ВС-105. Число думпкаров в составе равно 10, интервал между разгружающимися автосамосвалами — 1,5 мин, время загрузки состава — 15 мин, интервал между загружающимися составами 40 мин. Бункер может демонтироваться и легко переноситься на нижние горизонты с максимальным использованием отдельных узлов и механизмов. Расчетная производительность перегрузочного пункта достигает 3000 т/ч, затраты на строительство перегрузочного пункта составляют 600 тыс. руб.

Достоинствами рассмотренного перегрузочного пункта при его высоких пропускной способности и производительности являются: компактность, малая, требующаяся для размещения площадь; поточность и автоматизация процесса перегрузочных работ, небольшие капитальные затраты. Такие перегрузочные пункты наиболее полно отвечают условиям ограниченного фронта и размерам рабочих площадок нижних горизонтов глубоких карьеров (рис. 32).

Производительность перегрузочного пункта $Q_{п.п}$ зависит от пропускной способности приемной площадки для маневров автотранспорта $Q_э$, пропускной способности бункера и питателя $Q_{б.п}$ и пропускной способности пункта по возможности обмена железнодорожных составов Q_c .

$$Q_{п.п} = Q_э \leq Q_{б.п} \leq Q_c. \quad (32)$$

Пропускная способность приемной площадки эстакады (в $\text{м}^3/\text{ч}$) (с фланговыми заездами)

$$Q_э = \frac{60V_a n_T n_B}{[t_2 (n_{з.м} - 1) + t_1 (2 - n_{з.м})] n_B + n_T [t_{дв.г} + t_{дв.п} (2 - n_{з.м})] + t_{п.п} (n_{з.м} - 1)}, \quad (33)$$

где V_a — объем горной массы в кузове автосамосвала (в целике), м^3 ; n_T — число транспортных полос маневрирования; n_B — число транспортных заездов на эстакаду; $n_{з.м}$ — число зон маневрирования; $t_{дв.г}$, $t_{дв.п}$ — время движения груженого и порожнего самосвала

в границах одной полосы маневрирования, мин; t_1, t_2 — время маневрирования соответственно порожнего и груженого самосвала на выезде из площадки, мин; $t_{п.п}$ — продолжительность поворота груженого самосвала передним ходом, мин.

Пропускная способность бункера и питателя (в $\text{м}^3/\text{ч}$)

$$Q_{\text{бл}} = 3600 \nu B_0 H_1 \gamma_n B_{\text{п}} \psi, \quad (34)$$

где ν — скорость вибротранспортирования, м/с; B_0 — ширина выпускного отверстия, м; $B_{\text{п}}$ — ширина рабочего органа питателя, м; H_1 — высота слоя горной массы, выходящей из бункера, м; γ_n — насыпная плотность горной массы, $\text{т}/\text{м}^3$; ψ — коэффициент неравномерности выпуска ($\psi_1 = 0,7 \div 0,85$).

Пропускная способность пункта (в $\text{м}^3/\text{ч}$) по обмену железнодорожных составов Q_c .

$$Q_c = \frac{60g_{\text{т}}}{\gamma(t_{\text{сое}} + t_{\text{об}})}, \quad (35)$$

где $g_{\text{т}}$ — грузоподъемность состава, т; γ — плотность, $\text{м}^3/\text{кг}$; $t_{\text{сое}}$ — продолжительность загрузки состава, мин; $t_{\text{об}}$ — время обмена составов, мин.

§ 6. ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ СКЛАДЫ В КАРЬЕРЕ

Несмотря на большие достоинства непосредственной (безбункерной) и бункерной перегрузки горной массы из автосамосвалов в думпкары (простота процесса перегрузки, отсутствие крупных перегрузочных механизмов, незначительная площадь, занимаемая перегрузочным пунктом, и сравнительно невысокие затраты на перегрузочные работы), перегрузочные пункты в виде эстакад, бункеров и других сооружений имеют и серьезные недостатки.

К их числу относятся:

1) жесткая связь между автомобильным и железнодорожным транспортом, особенно при отсутствии какой-либо аккумулялирующей емкости;

2) сложность достижения кратной емкости автосамосвалов и думпкаров для обеспечения их полной загрузки;

3) необходимость выполнения маневровых операций с думпकारами при подаче на перегрузочный пункт многосортных руд;

4) возможность повреждения и быстрый износ думпкаров, бункеров от больших динамических нагрузок при разгрузке горной массы из автосамосвалов;

5) сложность или невозможность переноса перегрузочных эстакад, бункеров и других сооружений на ниже расположенные горы зонты.

Кроме того, при этих видах перегрузок наблюдается значительное засорение железнодорожных путей загружаемой горной массой, за-

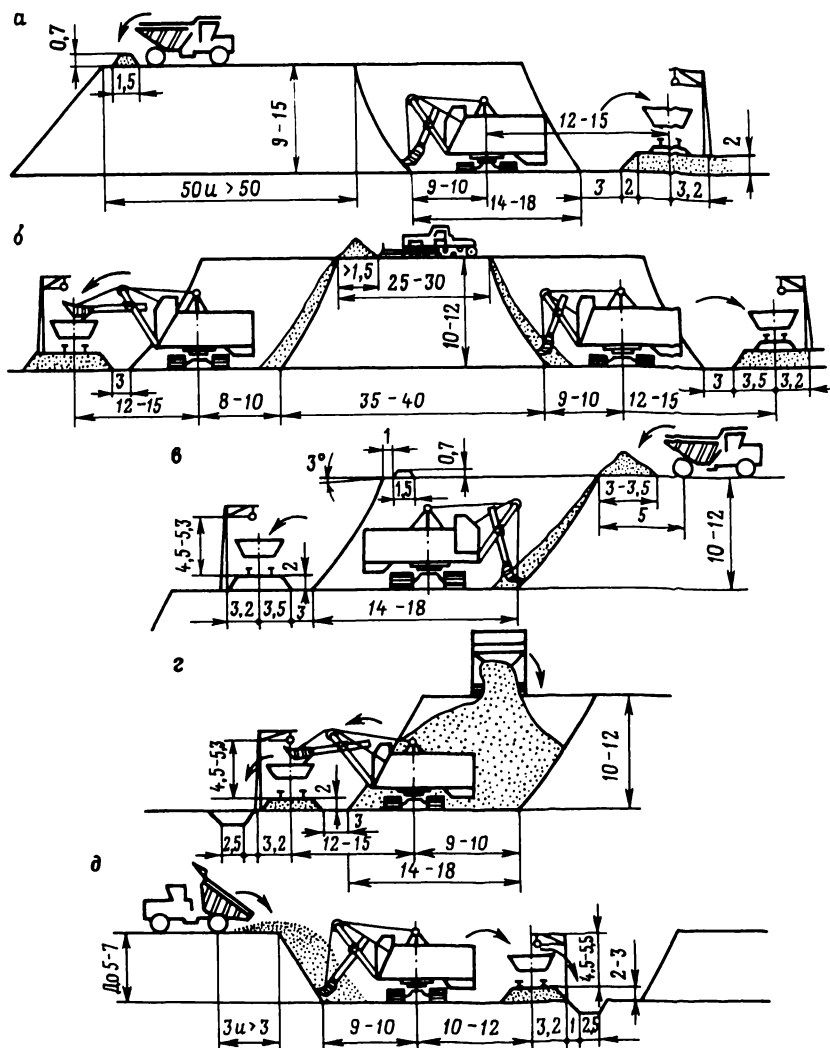


Рис. 33. Схемы наиболее распространенных карьерных перегрузочных складов: а — штабельный односторонний; б — штабельный двусторонний; в — бортовой фронтальный; г — бортовой торцовый; д — заглубленный

пыленность при одновременной разгрузке большого объема горной массы в вагон, трудность выгрузки и застревание крупных кусков при разгрузке из бункеров и др. Поэтому наряду с безбункерной и бункерной перегрузками на большинстве современных карьеров перегрузка горной массы производится с помощью промежуточных складов. Перегрузочные склады (рис. 33) выполняют функции пере-

грузки и временного аккумулятора необходимых объемов транспортируемого материала.

Благодаря промежуточным складам отдельные процессы добычи руды стали независимыми один от другого и ликвидировалась обязательная связь между железнодорожным транспортом, обогатительной фабрикой и отгрузочными пунктами, упростилась организация автомобильного транспорта в забоях.

На перегрузочных складах рудных карьеров в настоящее время перегружается до 55—60 % добываемой горной массы.

Промежуточные склады обеспечивают ритмичность технологических процессов и позволяют устранить взаимосвязанные простои карьера и обогатительных фабрик. Кроме того, промежуточные склады, являясь сортировочными и усреднительными, имеют большое значение для решения проблемы повышения качества руды, обеспечивая стабильность последней, направляемой на обогащение в режиме усреднения. Они оправдывают затраты на их строительство и содержание, в том числе с применением погрузочных средств (экскаваторов, погрузчиков). При складировании руд 60—70 % экономического эффекта достигается за счет снижения взаимосвязанных простоев карьера и фабрик и 30—40 % — за счет усреднения. Затраты на перегрузку по данным ряда карьеров составляют около 0,05—0,06 руб/т.

На глубоких карьерах создаются внутрикарьерные перегрузочные склады у горловин выездных траншей, вблизи железнодорожных станций и обменных пунктов.

По назначению склады делятся на перегрузочные, аккумулирующие, сортовые, усреднительные, но в большинстве случаев они одновременно выполняют несколько функций. Склады бывают штабельные, бортовые, фронтальные и торцовые (см. рис. 33). Штабельные отсыпаются на ровной площадке и имеют вид насыпи. При выполнении только одной функции перегрузки склады нередко устраиваются в специально выполненном углублении, в которое разгружаются автосамосвалы. Бортовые склады представляют собой призму отсыпаемого материала под откос уступа.

В глубоких карьерах при наличии достаточно широких рабочих площадок возможно устройство штабельных складов или складов отсыпаемых в выемки-приямки. Однако это, как правило, удается лишь на верхних горизонтах. При переходе на нижние горизонты, где рабочее пространство весьма ограничено, предпочтение отдается бортовым (фронтальным или торцовым) складам.

В зависимости от расположения железнодорожных путей (по одну или обе стороны склада) они являются соответственно односторонними и двусторонними. По причинам, указанным выше, на глубоких карьерах возможно в основном устройство односторонних складов. Автомобильные заезды на склад располагаются с одной или двух его сторон: они бывают сквозными или тупиковыми. Подъездными автодорогами к складам служат, как правило, временные скользящие съезды. Склады в карьерах глубинного типа переносят на ниже расположенные горизонты через три-четыре уступа. Каждый склад имеет

зоны разгрузки (для автосамосвалов) и зоны погрузки (в средства железнодорожного транспорта). На сортовых складах каждый сорт руды в зависимости от содержания металла, текстурных свойств и других признаков размещается отдельно один от другого.

Вместимость складов бывает различной: от 10—20 до 200—300 тыс. м³, наиболее часто они имеют вместимость 25—30 тыс. м³. Более крупные склады располагают ближе к поверхности. Вместимость 1 м склада штабельного типа при работающих на складе экскаваторах с ковшами емкостью 3—5 м³ составляет 180—300 м³, при экскаваторах с ковшами емкостью 8—10 м³ — 350—500 м³. Вместимость склада зависит от масштаба и организации производства, размеров рабочих площадок, расстояния перевозки автотранспортом, применяемых погрузочных средств. Обычно в карьерах устраивается несколько складов: породные, рудные и в редких случаях совмещенные. Склад обслуживается одним или двумя экскаваторами. Два работающих экскаватора называют спаренными, если они располагаются последовательно на одной стороне склада. Расстояние между экскаваторами принимается не менее 60—70 м.

Ширина площадки (в м) склада штабельного типа (одностороннего)

$$B_{\text{сш}} = 2R_{\text{а}} + l_{\text{о}} + R_{\text{чэ}} + R_{\text{рэ}} + l_1 + l_2, \quad (36)$$

где $R_{\text{а}}$ — радиус поворота автосамосвала на верхней площадке склада, м; $l_{\text{о}}$ — горизонтальное заложение откоса склада, м; $R_{\text{чэ}}$ — радиус черпания экскаватора, м; $R_{\text{рэ}}$ — радиус разгрузки экскаватора, м (обычно $R_{\text{чэ}} + R_{\text{рэ}}$), принимается равным 1,5—1,8 радиуса разгрузки; l_1 — расстояние между осями железнодорожного пути и контактной сети, м; l_2 — расстояние от оси контактной сети до верхней бровки ниже расположенного уступа, м.

Ширина площадки бортового склада (в м)

$$B_{\text{сб}} = b_{\text{п}} + R_{\text{чэ}} + R_{\text{рэ}} + l_1 + l_2, \quad (37)$$

где $b_{\text{п}}$ — ширина отсыпаемой призмы руды (породы) под откос уступа, м.

Высота склада обычно принимается не более высоты черпания экскаватора, работающего на складе. В особых случаях при транспортировании мелкокускового сыпучего материала она может быть на 1—1,5 м более. Угол откоса склада образуется при отсыпке в зависимости от свойств складываемого материала и в большинстве случаев для руд и скальных пород составляет 35—38° (свежеотсыпанной горной массы до 40—42°).

Ширина верхней площадки склада составляет не менее двух радиусов поворота автосамосвала, доставляющего горную массу на склад. Кроме того, на крупных складах с большим грузооборотом дополнительно предусматривается транспортная полоса для сквозного проезда. Длина складов в основном не ограничивается и достигает

одной-двух длин железнодорожного состава, обслуживающего склад. Минимальный фронт разгрузки для одного автосамосвала составляет 20 м. Зона разгрузки обычно засыпается в четыре-пять рядов без применения бульдозера. В зоне погрузки ширина экскаваторных заходок изменяется от 14 до 22 м в зависимости от параметров используемых экскаваторов.

Материал складывается при отсыпке под откос. Для безопасности работ автосамосвалов по всей бровке откоса склада оставляется предохранительный вал высотой не менее 0,7 м и шириной не менее 1,5 м. Участок полосой 5—7 м вдоль всего склада отсыпается с поперечным уклоном до 3° от бровки откоса. На бортовых перегрузочных складах, построенных на уступах из монолитной породы и не имеющих призмы обрушения, предохранительный вал отсыпается на расстоянии не менее 1 м от края уступа до подошвы ограждающего вала. При отсутствии предохранительного вала подъезд к бровке разгрузочной площадки ближе чем на 3 м не допускается. Разгрузка автосамосвалов должна производиться на расстоянии не менее 10—12 м от оси работающего экскаватора. Скорость движения автосамосвалов на складе должна составлять 15—20 км/ч.

На складах стремятся применять те же экскаваторы, что и в карьере. Производительность экскаваторов на складе, как правило, на 35—40 % выше, чем в забоях, и для экскаваторов с ковшами емкостью 4—5 м³ составляет 300—350 тыс. т/мес, а для экскаваторов с ковшами емкостью 8—10 м³ — 500—550 тыс. т/мес.

Для удобства погрузки экскаватором погрузочные железнодорожные пути располагают выше уровня стояния экскаватора на 1,5—3 м. Вдоль склада устраивают один погрузочный тупик, а при длине склада более 150 м и работе на складе двух экскаваторов — два тупика. Расстояние между осями погрузочного тупика и обгонного пути принимается 4,5—5,5 м.

С увеличением глубины карьеров возможность использования в качестве перегрузочных пунктов внутрикарьерных промежуточных складов для размещения значительных объемов горной массы резко уменьшается. При этом необходимо изыскивать с одной стороны способы перегрузки не требующие крупных сооружений (эстакад, бункеров) из-за недолговременности их эксплуатации, с другой стороны — способы, не требующие больших по ширине рабочих площадок.

Для этого при ограниченных по ширине рабочих площадках создаются несколько часто перемещаемых (мигрирующих) складов, образуемых за счет отсыпки горной массы под откос рабочих уступов. Они могут быть фронтальные и торцовые, иметь вместимость от одного до двух-, трехсуточного запаса руды при одной-двух заходках погрузочного экскаватора. Минимальный запас горной массы на складе составляет 2—3 тыс. м³, хотя обычно принято иметь не менее 5 тыс. м³.

Часто перемещаемые склады встречаются на ряде отечественных карьеров большой глубины, что вызвано ограниченными размерами рабочего пространства и стремлении опустить ниже железнодорож-

Таблица 29

Показатели	Перегрузочные пункты						
	Экскаваторные			Эстакадные	Эстакадно-бункерные		
	в выемке	на откосе уступа	с дозаторным бункер-поездом		с пальцевыми затворами	с пластинчатыми питателями	с вибропитателями
Годовая производительность, млн. т	4,0—6,5	4,0—6,5	4,0—6,5	3—4		22	8—10
Длина фронта разгрузки, м	25—30	25—30	25—30	32/65	168	144	19,5
Число мест разгрузки автосамосвалов	4	4	4	6/12	28	36	3
Общая ширина площадки перегрузочного пункта, м	80	75	85	40	65	1205	56
Размеры установки, м:							
длина по фронту	120—150	120	120/14	32/65	160	144	26
ширина	60	60	65/5	—	22,5	15	27
высота	6—8	10—12	7/5,7	3—4	21	13,5	15,4
Полезная аккумуляторная емкость, м ³	25 000—30 000	25 000—30 000	380	—	9000	2500	800
Основное оборудование	ЭКГ-8И	Д-259	ЭКГ-8И, бункер	Эстакада	Пальцевый затвор	Пластинчатый питатель	Вибропитатель
Число одновременно загружаемых думпкаров/составов	1/1	1/1	8/1/1	2/4/1	14/2	9/2	1/1
Время погрузки состава, мин		55—60	60/4	25/50	10—12	6—7	30
Капитальные затраты, тыс. руб.	350	350	690	42/84	3335	3240	261
Эксплуатационные расходы, тыс. руб.	200	200	300	15	Н.д.	413	40

ные коммуникации (карьеры Сарбайский, Первомайский и Центральный Криворожские, карьеры Ураласбеста и др.) .

Такие мигрирующие перегрузочные склады вполне оправдали себя (карьер Бингхем, США) . Больше того, они являются единственным способом перегрузки горной массы с автомобильного на железнодорожный транспорт в карьере столь большой глубины. Мигрирующие склады размещаются на рабочих площадках шириной 35—40 м и обеспечивают возможность маневрирования автосамосвалов грузоподъемностью от 65 до 150 т. При этом производительность автосамосвалов на перегрузке достигает 1650 т в смену. Объем руды или породы, принимаемой на перегрузочный пункт, небольшой и определяется длиной склада, составляющей 100—150 м (редко более) и шириной одной экскаваторной заходки. Резервирование руды в количественном и качественном отношении достигается за счет увеличения числа перегрузочных пунктов в разных местах карьера. Перегрузочные пункты устраиваются в средней и нижней зонах карьера в границах возможного применения железнодорожного транспорта по глубине. Основными достоинствами таких складов являются: малая занимаемая рабочая площадь; большая гибкость использования комбинированного (автомобильного и железнодорожного) транспорта; возможность быстрого устройства и организации перегрузки в любом месте карьера; небольшие капитальные затраты, связанные в основном лишь с применением погрузочных механизмов.

Число перемещаемых складов в карьере определяется, как правило, расстояниями доставки горной массы автосамосвалами до перегрузки и необходимым числом дополнительно приобретаемых для этой цели экскаваторов и погрузчиков. Такие склады в настоящее время считаются наиболее прогрессивными для перегрузки горной массы в глубоких карьерах при автомобильно-железнодорожном транспорте.

Сравнительные показатели перегрузочных пунктов автомобильно-железнодорожного транспорта приведены в табл. 29.

Глава IV КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА С АВТОМОБИЛЬНЫМ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

§ 1. УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Комбинация конвейерного транспорта с автомобильным и железнодорожным транспортом менее распространена, чем автомобильного с железнодорожным. Она применяется в карьерах, когда автомобильно-железнодорожный транспорт становится менее эффективным и нуждается в замене.

Если комбинация автомобильно-железнодорожного транспорта является двухзвенной, т. е. позволяющей транспортировать добытую горную массу до места назначения двумя видами транспорта, то комбинация с конвейерным транспортом может быть как двухзвенной, так и трехзвенной. Наиболее часто применяются двухзвенные комбинации: автосамосвал — конвейер или железнодорожный транспорт — конвейер; трехзвенные: автосамосвал — конвейер — железнодорожный транспорт, железнодорожный транспорт — конвейер — железнодорожный транспорт (магистрального назначения). Автомобильно-(железнодорожно)-конвейерный транспорт с ростом глубины карьеров постепенно заменяется автомобильно-железнодорожным транспортом. На некоторый период в эксплуатации предполагается наличие двух комбинаций транспорта, который работает в разных зонах на разных участках разрабатываемого месторождения.

Переход на автомобильно (железнодорожно)-конвейерный транспорт для большинства карьеров происходит на глубине 150—300 м, при железнодорожном транспорте с электровозной тягой на глубине 150—180 м и при железнодорожном транспорте с тяговыми агрегатами на глубине 280—300 м.

Факторами, ограничивающими переход на комбинированный транспорт, являются:

постоянное развитие бортов карьера и невозможность размещения на одном из них конвейерного подъемника в стационарном положении на длительный период;

отсутствие в карьере рабочих площадок шириной 80—110 м, достаточных для размещения перегрузочного пункта, подъездов для автосамосвалов и необходимых вспомогательных сооружений;

расположение на бортах карьера железнодорожных путей, многократно пересекающих трассу конвейерного подъемника;

наличие в бортах карьера неустойчивых и обводненных пород, подверженных оползням, сейсмическим воздействиям и вызывающих необходимость уположения откосов или принятия других мер.

По этим причинам переход на автомобильно-конвейерный транспорт до приведения карьера в состояние, удовлетворяющее требованиям эксплуатации и безопасности работ, задерживается.

Переход на автомобильно-конвейерный транспорт в карьерах, достигающих значительной глубины, имеет следующие предпосылки: снижается производительность автомобильно-железнодорожного транспорта вследствие растянутости транспортных коммуникаций и сложной организации движения.

уменьшаются размеры карьерного пространства, затрудняющие устройство заездов на нижние горизонты для железнодорожного транспорта, и возрастает длина транспортирования автосамосвалами к местам перегрузки.

Появляется необходимость создания многочисленных перегрузочных площадок, складов, обменных пунктов, внутрикарьерных станций и т. д., требующих мест для своего размещения и осложняющих организацию работ в карьере.

Все это потребует увеличения капитальных вложений для приобретения дополнительных транспортных средств, производства больших горно-капитальных и вскрышных работ, без которых дальнейшая эксплуатация автомобильно-железнодорожного транспорта не только затруднительна, но в ряде случаев и невозможна.

Ввод автомобильно (железнодорожно) *-конвейерного транспорта для подъема горной массы из карьера с помощью установленных на борту наклонных конвейерных подъемников позволяет сократить расстояния транспортирования, а вместе с тем и расстояние доставки горной массы на поверхность, обеспечить ритмичную и стабильную производительность, компактность транспортных и перегрузочных устройств, небольшой объем горно-капитальных и подготовительных работ и упрощение транспортной схемы. Все это положительно влияет на повышение эффективности транспортной системы карьера. Кроме того, более высокая эффективность достигается за счет:

а) сокращения расстояния откатки автотранспортом, меньшего числа автосамосвалов, необходимых для обслуживания каждого экскаватора, что позволяет сократить простои оборудования, более четко организовать обслуживание его транспортными средствами. При этом производительность комбинированного транспорта по сравнению с автотранспортом увеличивается на 20—25 % и более;

б) непрерывности перемещения транспортируемой горной массы наклонными конвейерами, что способствует устранению ожиданий, простоев и создает предпосылки более надежной работы транспортного оборудования, повышает его производительность на 30—35 %.

При этом надежность работы по сравнению с автомобильным и железнодорожным транспортом возрастает с 0,7—0,75 до 0,8—0,85 и более;

в) наличия аккумулирующих и компенсирующих емкостей в местах загрузки горной массы из конвейера и приема ее в конечных пунктах транспортирования, что способствует повышению производительности на 10—15 % и более;

* Ниже рассматривается лишь более распространенная комбинация автомобильно-конвейерного транспорта.

г) автоматического управления транспортным комплексом, испытанным и внедренным на некоторых предприятиях, обеспечивающих слаженность, организованность и ритмичность его работы, а при появлении отказа — его быстрейшую локализацию, что также способствует повышению производительности от 10 до 20 %.

Следует отметить, что производительность автомобильно-конвейерного транспортного комплекса с увеличением глубины карьера вследствие выдачи горной массы по кратчайшему направлению практически снижается не более чем на 3—5 % на каждые 100 м понижения горных работ.

На большинстве предприятий, перешедших на комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт, производительность труда возросла в 1,4—1,6 раза, при этом себестоимость полезного ископаемого, включая внутрикарьерное первичное дробление, снизилась на 12—15 % и более, что подтверждается также рядом проектных разработок, предусматривающих в глубоких карьерах переход на комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт. Основные технико-экономические показатели этого вида транспорта по проектным данным института Южгипроруда приведены в табл. 30.

Достоинством комбинации автомобильно-конвейерного транспорта является то, что появляется возможность не только не допустить снижения производительности карьера с глубиной по транспортным возможностям, но и достигнуть некоторого ее увеличения, что при других рассмотренных видах транспорта сделать, как правило, не удается.

Особенностью комбинации автомобильно-конвейерного транспорта глубоких карьеров является то, что дополнительно к рассмотренным ранее видам транспорта вводятся наклонные подъемники. Наклонные подъемники располагаются на бортах карьеров обычно на расстоянии не менее 400—500 м друг от друга. В карьере иногда имеется два, три и более подъемников, которые служат для транспортирования руды и пород.

Подъемники обычно имеют одну или две линии (нитки) конвейеров. Длина наклонных ставов достигает 800—1000 м.

Непременным элементом комбинации автомобильно-конвейерного транспорта является перегрузочный пункт, предназначенный для перегрузки горной массы из автосамосвалов или вагонов на конвейер. Перегрузочные пункты оснащаются грохотильно-дробильными устройствами и механизмами, питающими конвейеры. Перегрузочные пункты бывают стационарные, полустационарные и передвижные. Стационарные пункты строятся в карьере на одном из промежуточных горизонтов и служат весь период эксплуатации автомобильно-конвейерного транспорта. Стационарность обуславливается рациональными расстояниями транспортирования горной массы к перегрузочному пункту, редко превышающими 1,5—2 км. Стационарные перегрузочные пункты — это капитальные сооружения с полным комплектом средств механизации и управления (рис. 34).

Таблица 30

Показатели	ЮГОК	НКГОК			Анновский карьер СевГОК		ИнГОК (I и II тракты)	ЦГОК		ДГОК
		руда	карьер №2-бис		руда	скаль- ная вскрыша		скальные породы	руда	скальная вскрыша
			руда	скальная вскрыша						
Производительность конвейерной системы, тыс. т	20000	20000	8500	10000	18 000	20000	364 000	16 000	20 000	20000
Длина трассы, км	2,52	1,02	0,71	0,73	2,25	1,81			1,2	1,1
Общая длина конвейеров, км	3,04	1,78	1,0	0,9	2,5	2,02			1,99	1,32
Высота подъема горной массы, м	192	175	129	129	216	190			190	160
Капитальные вложения на строительство конвейерной системы, тыс. руб.	12621	17148	7838	8000	10034	8487	31981	18584	13587	11659
Эксплуатационные расходы, тыс. руб.	2551,6	3316	1809,4	1739	2662,52	2515,7	6280,3	2283,7	2692,2	2082,5
в том числе на:										
дробление	325,4	313,1	313,1	313,1	280,0	235,0	837,6	391,0	425,0	477,0
транспортирование	2226,2	2537,8	1233,7	1233,7	2380,52	1990,7	5442,7	1417,3	2197,0	1605,0
Затраты на 1 т транспортируемого материала, коп.	12,76	16,58	21,29	17,39	14,79	12,57	17,45	14,27	13,46	10,41
в том числе на:										
дробление	1,63	1,56	3,68	3,13	1,6	1,2	2,3	2,44	2,48	2,88
транспортирование	11,13	12,68	14,51	12,14	13,22	10,17	15,15	8,86	10,98	8,03
погрузку	—	2,34	3,1	1,42	—	1,2	—	2,97	—	—
Годовой экономический эффект, млн. руб.	1,72	3,94	1,8	0,9	0,98	1445	3,0	1,7	1,49	0,8

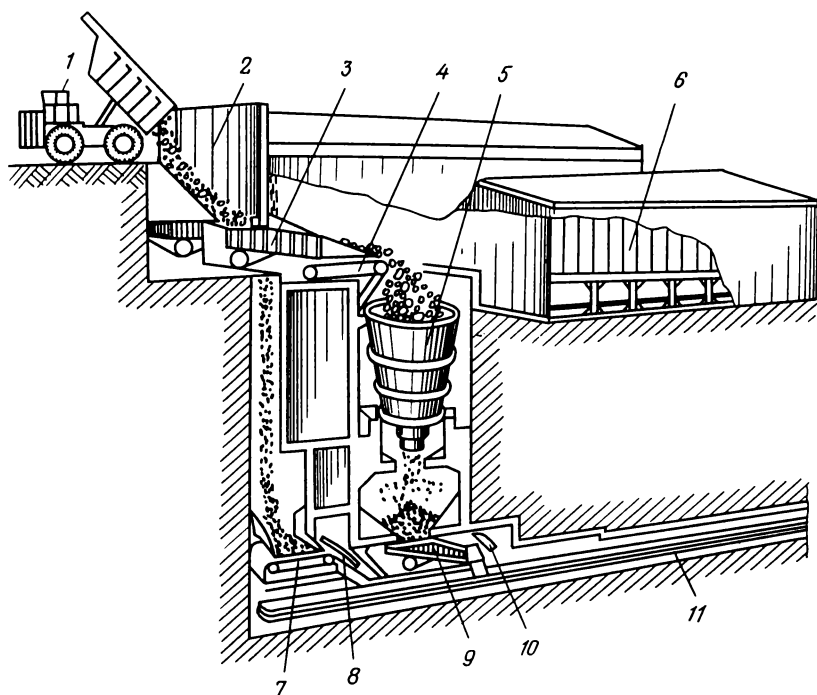


Рис. 34. Грохотильно-дробильный перегрузочный пункт на меднорудном карьере Беркли (США) производительностью 50 000 т/смену:

1 — автосамосвал грузоподъемностью 100 т; 2 — приемный бункер вместимостью 400 т; 3 — виброгрохоты-питатели; 4 — питатель; 5 — конусная дробилка с загрузочным отверстием 1524 мм; 6 — пылесборники; 7 — пластинчатый питатель; 8, 10 — магниты; 9 — вибропитатель; 11 — конвейер ленточный, $R = 1524$ мм, $v = 3,6$ м/с

Полустационарные пункты также располагаются на промежуточных горизонтах, но периодически перемещаются по мере понижения горных работ (через 5—8 лет). Строятся они обычно из сборных железобетонных конструкций, блоков, плит, удобных для быстрого монтажа и демонтажа. Сборность конструкций перегрузочных пунктов позволяет применять при их строительстве прогрессивные методы, с предварительным изготовлением железобетонных колонн, стеновых панелей, строительных и технологических металлоконструкций и собирать их мощными кранами на колесном или гусеничном ходу. За счет одновременного выполнения различных видов работ полустационарные пункты могут быть построены за несколько месяцев. Шаг переноса полустационарных пунктов в зависимости от специфики выполняемых горных работ может изменяться от 50—60 до 90 м и более. Тем не менее, для многих карьеров можно ограничиться одним положением перегрузочного пункта, а на более глубоких — увеличить шаг переноса.

В общем случае шаг переноса (в м) перегрузочного пункта определяется по формуле М.Г. Новожилова:

$$l = 20\sqrt{\frac{K_{дп} i_p}{C_a K_{тр} S \gamma}}, \text{ м}, \quad (38)$$

где $K_{д}$ — дополнительные затраты, связанные с оборудованием перегрузочного пункта, руб.; i_p — руководящий уклон автотранспорта, ‰; C_a — затраты на 1 т·км перевозки груза автотранспортом, коп.; $K_{тр}$ — коэффициент развития трассы; S — средневзвешенная площадь уступов, подлежащих обработке на данном горизонте, м²; γ — плотность горной массы в целике, т/м³

Влияние факторов времени и глубины ведения горных работ на шаг переноса концентрационных горизонтов выражено формулой

$$l_{III} = \sqrt{\frac{K_{дп} i_p}{[A - H(\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \alpha')] [B - H(\text{ctg} \beta + \text{ctg} \beta')] \gamma K_{тр} C_a (1 - \Delta C)} \frac{H}{h_r}}, \text{ м}, \quad (39)$$

где A и B — соответственно длина и ширина проектного контура карьерного поля по поверхности, м; α и α' — углы откоса борта карьера, определяющие полуоси эллипса, градус; β и β' — углы откоса борта карьера, определяющие малые полуоси эллипса, градус; H — глубина карьера, м; ΔC — относительное уменьшение затрат на транспортирование по годам; h_r — среднегодовое понижение горных работ, м.

Так на карьере Твин Бьютс (США) зона карьера по глубине, обслуживаемая при одном положении перегрузочного пункта, принята равной 92—152 м, что позволяет капитально сооружать и оборудовать перегрузочные пункты с большим сроком существования. Возникавшие ранее трудности с размещением и использованием на перегрузочных пунктах конусных дробилок, требующих для установки большой высоты, практически отпадают. В этом случае конусная дробилка, принимающая крупногабаритный кусок, работающая под завалом и имеющая на 20—25 % меньшую стоимость, будет более выгодной в эксплуатации, чем две щелевые дробилки, часто предусматриваемые в проектах перегрузочных пунктов без предварительного грохочения.

Это подтверждается и зарубежной практикой, где все вновь построенные и строящиеся карьеры [Хамерсли (Австралия), Сиеррита (США), Экзотика (Чили) и многие другие] оборудуются конусными дробилками.

Зарубежный опыт показывает, что полустационарные перегрузочные пункты, расположенные на промежуточных горизонтах, обычно строятся закрытого типа; стационарные, а также полустационарные перегрузочные пункты на борту карьера, кроме того, как правило, отапливаются.

Передвижные перегрузочные пункты состоят из легких конструкций, размещаемых на гусеничном или колесном (трайлеры) ходу. Они передвигаются самостоятельно или с помощью тягачей по мере развития работ в карьере (через несколько дней или две-три недели). Подвижные перегрузочные пункты применяются при сравнитель-

но небольшой производительности карьеров и наиболее целесообразны при совместной работе с погрузчиками и автосамосвалами малой грузоподъемности. Более широкое применение они получают с выпуском мобильных короткозвенных конвейеров.

В практике встречается ряд разновидностей комбинации автомобильно-конвейерного транспорта. Различаются они по характеру и месту расположения перегрузочных пунктов и конвейерных трактов, так как внутрикарьерный автотранспорт во всех вариантах предусматривается в качестве сборочного, доставляющего горную массу на перегрузочные пункты, а на поверхности может быть использован не только конвейерный транспорт.

На карьерах используют следующее размещение перегрузочных пунктов и конвейеров:

перегрузочный пункт и конвейер на поверхности;

перегрузочный пункт на поверхности и конвейер в стволе;

перегрузочный пункт на поверхности, конвейер частично в стволе, частично на поверхности;

перегрузочный пункт под землей с подачей на него материала через рудоспуски, конвейер в стволе;

перегрузочный пункт на поверхности, рудоспуски, конвейер в стволе.

Распространенной и наименее сложной по исполнению является схема с размещением перегрузочного пункта и конвейера на поверхности (Среднеуральский ГОК, Качарский ГОК, Анновский карьер и др.).

Во многих случаях, когда представляется возможность разместить конвейеры на борту, применяется схема с размещением перегрузочного пункта на поверхности и конвейера в наклонном стволе (Ингулецкий, Оленегорский ГОК, ЮГОК и др.), конвейерный ствол вмещает конвейеры и фуникулер.

Промежуточной среди этих двух систем является схема с частичным расположением конвейера на поверхности и в стволе (Ковдорский ГОК). Преимущество ее в сравнении с первым вариантом в том, что в местах пересечения с внешними коммуникациями конвейер размещается в стволе или в углубленной в землю галерее (Стойленский ГОК). Эта схема в дальнейшем может быть применена на Сарбайском карьере ССГОКа и др.

За рубежом (Канада, Австралия и др.) имеются предприятия, на которых автомобильно-конвейерный транспорт в карьерах применяется в сочетании с рудо- и породоспусками.

В первом варианте перегрузочный пункт располагают под землей и горная масса по рудоспуску подается непосредственно к грохотильно-дробильному узлу, от которого по горизонтальным и наклонным выработкам системой конвейеров дробленый материал выдается на поверхность. Во втором — перегрузочный грохотильно-дробильный пункт размещается на поверхности с подвижными дробилками, часто перемещаемыми в карьере и соединяющимися с рудоспусками мобильными ленточными конвейерами.

Оба варианта могут применяться при небольших глубинных запахах руды для разработки карьером с дальнейшей комбинированной разработкой месторождения открыто-подземным способом.

Устройство перегрузочных пунктов под землей и размещение конвейеров в стволах, как правило, требуют значительно больших капиталовложений (в 2—3 раза и более) и более длительного времени (в 3—4 раза), чем устройство их на поверхности или на борту карьера.

Опыт показывает, что затраты на сооружение перегрузочных пунктов и конвейерных трактов составляют до 65 % общих капитальных вложений. В связи с этим в южных районах конвейерные тракты рекомендуется устраивать открытыми (иногда с навесами от дождя и солнца) или в легких галереях щитовой конструкции, допускающих снятие щита при ремонтных работах. Перегрузочные пункты должны быть в закрытых неутепленных помещениях. В северных районах галерей должны быть закрытые, а перегрузочные пункты отапливаться.

В последних проектах обычно предусматривается устройство одной конвейерной линии без дублирования. Если конвейерная линия жестко связана с последующим основным технологическим оборудованием, а затраты на конвейер невелики, то дублирование может оказаться выгодным. В отдельных случаях при транспортировании руды и породы применение двух конвейерных линий целесообразно при возможности их взаимозаменяемости и переключения грузопотоков с одной линии на другую (проектные варианты ЦГОК №3 и Первомайского карьера СевГОКа).

Строительство двух конвейерных линий осуществляется последовательно. При однолинейных конвейерных системах необходимо устройство вместимых бункерных устройств, аккумулирующих складов у борта карьера и на поверхности, перед обогащательными фабриками, погрузочными устройствами во внешний транспорт и т. д. При расчете конвейерной линии запас по производительности принимают до 20—25 % (чаще за счет увеличения ширины ленты конвейера).

§ 2. ВЫБОР МЕСТА ЗАЛОЖЕНИЯ КОНВЕЙЕРНЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

От рационального размещения конвейерного подъемника зависит развитие работ в карьере, последовательность отработки отдельных горизонтов, приведение карьера в состояние, наиболее отвечающее требованиям перехода на выдачу горной массы из карьера конвейерным транспортом.

Большое значение имеет принятый способ вскрытия нижних горизонтов с тем или другим расположением открытого наклонного подъемника. Открытые наклонные подъемники располагают стационарно на нерабочем борту (рис. 35, а) в опережающей траншее, на временно нерабочем (рис. 35, б) и частично на рабочем борту (рис. 35, в).

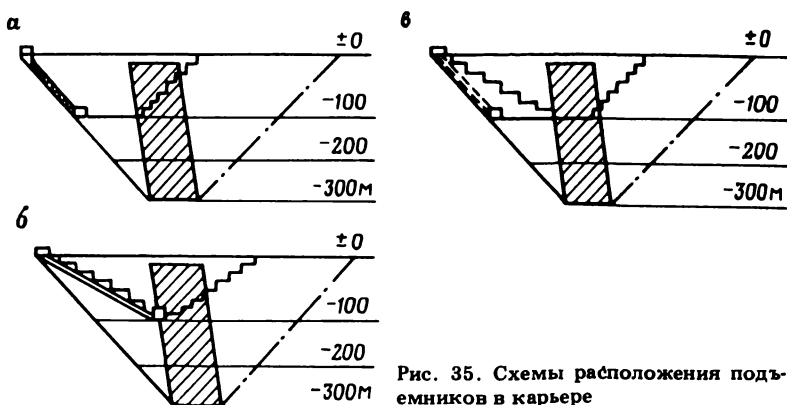


Рис. 35. Схемы расположения подъемников в карьере

Расположение подъемника на временно нерабочем борту позволяет перенести разработку части объемов вскрыши на более поздний период, но при этом возникают дополнительные затраты на перенос подъемника. Возможна также установка подъемника на предельном контуре карьера, но для этого нужно большое опережение для приведения одного из бортов в конечное положение.

При большой производительности капитальные подъемники располагают на нерабочем борту на длительный или полный период эксплуатации месторождения и, как правило, в процессе понижения работ в карьере удлиняются в связи с переносом на большую глубину перегрузочного пункта. Подъемники стремятся располагать на лежащем боку залежи. При слабых боковых породах и при разработке пологопадающих залежей борта карьеров пологие, что позволяет прокладывать конвейерные подъемники по склону борта перпендикулярно (нормально) к линии бровки уступов. Так располагаются конвейерные подъемники на большинстве уральских угольных карьеров, на марганцевых карьерах Украины, а также на некоторых зарубежных карьерах (рудные карьеры Канады, Запада США и др.).

При крепких боковых породах угол наклона борта карьера чаще всего составляет $30-40^\circ$. В этих случаях конвейерные подъемники располагают диагонально относительно линии бровки уступов. Расположение конвейерного подъемника в опережающей траншее, пройденной нормально или немного по диагонали к борту карьера, наиболее распространено на большинстве рудных месторождений.

Расположение подъемников с задалживанием рабочего борта в практике открытых работ применяется редко: при небольших объемах производства подъемных легких конструкций, удобных для последующего перемещения на новое место.

Конвейерные подъемники располагают как на одном из продольных бортов карьера, так и на флангах. При достижении одним из бортов предельного положения подъемники располагаются на нем стационарно в капитально выполненных сооружениях. При этом с развитием работ в карьере увеличивается расстояние перевозок автомобильным транспортом от забоев до подъемного конвейера. Для сок-

ращения этого расстояния используют соединительные конвейеры. При этом конвейерный подъемник устанавливается стационарно, а перегрузочный пункт перемещается. Для сокращения расстояния перевозок автомобильным транспортом по мере углубления горных работ (особенно в момент перемещения перегрузочных пунктов) бывает экономически выгодно производить переукладку конвейерных подъемников в новое положение. При этом для обеспечения непрерывной работы карьера (при круглогодичном режиме работы) необходимо иметь два или более конвейерных подъемников, один из которых будет находиться в работе, другой — в монтаже. В случае необходимости переукладки конвейерного подъемника по мере углубления горных работ положение бортов карьера рассматривается в динамике. При этом возможна полная или частичная переукладка конвейеров.

Для многих крупных и вытянутых в одном направлении крутопадающих рудных залежей целесообразно устройство двух или более открытых капитальных конвейерных подъемников. При этом появляется возможность сократить расстояние транспортирования автотранспортом, более рационально расположить подъемники по длине карьера или на его фланге в зависимости от объемов горной массы подлежащих транспортированию. Однако расположение нескольких подъемников открытого типа в карьере требует погашения одного из бортов карьера или его части, или длительной консервации бортов. Особенно сложно решается этот вопрос, если по борту, где намечается устройство подъемника, проходит большое число наземных коммуникаций, требующих для своего пересечения устройства переездов, мостов, эстакад-виадуков и т. д.

Выбор места расположения конвейерного подъемника в карьере в открытом исполнении и его оптимальной трассы является многовариантной задачей, решаемой в экономическом плане. В качестве критерия оценки используются приведенные затраты (в руб.), которые можно подсчитать по формуле Б.Н. Тартаковского:

$$\Sigma S_j = \sum_{i=1}^n [E_n (kP_{ji} + K_{jiп} + K_{jid} + K_{jit}) \sum_{j=1}^n f^{i \sum_{k=1}^j 1^k} + \sum_{k=1}^{ji} (C_{jkQ} Q_k + C_{jkV} V_k) f^k - 1], \quad (40)$$

где E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; k — удельные капитальные затраты на развитие производственной мощности карьера по горной массе при автомобильно-конвейерном транспорте, руб./т; P_{ji} — производственная мощность карьера по горной массе в i -й зоне при вскрытии по j -схеме, т; $K_{jiп}$ — капитальные затраты при переходе на новую технологию, руб.; K_{jid} — дополнительные капитальные затраты при переносе конвейерного подъемника, руб.; K_{jit} — капитальные затраты на проведение опережающих выработок, руб.; $f^{i \sum_{k=1}^j 1^k}$ — коэффициент приведения затрат к началу перехода на новую технологию; C_{jkQ} — себестоимость 1 т руды

в k -м году по j -й схеме вскрытия, руб.; Q_k — количество добытой руды в k -м году, т; C_{jkV} — затраты на обработку 1 м³ вскрыши в k -м году по j -й схеме вскрытия, руб.; V_k — объем отработанной вскрыши в k -м году, м³; $f^k - 1$ — коэффициент приведения затрат более поздних лет к текущему моменту.

За рабочую зону принята глубина карьера между концентрационными горизонтами.

Как уже было указано, место заложения подъемника выбирают в начале проектирования разработки месторождения, к моменту перехода на автомобильно-конвейерный транспорт один из бортов карьера должен быть приведен в конечное положение или поставлен на длительную консервацию. При этом часть других коммуникаций с нерабочего борта должна быть убрана или перенесена на другие участки борта.

§ 3. ВИДЫ КОНВЕЙЕРНЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Конвейерные подъемники располагаются на борту карьера в открытых и в подземных выработках, а также в предварительно пройденных траншеях, в наклонных шахтных стволах и частично в траншее или в стволе. Подъемники в траншеях располагают относительно борта карьера нормально к плоскости борта, диагонально, криволинейно (с переломом) и зигзагообразно (рис. 36). Если угол наклона борта карьера не превышает допустимого угла подъема трассы ленточных конвейеров, то подъемник располагается нормально к борту с минимальными выемками и насыпями. На карьерах, разрабатывающих крутонаклонные залежи, для размещения конвейеров проводят внутренние и внешние траншеи.

При диагональном расположении конвейеры устанавливают в полутраншеях и полунасыпях, на эстакадах небольшой высоты, иногда

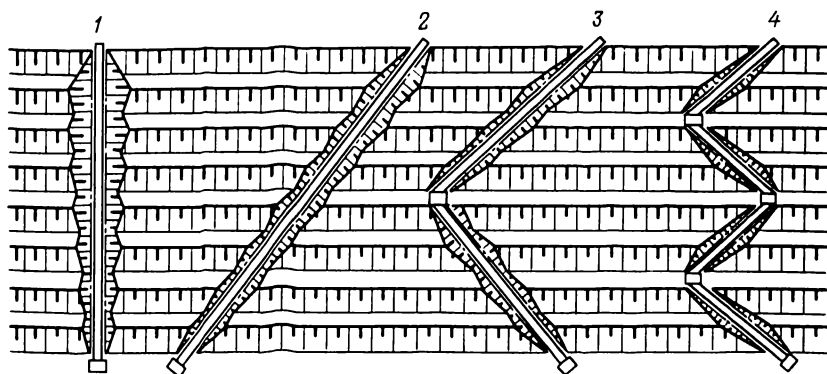


Рис. 36. Схема расположения конвейерных наклонных подъемников относительно борта карьера:

1, 2, 3, 4 — соответственно нормальное, диагональное, криволинейное и зигзагообразное

укладывают в короба, располагаемые под другими транспортными коммуникациями. Диагональное расположение обычно бывает вынужденным, так как требует выемки больших объемов горной массы, нередко составляющих несколько сот тысяч кубических метров.

При нормальном и диагональном расположении стремятся преодолеть высоту доставки горной массы на поверхность путем установки на трассе подъемника одного, в крайнем случае двух составов конвейеров. При одном конвейере исключается необходимость перегрузки и транспортируемая горная масса от загрузочного узла с нижних горизонтов карьера выдается непосредственно на поверхность, где горизонтальными конвейерами или другим видом транспорта она доставляется по назначению. Наличие двух конвейеров требует сооружения дополнительного перегрузочного пункта, который может вызвать возможные остановки и неполадки в работе. Установка одного, двух или нескольких конвейеров обуславливается мощностью приводов конвейеров, прочностными характеристиками конвейерных лент, конструктивным устройством подъемника. Число ставов конвейерного подъемника и его параметры ориентировочно могут приниматься в соответствии с данными табл. 31. В таблице приведены оптимальное число ставов и их параметры, которым соответствует минимум приведенных затрат. Однако при этом не учтены затраты на горно-капитальные работы (проведение траншей, стволов, устройство эстакад, мостов), на устройство галерей и сооружение зданий перегрузочных узлов с их оборудованием. С учетом этих факторов число ставов в каждом конкретном случае может изменяться.

В тех случаях, когда карьеры имеют значительную глубину, а конвейеры не обладают необходимой мощностью и необходимой длиной ставов, применяется криволинейное или зигзагообразное расположение конвейеров; в первом случае из двух расположенных под углом по отношению друг к другу конвейеров, во втором из нескольких конвейеров. Несмотря на то, что такое расположение конвейеров требует небольших объемов земляных работ для устройства трассы, тем не менее это усложняет эксплуатацию подъемника, ведет к увеличению персонала, обслуживающего конвейеры, возможными неполадками из-за многочисленных перегрузок транспортируемой горной массы.

В последние годы зигзагообразное расположение конвейеров почти не применяется, за исключением временных систем конвейерного транспорта, состоящих из ряда мобильных короткозвенных конвейеров.

Основным достоинством криволинейного и зигзагообразного устройства конвейерных подъемников является небольшой объем горно-строительных работ. Большой объем горных работ бывает при проведении траншей внешнего заложения для размещения конвейеров. Эти траншеи обычно проводят драглайнами (в отдельных случаях мехлопатами и бульдозерами). Вынимаемая из траншеи горная масса размещается на бортах траншеи или вывозится за пределы в

Таблица 31

Глубина карьера, м	Скорость движения ленты, м/с	Годовая производительность линии, млн. т														
		10					15					20				
		Q_H , т/ч	$n_{ст}$	$l_{ст}$, м	B , м	Параметры конвейерных подъемов				Q_H , т/ч	$n_{ст}$	$l_{ст}$, м	B , м	Тип ленты	N , кВт	Q_H , т/ч
Тип ленты	N , кВт					Тип ленты	N , кВт	Тип ленты	N , кВт							
150	3,15	1700	2	250	1,0	РТЛ-2500	650	2250	1	500	1,2	РТЛ-5000	1740	3000	1	500
	2,50	1650	2	250	1,0		620	2250	1	500	1,2	РТЛ-6000	1700	3000	1	500
250	3,15	1850	3	270	1,0	РТЛ-2500	750	2550	2	400	1,2	РТЛ-5000	1570	3400	2	400
	2,50	1850	2	400	1,2	РТЛ-4000	1150	2550	2	400	1,4			3250	2	400
350	3,15	1800	4	290	1,0	РТЛ-2500	785	2550	2	575	1,2	РТЛ-6000	2230	3700	3	380
	2,50	1700	2	580	1,4	РТЛ-5000	1550	2770	3	385	1,4	РТЛ-5000	1610	3700	3	380
500	3,15	1860	6	270	1,0	РТЛ-2500	760	2750	3	535	1,2	РТЛ-6000	2230	4000	4	400
	2,50	1700	2	800	1,4	РТЛ-6000	2100	2550	3	535	1,4		2080	4000	4	400
650	3,15	1850	3	700	1,4	РТЛ-5000	2050	2700	4	525	1,2	РТЛ-6000	2140	3750	5	420
	2,50	1700	3	700	1,4	РТЛ-6000	1870	2700	4	525	1,4		2130	3750	5	420
800	3,15	1850	3	870	1,4	РТЛ-6000	2520	2700	5	520	1,2	РТЛ-6000	2190	3910	6	430
	2,50	1700	4	650	1,4	РТЛ-5000	1750	2800	6	435	1,4		1840	3910	7	370
950	3,15	1700	4	780	1,4	РТЛ-5000	2120	2800	6	520	1,2	РТЛ-6000	2200	4100	8	390
	2,50	1700	4	780	1,6	РТЛ-6000	2100	2930	7	445	1,4		1960	4100	8	390

Продолжение табл. 31

Глубина карьера, м	Скорость движения ленты, м/с	Годовая производительность линии, млн. т														
		20					25					30				
		Параметры конвейерных подъемников														
<i>B</i> , м	Тип ленты	<i>N</i> , кВт	Q_H , т/ч	$n_{ст}$	$l_{ст}$, м	<i>B</i> , м	Тип ленты	<i>N</i> , кВт	Q_H , т/ч	$n_{ст}$	$l_{ст}$, м	<i>B</i> , м	Тип ленты	<i>N</i> , кВт		
150	3,15	1,2	РТЛ-6000	2260	3750	1	500	1,4	РТЛ-6000	2820	4500	1	500	1,8	РТЛ-6000	3400
	2,50	1,4		2260	3750	1	500	1,8		2830	5100	2	250	1,8	РТЛ-5000	1950
250	3,15	1,4	РТЛ-5000	2050	4100	2	400	1,4	РТЛ-6000	2460	5100	2	400	1,6	РТЛ-6000	3050
	2,50	1,4	РТЛ-6000	1950	4100	2	400	1,6		2450	5520	3	270	1,8	РТЛ-5000	2220
350	3,15	1,4	РТЛ-5000	2150	4600	3	380	1,6	РТЛ-6000	2660	5150	3	380	1,6	РТЛ-6000	2950
	2,50	1,6	РТЛ-6000	2150	4300	3	385	1,6		2450	5150	4	290	1,8	РТЛ-5000	2225
500	3,15	1,4	РТЛ-6000	2400	4990	4	400	1,6	РТЛ-6000	3000	5350	3	320	1,6	РТЛ-6000	2585
	2,50	1,6		2400	4570	4	400	1,8		2690	5350	5	320	1,8		2570
650	3,15	1,4	РТЛ-6000	2370	4700	5	420	1,6	РТЛ-6000	2950	5600	6	350	1,8	РТЛ-6000	2960
	2,50	1,6		2370	4680	6	350	1,8		2460	5870	7	300	2,0		2980
800	3,15	1,4	РТЛ-6000	2550	4900	7	370	1,6	РТЛ-6000	2740	5850	7	370	1,8	РТЛ-6000	3270
	2,50	1,6		2200	4900	7	370	1,8		2720	6150	8	325	2,0		2980
950	3,15	1,4	РТЛ-6000	2390	5100	8	390	1,6	РТЛ-6000	2970	6700	10	310	1,8	РТЛ-6000	3120
	2,50	1,6		2300	5850	9	345	2,0		3020	7020	9	350	2,4		3630

Примечание. Параметры конвейеров рассчитаны для доставки руды при ее плотности в целике $\gamma = 3,3 \text{ т/м}^3$, максимальном куске транспортируемого материала $a = 0,4 \text{ м}$, угле наклона подъемника $\beta = 18^\circ$; $n_{ст}$ — число ставов в подъемнике; Q_H — расчетная производительность подъемника; $l_{ст}$ — длина става; B — ширина ленты; N — мощность привода одного конвейерного става.

ближайший отвал. В случае проведения внутренних траншей и полутраншей при криволинейном и зигзагообразном расположении подъемника используют бульдозеры. Известен опыт проведения внутренних траншей для нормально и диагонально расположенных подъемников с помощью бульдозера, поддерживаемого лебедкой и тросами.

Проведение наклонной траншеи для устройства подъемника выполнялось также двумя бульдозерами. Один из них работал на наклонной плоскости дна траншеи под углом к другому бульдозеру, находящемуся на поверхности карьера. Бульдозеры соединялись тросом, синхронность их работы обеспечивалась регулировщиком.

Сложнее проводить траншеи в скальных породах, требующих применения буровзрывных работ. В этих случаях вначале устраивают щель с применением скважин малого диаметра, которая потом расширяется до требуемых размеров траншеи или полутраншеи. На рис. 37 показаны два способа проведения траншеи в скальных породах: бестранспортный с перевалкой горной массы экскаватором на ниже расположенные уступы и комбинированный. В последнем случае траншея на верхнем подступе проводится бестранспортным способом, а на нижнем — с погрузкой в автосамосвалы.

Скорость проведения траншей для установки конвейеров может достигать 1000-1200 м в год при мягких породах и 400—500 м при скальных породах.

При неровностях дна траншей (особенно после буровзрывных ра-

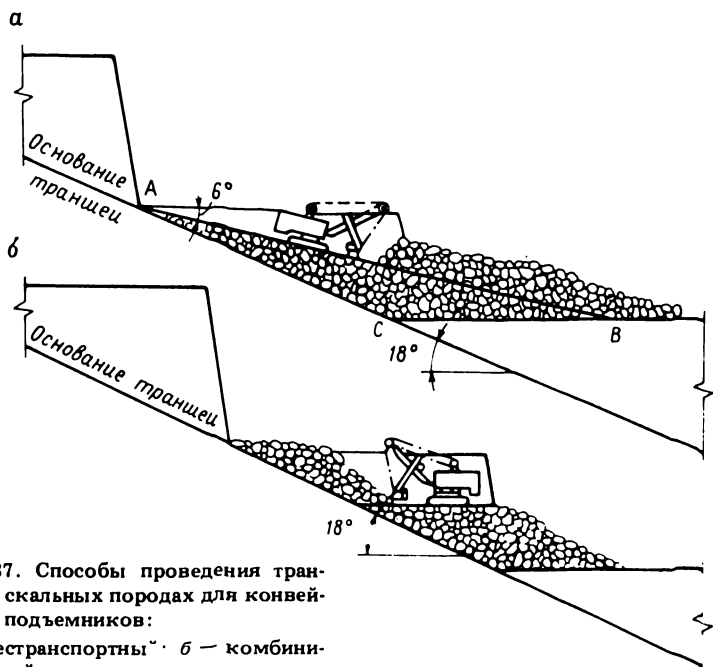


Рис. 37. Способы проведения траншей в скальных породах для конвейерных подъемников:

а — бестранспортный; б — комбинированный

бот) их подготавливают путем создания бетонной подушки, на которую в последующем укладываются рамы конвейера. В бетонной подушке вдоль трассы конвейера устраивается канавообразное углубление, по которому стекают поверхностные воды или смывается просыпавшаяся при транспортировании порода.

В последние годы с ростом глубины карьера все чаще конвейеры располагают в наклонных стволах или частично на поверхности, частично в стволе. Последнее наиболее целесообразно при наличии участков трассы, на которых конвейер может быть размещен во внутренней открытой траншее.

При крепких устойчивых породах в бортах карьеров и при необходимости выполнения в них большого объема горных работ, а также при невозможности размещения конвейеров на борту (особенно в тех случаях, когда его пересекают транспортные коммуникации или он находится в движении) конвейеры устанавливают в наклонных тоннелях и стволах, проходимых по кратчайшему пути. Реже конвейеры устанавливаются в горизонтальных выработках, соединяющих карьер с вертикальным шахтным стволом, по которому поднимается горная масса. При расположении конвейеров в наклонных тоннелях и стволах уменьшается объем горных работ, исключается возможность пересечения транспортных и других поверхностных коммуникаций, лучше сохраняется трасса от влияния сдвижения горных пород и нарушения при массовых взрывах, исключается влияние наружных температур, осадков и др. Тоннели, как правило, проходят на отдельных участках для спрямления трассы и снижения объема горно-капитальных работ. При проходке наклонных стволов предусматривается их постепенное углубление в процессе разработки, а также проходка горизонтальных выработок, расположенных на уровне подошвы карьера или ниже ее. В первом случае транспортирование горной массы к стволу осуществляется конвейерами, установленными в штольнях, которые соединяют карьер и наклонный ствол. Во втором случае руда на горизонтальные выработки перепускается по рудоспускам. Перегрузочные пункты располагаются на поверхности или под землей.

Более подробно устройство наклонных стволов и расположенных в них конвейеров будет рассмотрено ниже. При необходимости расположения конвейеров в стволе стремятся ограничиться одним мощным ставом конвейера, так как устройство перегрузочных пунктов, требующих проходки подземных камер, весьма сложно и дорого. В тех случаях, когда это необходимо, стремятся совмещать строительство отдельных частей наклонного подъемника во времени: внутрикарьерного перегрузочного пункта, наклонных стволов с поверхности и с нескольких мест по его длине, а также камер перегрузочных пунктов и сочленений с другими подземными выработками, требующих наибольшего времени для их сооружения. Как в траншеях, так и в наклонных стволах располагают одну или две линии конвейерных ставов. В последнее время предпочитают использовать одну линию конвейеров, что подтверждают ряд выполненных исследований, проведенных на карьерах КМА и Кривого Рога. В процессе ис-

Таблица 32

Глубина карьера, м	Приведенные затраты, коп/т. км при годовой производительности, млн. т		
	10	20	30
250	8,39/7,0	7,49/5,5	7,04/5,3
500	6,91/6,95	6,04/5,3	5,64/4,89
800	7,1/7,76	5,54/5,93	5,18/5,56

Примечание. В числителе приведены данные для однолинейных, в знаменателе — для дублированных конвейерных линий.

Таблица 33

Горная масса	Угол наклона конвейерной трассы, градус		
	номинальный	фактический	предельный
Крупнодробленая железная руда	14—15	16	17—18
Крупно- и среднедробленая медная руда	13—14	15—16	17
Различного рода дробления руды	13—15	15—16	17—19
Крупнокусковой уголь	16	18	22
Крупнокусковой уголь в смеси с мелочью	18	20	24
Сухие глинистые породы	16	16—18	18—19
Влажные глинистые породы	17	18—19	20—22
Скальные породы различной крупности	15—16	16—17	19
Влажный песок	17	17—18	18—20

следований были установлены высокие коэффициенты готовности конвейерных линий при транспортировании скальных крупнодробленых пород и руд. Эти коэффициенты изменяются от 0,92 до 0,99. Поэтому строящиеся ранее две линии конвейеров не вызываются необходимостью, тем более, если для повышения надежности работы комплекса создаются аккумуляторы транспортируемого груза (склад, бункера и т. д.). При расчете однолинейной конвейерной линии запас по производительности (за счет ширины лент) принимают 20—25 %. Целесообразность дублирования конвейерной линии предварительно можно оценить по данным табл. 32.

При использовании однолинейной конвейерной линии учитывались затраты на сооружение рудного склада с суточным запасом руды для обогатительной фабрики, но не учитывались затраты на горно-капитальные работы, на сооружение галерей и зданий перегрузочных узлов. При учете затрат на горно-капитальные и прочие работы глубина карьера, с которой дублирование конвейерных линий нецелесообразно, уменьшается.

При необходимости транспортирования наклонным подъемником руды и породы бывает рационально устанавливать две конвейерные

линии в одном стволе (или траншее), что позволяет сократить капитальные затраты и улучшить условия эксплуатации карьера за счет взаимозаменяемости конвейеров и возможности переключения грузопотоков с одной линии на другую.

Углы наклона конвейерных подъемников и устанавливаемых в них конвейеров (табл. 33) принимаются в зависимости от физико-механических свойств транспортируемых пород и полезных ископаемых.

Большинство подъемников устроенных в траншеях и в стволах с длительным сроком эксплуатации и предназначенных для транспортирования кускового материала, имеют углы наклона конвейеров не более 16° , временные установки иногда имеют углы наклона до $17-18^\circ$. При транспортировании рядового материала угол наклона подъемника больше, чем при транспортировании крупнокускового материала однородной крупности и большей окатанности.

§ 4. ПОДЪЕМНЫЕ И МАГИСТРАЛЬНЫЕ ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

Применяемые в глубоких карьерах конвейеры бывают стационарные и полустационарные и по своему назначению и расположению делятся на подъемные и магистральные. Кроме того, при транспортировании горной массы конвейерами из забоев различают забойные, передаточные и сборочные конвейеры. Эти виды конвейеров являются полустационарными, передвижными (переносными) и изменяют свое местоположение по мере развития работ в карьере. Для транспортирования вскрышных пород в отвалы используют отвальные конвейеры с отвалообразователями. По конструктивному устройству конвейеры, используемые в карьерах, бывают ленточные, ленточно-канатные и специальные. К последним относятся конвейеры, используемые в виде питателей, перегружателей и др.

Преимущественное распространение получили ленточные конвейеры в основном магистральные и подъемные, служащие для доставки горной массы из глубоких карьеров на поверхность. Магистральные конвейеры транспортируют материал от перегрузочного пункта на конвейерный подъемник, а также на поверхности до обогатительных фабрик или отвалов. Это обычно мощные, с более широкой лентой, чем забойные, передаточные и другие конвейеры, входящие в конвейерную систему.

Наиболее мощные ленточные конвейеры с лентой, рассчитанной на прочность 30 кН/см, выпускаются на Сызранском заводе тяжелого машиностроения (табл. 34). Сызранский завод осваивает выпуск конвейеров для автомобильно-конвейерного транспортирования материала на карьерах (табл. 35). В этих конвейерах используют три вида приводных блоков мощностью 800, 1000 и 1250 кВт. Блоки оснащены двигателями с фазовым ротором. В дальнейшем предполагается суммарную мощность привода довести до 5000 кВт, что обеспечит полное использование тяговой способности всего ряда конвейерных

Таблица 34

Конвейер	Ширина ленты, мм	Скорость движения ленты, м/с	Производительность, м ³ /ч	Натяжные ленты, кН	Тяговое усилие, кН	Мощность электродвигателей, кВт	Привод
C160125	1600	1,6	1600	290	175	320	Однобарабанный
C160125	1600	2,0	2000	290	175	400	
C160125	1600	2,5	2500	290	175	500	
C160160	1600	1,6	1600	380	230	400	
C160160	1600	2,0	2000	380	230	500	
C160160	1600	2,5	2500	380	230	630	
C200160	2000	1,6	2560	480	290	500	
C200160	2000	2,0	3200	480	290	630	
C200160	2000	2,5	4000	480	290	800	
C200200	2000	1,6	2560	600	330	630	
C200200	2000	2,0	3200	600	330	800	„
C200200	2000	2,5	4000	600	330	1000	
C200200	2000	1,6	2560	600	450	630	
C200200	2000	2,0	3200	600	450	800	
C200200	2000	2,5	4000	600	450	1000	
C200200	2000	2,5	4000	600	450	и 500	

Таблица 35

Параметры	Конвейеры		
	T-200160-1	T-200160-II	T-160160-II
Ширина ленты, мм	2000	2000	1600
Лента	1РТЛ-3000	1РТЛ-5000	1РТЛ-3150
Натяжение ленты, кН	1100	1100	560
Тяговое усилие, кН	830	830	330
Скорость движения ленты, м/с	2,5	3,15	3,15
Мощность привода, кВт	3x800	3x1250	800
Производительность, м ³ /ч	4000	4700	3000
Привод	Двухбарабанный головной		Однобарабанный головной

резинотросовых лент, осваиваемых резинотехнической промышленностью, включая и ленты с максимальной прочностью 60 кН/см. Двухбарабанный привод выполнен так, что лента огибает приводные барабаны только чистой стороной. Барабаны футеруются резиной. На конвейерах установлен микропривод, позволяющий осматривать ленту при пониженной скорости ее движения, что важно для конвейеров большой длины. Нижняя ветвь имеет двухроликовые опоры с роликами, наклоненными к горизонту под углом 10°, что способствует устранению схода нижней ветви ленты. Нижние ролики футерованы резиновыми кольцами, которые примерно вдвое увеличивают срок службы роликов.

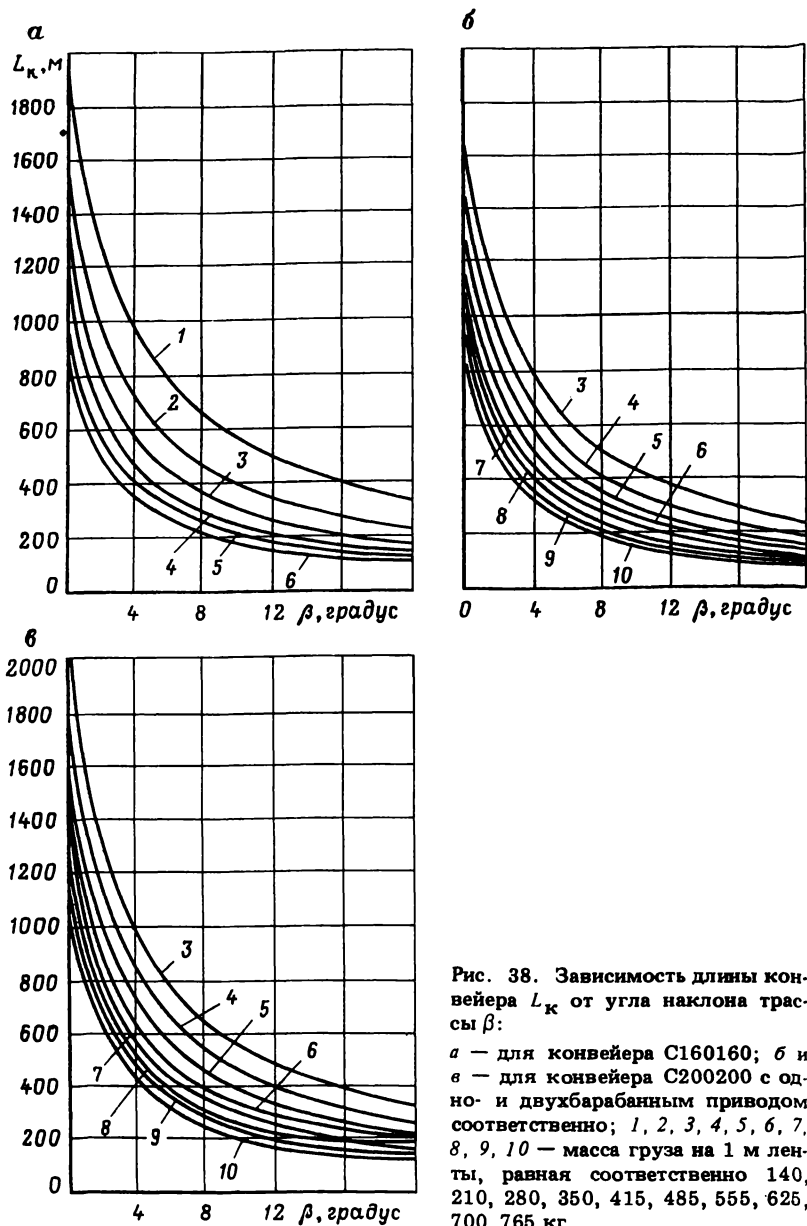


Рис. 38. Зависимость длины конвейера L_k от угла наклона трассы β :

а — для конвейера С160160; *б* и *в* — для конвейера С200200 с одно- и двухбарабанным приводом соответственно; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 — масса груза на 1 м ленты, равная соответственно 140, 210, 280, 350, 415, 485, 555, 625, 700, 765 кг

На конвейерах установлены новые ролики на конических подшипниках, которые показали хорошие ходовые качества. Величина коэффициента сопротивления движению ленты на рабочей ветви уменьшается с увеличением нагрузки и изменяется от 0,018 до 0,024.

Все конвейеры, выпускаемые Сызранским заводом, могут транспортировать скальные породы крупностью до 400 мм (масса кусков до 57 кг). Предельная длина конвейера зависит от угла его наклона (рис. 38). С увеличением длины конвейера металлоемкость конвейеров снижается. Недостатками конвейеров являются необходимость их размещения в отапливаемых помещениях при использовании в суровых климатических условиях и установки привода на фундаменте.

Конвейеры, выпускаемые Сызранским заводом, на протяжении более десяти лет работают на Ингулецком горно-обогатительном комбинате в составе автомобильно-конвейерной системы подачи руды на обогатительную фабрику. Наибольшие простои конвейеров происходили из-за неполадок с роlikоопорами и в меньшей степени с натяжными станциями. Почти половина простоев конвейерной линии приходится на подъемный конвейер К-2. При пуске слабонаклонных магистральных конвейеров К-1 и К-3 иногда происходит кратковременная пробуксовка ленты на главном приводе.

Опыт эксплуатации ленточных конвейеров Сызранского завода на горных предприятиях Кривого Рога показывает, что скорость движения лент шириной 1600—2000 мм для жестких роlikоопор и при транспортировании скальных пород и руд целесообразно принимать в пределах 2,5—3,15 м/с. При снижении крупности горной массы скорость движения ленты может быть увеличена. При транспортировании крупнодробленого скального материала увеличение допустимой скорости движения лент до 3,5 м/с должно достигаться оснащением линейного става конвейеров податливыми роlikоопорами. Эти же роlikоопоры обеспечивают возможность при скорости движения ленты 2—2,5 м/с транспортировать скальные породы и руды крупностью до 600 мм

Применение гириандных податливых роlikоопор по сравнению с жестко установленными позволяет в 2—3 раза снизить нагрузку на ролики на линейной части и в 5—7 раз — в пунктах погрузки, уменьшить на 25—30 % энергоемкость за счет улучшения динамики взаимодействия кусков с роlikоопорами и увеличить устойчивость хода ленты при скоростях ее движения до 3 м/с и крупности кусков до 600 мм без применения центрирующих устройств.

Для исключения схода ленты на нижней ветви конвейера должны применяться двухроlikовые опоры с углом наклона боковых роlikов 10—15°

Предполагается, что конвейеры будут иметь устройства переворота ленты (предложенные ИГД Минчермет СССР) на всех установках, оснащенных резинотросовыми лентами РТЛ 4000—6000 шириной 1600 и 2000 мм, а также специальные очистители лент от налипающего материала (рис. 39).

Наряду с совершенствованием конструкции конвейеров повышается их надежность и долговечность, применяется более широкая унификация, снижаются металлоемкость и трудоемкость монтажа и ремонта.

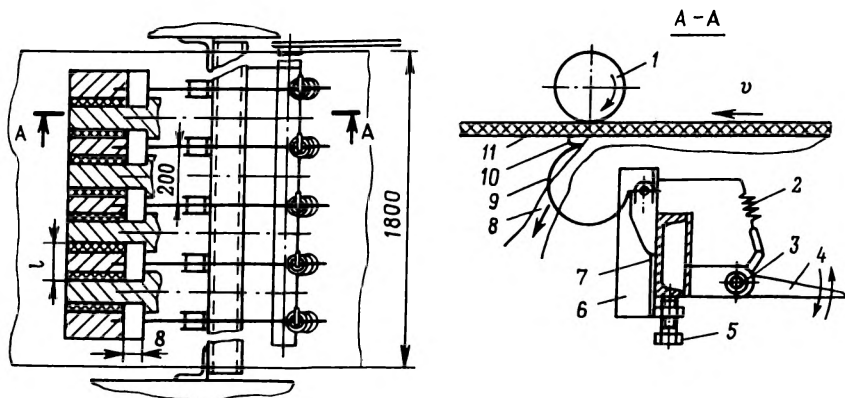


Рис. 39. Секционный очиститель конвейерных лент:

1 — подпорный барабан; 2 — пружина; 3 — труба; 4 — рычаг регулировки системы поджатия; 5 — упорный винт; 6 — металлоконструкция конвейера; 7 — балка; 8 — счищаемая порода; 9 — двулучный рычаг; 10 — рабочий элемент; 11 — конвейерная лента

Одной из важнейших задач в этом направлении является создание конвейеров для различных климатических зон, в том числе конвейеров, пригодных для эксплуатации вместе с их электрооборудованием на открытом воздухе под небольшими укрытиями от осадков.

Температурные колебания значительно влияют на тяговое усилие привода. Зависимость тяговых усилий привода ленточного конвейера от температурных колебаний можно определить по следующей формуле:

$$W_0 = [K_T (W_1 + w'g_L + 0,015g_L) + w'g_T] L + \Sigma W_{\text{доп}}, \quad (41)$$

где K_T — температурный коэффициент (при $t^\circ = -20, -30$ и -40° $K_T = 1,25; 2,0; 3,0$ соответственно); W_1 — величина удельного сопротивления от вращения роликов и их вдавливания в ленту, Н/м; g_L — масса 1 м ленты, кг; w' — коэффициент сопротивления, учитывающий совместное формирование груза и ленты на роликоопорах; g_T — масса груза, приходящаяся на 1 м ленты, кг; L — длина ленточного конвейера, м; $\Sigma W_{\text{доп}}$ — сумма дополнительных сопротивлений кг.

Предусматривается создание магистральных конвейеров в климатическом исполнении У1, У2 и ХЛ2, а также У3 и У4.

Для транспортирования полускальных и скальных пород на базе конвейера КРУ-900 был создан конвейер 2ЛУ120. Допускаемая крупность руды при транспортировании этим конвейером достигает до 400 мм и угля — до 500 мм. Конвейер имеет четыре модификации (2ЛУ120А, 2ЛУ120Б, 2ЛУ120В, 2ЛУ120Г), отличающиеся компоновкой унифицированных приводных блоков. Все конвейеры, за исключением 2ЛУ120В, предназначены для использования на открытых горных работах.

Таблица 36

Параметры	Конвейеры		
	2ЛУ120А	2ЛУ120Б	2ЛУ120Г
Ширина ленты, мм	1200	1200	1200
Скорость движения ленты, м/с	3,15	3,15	3,15
Производительность по горной массе, т/ч	1100	1100	1100
Максимальная длина конвейера при угле наклона 6° , м	1200	1800	1460
То же при угле наклона 18° , м	550	830	630
Лента		РТЛ-2500 или РТЛ-3150	
Число приводных барабанов	2	3	2
Диаметр приводного барабана, м	1292	1292	1292
Мощность привода, кВт	1000	1500	1200
Электродвигатели	АК313-37-6	АК313-37-6	АК312-49-6
Мощность электродвигателя, кВт	500	500	400
Частота вращения, с^{-1}	16,3	16,3	16,3
Число электродвигателей	2	3	3
Натяжное устройство		Ручное с динамометром	

Примечание. При транспортировании скальных пород конвейеры могут поставляться с двигателями мощностью 320 кВт и частотой вращения $12,3 \text{ с}^{-1}$ и скоростью движения ленты 2,35 м/с.

Масса конвейеров в зависимости от их длины, составляющей от 500 до 1800 м, изменяется на 1 м конвейера от 348 до 540 кг. Техническая характеристика модификаций конвейеров 2ЛУ120 приведена в табл. 36.

Конвейеры, выпускаемые Новокраматорским заводом, предназначены для совместной работы с комплексами непрерывного действия, где в качестве выемочно-погрузочного оборудования используются роторные экскаваторы (ЭРШ-1600). Конвейеры оснащены лентой шириной 1800 мм и используются в основном для транспортирования мягких пород без крупных каменистых включений. Конвейеры имеют четыре модификации, включающие забойные, отвальные, торцовые и отвальные (на внешних отвалах). Производительность конвейеров по горной массе составляет 6500—6750 т/ч.

Большое распространение на карьерах небольшой и средней производственной мощности получили конвейеры, выпускаемые Донецким машиностроительным заводом. Они имеют ленту шириной 1200 мм и предназначены для работы на открытом воздухе. Длина конвейеров изменяется от 200 до 800 м. Конвейеры в различном сочетании используются и для транспортирования пород плотностью

Таблица 37

Параметры	Конвейеры			
	КЛМ-250М	КЛМ-400М	КЛМ-500М	КЛМ-800М
Производительность по горной массе, т/ч	2000	2000	2000	2000
Ширина ленты, м	1200	1200	1200	1200
Длина горизонтального конвейера, м	200	400	500	800
Скорость движения, м/с	3,56	3,56	3,56	3,56
Угол наклона боковых роликов, градус	30	30	30	30
Привод	Одноробанный головной			
Мощность электродвигателей, кВт	1×200	1×200	2×200	2×200
Диаметр приводного барабана, мм	1230	1230	1230	1230
Устройство натяжения ленты	Лебедочное с датчиком натяжения (длина хода натяжного барабана 10 м)			
Масса 1 м конвейера, кг	375	260	250	210

Примечание. Для перемещения скальных пород завод подготовил к выпуску конвейеры КЛМ-2М со скоростью движения ленты 2,31 м/с, двигателями мощностью 160 кВт и частотой вращения $12,3 \text{ с}^{-1}$

в целике до $2-2,5 \text{ т/м}^3$ и с максимальным размером кусков не более 400 мм. Скорость движения конвейерных лент шириной 1000 и 1200 мм, оснащенных жесткими роликоопорами, при транспортировании скальных пород составляет $2-2,2 \text{ м/с}$, а при транспортировании мягких, рыхлых пород может составлять до $3,5-3,6 \text{ м/с}$, что достигается за счет перестановки пары шестерен в редукторе или за счет установки тихоходного двигателя. Техническая характеристика конвейеров, выпускаемых Донецким машиностроительным заводом, приведена в табл. 37.

Артемовский машиностроительный завод выпускает ленточные конвейеры КЛШ-500М, КЛЗ-500ПМА и КЛШ-800 с лентой шириной 1000—1200 мм, производительностью от 500 до 800 т/ч. Конвейеры широко используются на уральских угольных разрезах в качестве забойных и стационарных. Они могут транспортировать горную массу (в том числе скальную) крупностью до 450 мм. Недостатком конвейеров является небольшая длина става.

Став конвейеров состоит из двух параллельных несущих стальных канатов диаметром 22 мм, опирающихся через каждые 5—6 м на H-образные опоры, а упругие роликоопоры верхней ветви укреплены на канатах через каждые 1,2 м. Нижние же ролики установлены в кронштейнах H-образных стоек.

Конвейеры Донецкого и Артемовского заводов имеют небольшие производительность и мощность и могут использоваться в качестве подъемных средств лишь при весьма небольшой глубине карьеров и длине наклонной части не более 150—180 м.

Отечественной промышленностью выпускается пять типоразмеров конвейеров, применяемых на карьерах. Для модернизации конвейеров на нижней ветви устанавливают двухроликковые желобчатые роликоопоры, увеличивают высоты стоек конвейеров с 0,5 (от земли до нижней ветви ленты) до 1,5 м (это облегчает уборку просыпавшейся горной массы), повышают скорость движения ленты путем смены шестерен в редукторах и тем же способом снижают скорость ее движения, когда надо приспособить конвейер для транспортирования скальных крупнокусковых пород.

Таким образом, выпускаемые отечественной промышленностью ленточные конвейеры, за исключением Сызранского машиностроительного завода, не отличающиеся большой мощностью и производительностью и в большинстве случаев не могут быть применены для доставки горной массы из глубоких карьеров вследствие ограниченной длины наклонных стоек. За рубежом для увеличения длины магистральных и подъемных ленточных конвейеров дополнительно к главному приводу устанавливают хвостовой, а иногда и промежуточные приводы. Применение хвостового и промежуточного приводов позволяет значительно снизить максимальное натяжение ленты или в 1,3—2,7 раза увеличить длину конвейеров.

Большая мощность конвейера реализуется не одним, а несколькими электродвигателями, составляющими с редуктором и соединительными муфтами типовые силовые блоки, передающие движущую силу на один, два, а иногда и большее число приводных барабанов. Приводы, komponуемые из отдельных типовых силовых блоков, имеют относительно небольшие размеры и удобны для резервирования и замены. Для рассредоточения мощности иногда применяются промежуточные приводы, расположенные в нескольких точках по длине конвейера.

При проектировании конвейеров с двух- и трехбарабанными приводами необходимо такое распределение мощности между барабанами, при котором реализация требуемой величины общей тяговой силы W_0 , передаваемой на ленту, достигается с сохранением возможно ограниченной величины связанного с W_0 наибольшего натяжения ленты S_{\max} , так как по этой величине определяются необходимая прочность ленты, от чего будет зависеть ее стоимость. Чтобы выполнить это требование, передаваемая двигателями на каждый из барабанов окружная сила должна быть равна или близка по величине той наибольшей силе, которая может быть передана ленте сцеплением от барабана, так как при этом полностью используется на каждом барабане сила сцепления без излишнего повышенного натяжения ленты. Для этого на двухбарабанном приводе обычно устанавливают три силовых блока одинаковой мощности — два на I барабане и один на II.

В последнее время на зарубежных конвейерных системах большой длины для установки на мощном приводе возможно большего числа силовых блоков начали применять трехбарабанные приводы с двумя одинаковыми силовыми блоками на каждом из трех барабанов (рис. 40). Однако на наклонных подъемных конвейерах эф-

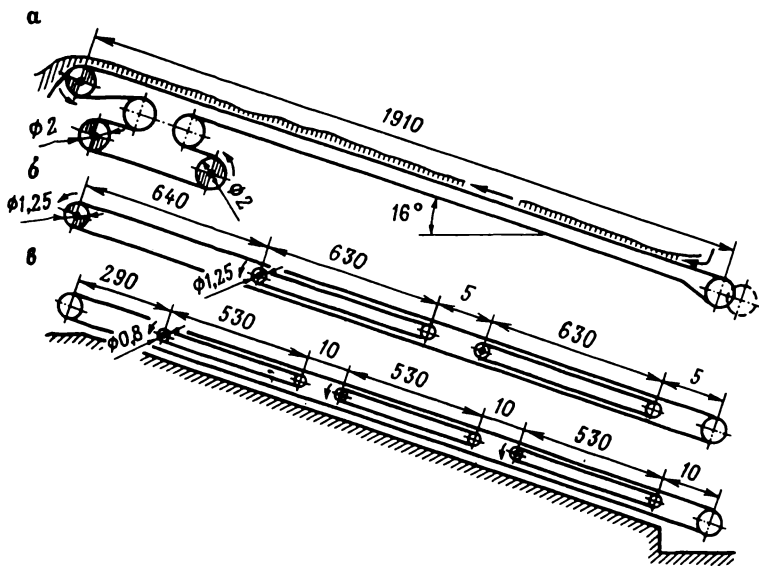


Рис. 40. Схема наклонного конвейера с приводами:

a — трехбарабанным; *b* — одним головным и двумя промежуточными; *c* — тремя промежуточными

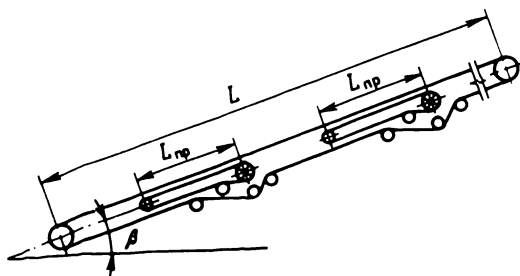


Рис. 41. Схема наклонного многоприводного конвейера

фektivность конвейеров с тремя приводными барабанами значительно снижается.

Наиболее рациональным следует считать применение в данном случае промежуточных приводов, позволяющих не только снизить величину S_{\max} , но и разместить на конвейере двигатели большой требуемой мощности (рис. 41).

Отношение требуемой суммарной длины промежуточных приводов $\Sigma L_{\text{пр}}$ к длине конвейера L

$$\Sigma L_{\text{пр}} : L = K < 1 \quad (42)$$

зависит от угла наклона конвейера β , коэффициента сцепления между лентами μ' и массы груза и ленты на единицу длины конвейера.

Для дальнейшего применения наклонных подъемных ленточных конвейеров с промежуточными приводами необходимы создание и разработка конструкции угла сближения и разъединения грузонесу-

щей и вспомогательной лент, а в электрической части — освоение мощных типовых силовых блоков с электродвигателями со смягченными пусковыми и длительными характеристиками и автоматическим управлением ими.

В заключение следует отметить, что для подъемных ленточных конвейеров предпочтительно применение головного и промежуточного одно- или двухбарабанных приводов.

§ 5. КОНВЕЙЕРЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТИПОВ

К числу конвейеров специальных типов могут быть отнесены канатно-ленточные, ленточно-тележечные и другие конструкции, обеспечивающие транспортирование горной массы с более крутыми уклонами, большой кусковатостью и другими особыми признаками.

Канатно-ленточные конвейеры в качестве магистральных распространены на стационарных установках. Обычно они изготавливаются применительно к конкретным горнотехническим условиям.

Канатно-ленточные конвейеры многие годы использовали на карьерах объединения "Вахрушевуголь". В настоящее время они применяются на Норильском горно-металлургическом комбинате, на Комсомольском рудоуправлении в Донбассе. Наибольший опыт эксплуатации канатно-ленточных конвейеров накоплен Алмалыкским горно-металлургическим комбинатом при транспортировании тяжелых руд.

Характеристика конвейеров КЛК-3 и КЛК-4, эксплуатируемых на Алмалыкском комбинате, приведена в табл. 38.

Конвейеры КЛК-1, КЛК-2, КЛК-3 и КЛК-4 состоят из приводной и натяжной станций для канатов, загрузочного и сбрасывающего устройств, натяжного устройства ленты, тяговых канатов, ленты, линейных опор. От привода с помощью шкивов трения движение передается двум остальным тяговыми канатам, образующим в вертикальной плоскости два параллельных контура. Канаты лежат на поддерживающих блоках, установленных на опорах. Лента на бортовых утолщениях имеет канавки, в которые входят канаты. За счет сил трения лента движется вместе с ними. Натяжение канатов и ленты создается разделными грузовыми натяжными устройствами. Лента имеет небольшое натяжение 3—5 кН, так как она является только грузонесущим органом и состоит из двух хлопчатобумажных прокладок и поперечных рессор сечением 5x12 мм, заложенных между прокладками на расстоянии 100 мм друг от друга и завулканизированных в резину. Верхняя обкладка имеет толщину 3 мм, нижняя — 1 мм. Канавки для канатов расположены симметрично друг другу сверху и снизу на бортах ленты.

Канатно-ленточные конвейеры имеют незначительный износ ленты, и срок ее службы почти пропорционален длине конвейера. В отечественной практике срок службы лент на канатно-ленточных конвейерах достигает 7—8 лет.

Таблица 38

Параметры	Конвейер	
	КЛК-3	КЛК-4
Ширина ленты, мм	900	900
Скорость движения ленты, м/с	2,1	2,1
Плотность насыпной горной массы, т/м ³	2,1	2,1
Производительность, т/ч	До 870	До 870
Угол наклона (на спуске)	2° 42'	2° 12'
Длина конвейера, м	3048	3862
Диаметр тягового каната, мм	32	32
Разрывное усилие каната, кН	480	480
Диаметр приводного и противоположного шкива, мм	2500/2000	2500/2000
Диаметр барабана для ленты, мм	1100	1100
Тип электродвигателей	АК-12-35-8	АК-12-42-8
Число электродвигателей	2	2
Мощность привода, кВт	400	500
Натяжное устройство канатов	Грузовое раздельное	
Предварительное натяжение в одном канате	23—32	38—45,6
Натяжное устройство ленты	Грузовое	
Среднее расстояние между поддерживающими блоками, м	5,78	5,28
Масса конвейера, т	354,7	470,6

За рубежом для канатно-ленточных конвейеров длиной свыше 8 км срок службы ленты планируют не менее 10 лет. Фактический же срок службы ленты на конвейерах такой длины иногда достигает 16 лет. Использование канатно-ленточных конвейеров во времени составляет 45—55 % календарного времени года.

За рубежом канатно-ленточные конвейеры изготавливают в Великобритании (фирма "Кейбл Белт"), СССР и ФРГ. Применяемые на зарубежных предприятиях канатно-ленточные конвейеры имеют следующие максимальные параметры: длина (горизонтальная установка) 14,6 км, производительность 2880 т/ч, ширина ленты 1372 мм, скорость движения ленты 3,56 м/с, угол наклона конвейера 17° 10' и 11° соответственно на подъем и спуск, мощность привода 2х800 кВт. Их используют для транспортирования угля, медной и железной руды, известняка, поташа, кварцита и других грузов крупностью до 400 мм.

В последние годы зарубежными фирмами внесен ряд конструктивных изменений в выпускаемые канатно-ленточные конвейеры: за счет установки отклоняющих горизонтальных шкивов допускается отклонение осей двух смежных конвейеров на угол до 4—5°, устанавливаемые дополнительно батареи желобчатых роликов позволяют монтировать конвейеры на вогнутых участках трассы с некоторым радиусом изгиба. Приводные шкивы футеруются специальным пластиком, пуск конвейеров осуществляется с помощью управляемых гидравлических муфт или жидкостных реостатов, что обеспечивает плавное наращивание скорости.

В канатно-ленточных конвейерах применяют канаты круглопрядные или с треугольными прядями с линейным касанием проволок прочностью на разрыв $1,65 \text{ кН/см}^2$. Канаты имеют диаметр от 32 до 50 мм. Диаметр приводного шкива для каната диаметром 50 мм равен 4 м.

Применение усовершенствованных конструкций канатов и футеровки опорных блоков позволило увеличить срок службы канатов с 8—10 до 24—30 мес и более. Гарантируемый зарубежными фирмами срок службы канатов составляет 7500 ч.

В глубоких карьерах канатно-ленточные конвейеры будут иметь ограниченное применение. Наиболее целесообразно их применять для транспортирования вскрышных пород в отвалы и особенно для перемещения горной массы, обладающей тиксотропными свойствами, так как она в процессе доставки не встряхивается на ленте. Эти конвейеры пригодны для транспортирования горной массы такой же крупности, как и ленточные конвейеры. Однако производительность канатно-ленточного конвейера составляет 68—78 % производительности ленточного конвейера с трехроликовыми опорами.

Конвейерные системы с канатно-ленточными конвейерами чаще состоят из одного, реже двух ставов и устанавливаются преимущественно с небольшими углами подъема (до 10° , редко более).

Для транспортирования крупнокускового материала из глубоких карьеров перспективны ленточно-тележечные конвейеры, предложенные Московским горным институтом. Предложение А.О. Спиваковского реализовано институтом Гипроникель. Опытная установка была испытана на подземном руднике Юкспор производственного объединения "Апатит" и на фосфоритовом карьере Аксай производственного объединения Каратау. Конвейер показал полную работоспособность и высокую технико-экономическую эффективность при транспортировании тяжелого скального материала крупностью 1000—1200 мм. Создаваемая на карьере Джан-Тас конвейерная система в комплексе с автомобильно-конвейерным транспортом для перемещения в отвалы вскрышных пород оборудуется подобными ленточно-тележечными конвейерами. Производительность системы 2100 т/ч, общая длина 1370 м.

Основная особенность ленточно-тележечного конвейера состоит в том, что в нем наряду с использованием без изменения головной и хвостовой частей обычного ленточного конвейера,

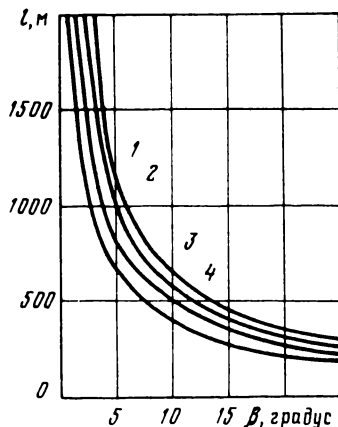


Рис. 42. Зависимость длины ленточно-тележечного конвейера l с резиновыми лентами (при $v = 2 \text{ м/с}$ и плотности транспортируемого материала $1,8 \text{ т/м}^3$) от угла его наклона: 1, 2, 3, 4 — ширина конвейерной ленты соответственно 2000, 1600, 1400 и 1200 мм

линейные секции оборудуются подвижными опорами в виде одноосных тележек с траверсами, соединенных между собой двумя цепями. При этом лента грузовой ветви свободно лежит на траверсах и приводит их в движение трением, т. е. цепной контур не имеет привода и цепи являются не тяговыми, а только фиксирующими. Лента порожняковой ветви, так же как и на обычном конвейере, катится по стационарным роликоопорам.

Основные параметры опытного ленточно-тележечного конвейера, испытанного на карьере Аксай, следующие (рис. 42) :

Расчетная производительность, т/ч	2000
Ширина ленты, мм	... 1200
Тип ленты	РЛХ-120
Угол наклона	18° 40'
Скорость движения ленты, м/с .	до 2,5
Длина конвейера, м 50
Расстояние между траверсами, мм	1400
Мощность привода постоянного тока, кВт	55

Испытания показали, что ленточно-тележечным конвейером можно транспортировать крупнокусковой скальный материал размером в поперечнике до 1000—1200 мм.

Другая проблема, которая возникает при использовании конвейерного подъема в глубоких карьерах, заключается в том, чтобы выдать горную массу из карьера по кратчайшему пути с наибольшими допустимыми уклонами. В этом случае ленточно-тележечные конвейеры могут применяться в качестве крутонаклонных, работающих с подпором. Подпор на конвейере создается пластинами (перегородками), перекрывающими сечение лотка ленты. Пластины укреплены на парных цепях и образуют с ними добавочный замкнутый контур из цепной решетки, огибающей на концевых станциях зубчатые блоки. Этот цепной решетчатый контур, как и контур ходовых тележек, ничем не соединен с лентой и приводится ею в движение трением на грузовой и порожняковой ветвях. Лента грузовой ветви движется на ходовых опорах тележек, а порожняковой — на роликах, укрепленных с боков на цепной решетке.

Таким образом, на грузовой ветви сила трения между лентой и подпорной решеткой обуславливается ее массой, а на порожняковой ветви — массой тележек с цепями и ленты. Условие нескольжения по ленте слоя груза вместе с цепной решеткой имеет следующий вид:

$$q_{\Gamma} = \sin \beta \leq qf + [(q'_{\text{ц}} + q''_{\text{ц}} + q_{\text{л}})f' - (q''_{\text{ц}} + q_{\text{л}})w'] \cos \beta, \quad (43)$$

где q_{Γ} , $q_{\text{ц}}$, $q_{\text{л}}$ — масса 1 м груза соответственно тележек с цепями, цепной решетки и ленты, кг; β — угол наклона конвейера, градус; f , f' — коэффициенты трения груза, траверс и решеток о ленту; w' — коэффициент сопротивления качению роликов по рельсам.

Отсюда определяется наибольший возможный угол наклона конвейера

$$\operatorname{tg} \beta_{\max} = f + \frac{q_{\text{ц}}'(q_{\text{л}} + q_{\text{ц}}'')(f' - w')}{q}. \quad (44)$$

В зависимости от фракционных свойств груза, угол наклона конвейера без специального утяжеления решетки или тележек может достигать 35—40° или несколько больше.

Однако устройство жестких перегородок с лентой, непрерывно деформирующейся на роlikоопорах и в пролетах между ними, применимо лишь для транспортирования мелкокускового материала. Признано более целесообразным использовать конструкцию ленточно-тележечного конвейера, испытанного на карьере Аксай.

Новый тип крутонаклонного конвейера имеет следующие конструктивные особенности, приводным тяговым органом служит только грузонесущая лента; подпор создается цепной решеткой, не имеющей отдельного привода и приводимой в движение трением о грузонесущую ленту; цепная решетка контактирует с лентой не только на грузовой, но и на порожняковой ветви, благодаря чему между ними достигается достаточная для обеспечения подпора сила трения; лента и цепные неприводные контуры движутся на ходовых опорах как на грузовой, так и на порожняковой ветвях совместно.

Расчеты нового типа крутонаклонного конвейера показывают, что при ленте шириной 1600 мм и скорости ее движения 1,6 м/с ленточно-тележечный конвейер, установленный под углом 35°, обеспечивает производительность 3000 т/ч.

При высоте подъема конвейером 150 м и длине его 233 м требуется лента разрывной прочностью 60 кН/см ширины, кольцевые цепи калибра 24 мм и двигатель мощностью 1600 кВт.

Рассмотренные конструкции ленточно-тележечных и крутонаклонных конвейеров далеко не исчерпывают существующие разработки и испытываемые установки подобных конвейеров не только у нас, но и за рубежом.

Среди новых предложений заслуживает внимания так называемый вакуумный конвейерный привод, рекомендуемый для крутых уклонов. Привод с вакуумными барабанами отличается высокой тяговой способностью. Он включает вакуумный барабан с редуктором и электродвигателем. Барабан имеет обечайку, закрепленную на торцевых дисках со ступицами, расположенными на приводном валу. На ступице жестко закреплено коллекторное кольцо. При вращении барабана отверстия коллекторного кольца попеременно сообщаются с камерами разрежения и продувки коллектора, что создает вакуум под лентой в зоне разрежения и обеспечивает продувку вакуумных каналов теплым воздухом.

§ 6. КОНВЕЙЕРНЫЕ ЛЕНТЫ ДЛЯ НАКЛОННЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Конвейерные ленты, устанавливаемые в карьерах для подъема горной массы на поверхность, должны обладать высокой прочностью и сравнительно малым удлинением при рабочей нагрузке. Однако с увеличением прочности резинотканевых лент соответственно возрастает их удлинение. Распространенные в отечественной практике ленты ТА-300 и ТК-400 с прокладками полотняной структуры имеют удлинение 3—4 %. Поэтому применение их на подъемных конвейерах большой длины создает удлинение хода натяжного барабана до 12—15 м и более. Кроме того, возникает явление инерционности натяжных устройств, при котором трудно обеспечить надежное сцепление ленты с приводным барабаном.

Наклонным подъемникам средней длины или горизонтальным магистральным конвейерам, состоящим из нескольких ставов, каждый длиной не более 600—800 м, наиболее соответствуют резинотканевые ленты новых конструкций с прокладками МК-400 и МК-600, которые при сравнительно высокой прочности 24—39 кН/см обладают относительно небольшим удлинением.

Разработанная НИИРПом (Научно-исследовательский институт резиновой промышленности) высокопрочная конвейерная лента состоит из резинотканевого каркаса на основе ткани МК-400/120, защитной прокладки из равнопрочной ткани МК-200Р или МК-300Р, расположенной под рабочей резиновой обкладкой, и обкладок на основе износостойких резин.

Защитная тканевая прокладка, модуль упругости которой при растяжении намного меньше, чем модуль резинотканевого каркаса ленты, амортизирует часть ударных нагрузок, тем самым предохраняя тяговый каркас ленты от разрушения и повышая долговечность ленты в целом.

Указанные ленты предназначены для транспортирования высокоабразивных крупнокусковых грузов, крупность кусков которых составляет 500 мм; крепость (по шкале проф. М.М. Протодьяконова) 8—20; плотность — 2,2—4,6 т/м³, абразивность — средняя и высокая.

Основные физико-механические показатели конвейерных лент на основе ткани МК-400/120 по сравнению с серийно выпускаемыми лентами приведены в табл. 39.

Ленты с морозостойкими резиновыми обкладками могут применяться на открытом воздухе в суровых климатических условиях, не теряют свои эластичные и прочностные свойства при температурах до —60 °С. Кроме малого удлинения, конвейерные ленты на основе тканей МК-400/120 и МК-600/150 имеют сопротивление разрыву по сравнению с равнопрочной лентой из ткани ТА-300 примерно в 4 раза выше.

Высокая ударостойкость лент на основе тканей МК-400/120 и МК-600/150 подтверждена при их эксплуатации на конвейере № 5

Таблица 39

Показатели	Ленты из полиамидных тканей		
	МК-400/120	ТА-300	ТК-400
Номинальная прочность одной тяговой прокладки из готовой ленты, кН/см, не менее:			
по основе	4	3	4
по утку	1,2	5,0	0,75
Номинальная прочность защитной прокладки МК-200Р из готовой ленты, кН/см, не менее:			
по основе	2	0,4	0,4
по утку	2	1	1
Удлинение ленты при рабочей нагрузке, составляющей 10 % от номинальной прочности ленты, при 10-кратном запасе прочности, %, не более	2	4,0	4,0
Удлинение ленты при рабочей нагрузке, составляющей 12,5 % от номинальной прочности ленты, при 8-кратном запасе прочности, %, не более	2,5	4,5	4,5
Нормирование прочности связи между рабочей резиновой обкладкой и защитной прокладкой МК-200Р, Н/см, не менее	60	35	35
Нормированная прочность связи между тканевыми прокладками, Н/см, не менее	50	40	40

ДОФ Соколовско-Сарбайского ГОКа. На этом конвейере длиной 110 м, транспортирующем крупнокусковую железную руду (крупность 250—500 мм), были испытаны состыкованные в одно кольцо ленты шириной 1600 мм, равной длины. Несмотря на пониженное число прокладок в лентах на основе тканей МК-400/120 и МК-600/150 по сравнению с ранее применявшимися на этом конвейере лентами из ткани ТА-300, срок службы лент из высокомодульных тканей превысил в 1,6 раза срок службы лент из тканей ТА-300 (20 мес и 12 мес).

Высокие эксплуатационные свойства конвейерных лент на основе ткани МК-400/120 позволяют использовать их с восьмикратным запасом прочности при транспортировании крупнокусковой горной массы размером фракций до 500 мм.

Восьмикратный запас прочности лент на основе тканей МК-400/120 и МК-600/150 на сравнительно длинных конвейерах не требует увеличения хода натяжного барабана и числа перестыковок в процессе эксплуатации конвейеров по сравнению с лентами ТА-300.

За рубежом имеются конвейеры длиной 2,74 км (высота подъема трассы 72 м) и 5,64 км (высота подъема трассы 24 м), оснащенные резинотканевыми лентами. В большинстве же случаев длина конвейеров с резинотканевой лентой не превышает 1000 м. На конвейерах

большей длины, а также на мощных наклонных конвейерах зарубежных предприятий широко применяются резинотросовые ленты. Последние при высокой прочности обладают на порядок меньшим удлинением, чем резинотканевые ленты, причем удлинение мало зависит от их прочности. Резинотросовые ленты обладают также высокой продольной и поперечной гибкостью. Они используются для перемещения горной массы небольшой крупности. В СССР предполагается выпускать резинотросовые ленты прочностью до 60 кН/см.

Типоразмерный ряд резинотросовых лент, изготавливаемых за рубежом (в Великобритании, Франции, Японии, ФРГ), велик и изменяется от 8 до 13. Прочность ленты изменяется от 6,3 до 63 кН/см, а ширина — от 500 до 3300 мм. Удлинение ленты при рабочей нагрузке не превышает 0,1–0,25 %. Толщину обкладок некоторые фирмы не регламентируют, а устанавливают в соответствии с техническими требованиями предприятий.

Технология изготовления лент обеспечивает индивидуальное натяжение всех тросов и выравнивание их относительно удлинения в ленте. Основной недостаток резинотросовой ленты — низкая поперечная прочность, устраняется путем повышения толщины рабочей обкладки до 22 и даже 30 мм (толщина нерабочей обкладки 8–12 мм). Такая лента аналогично обычной резинотросовой ленте может применяться при угле наклона боковых роликов от 35–45° (на линейном ставе) и до 60° (в пункте загрузки).

Износ ленты увеличивается с увеличением кусковатости транспортируемой горной массы, при этом срок службы конвейерной ленты большей длины возрастает (рис. 43). На мощных конвейерах длиной 500 м, установленных в наклонном стволе шахты им. Артема рудоуправления им. Кирова, резинотросовые ленты имеют срок службы в среднем 3 года. Они используются для транспортирования железной руды крупностью до 350 мм, при скорости движения ленты 3,15 м/с.

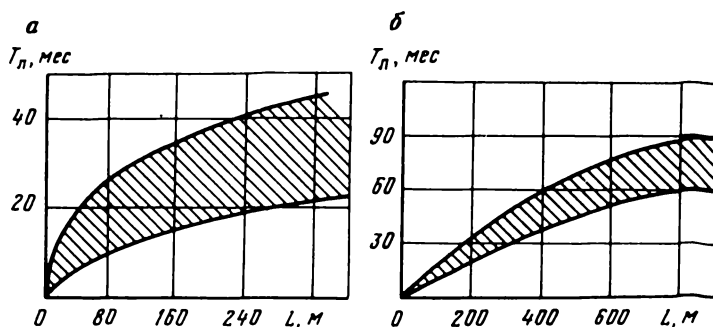


Рис. 43. Зависимость срока службы конвейерной ленты $T_{л}$ от длины L конвейера (штриховкой показана область изменения срока службы ленты):

a — для синтетической резинотканевой ленты при транспортировании железной руды максимальной крупностью 400 мм; *б* — для резинотросовой ленты при транспортировании угля

На Коркинском угольном разрезе резинокросовые ленты имеют срок службы 5—7 лет. Замену ленты производят в случае образования коррозии и при обрыве части тросов. На Ахангаранском карьере при транспортировании известняка на цементный завод резинокросовые ленты имеют срок службы до 5 лет.

На зарубежных конвейерных установках срок службы резинокросовых лент достигает 10 лет и более.

Меньший срок службы резинокросовые ленты имеют при транспортировании крупнокусковых и особенно абразивных пород и руд. При транспортировании горной массы крупностью 350—500 мм срок службы ленты на магистральных и подъемных конвейерах в основном зависит от износа, обусловленного высокими тяговыми усилиями, качеством изготовления и обслуживания ленты. Уменьшают срок службы лент различные повреждения, пробои, разрывы, срывы обкладок лент и др. Увеличение толщины обкладок резинокросовых лент до 20 мм позволяет предотвратить быстрый износ лент и продлить срок их службы.

Резинокросовые ленты шириной 1600 мм в Советском Союзе в настоящее время выпускаются Курским заводом резинотехнических изделий. В дальнейшем намечается создание лент шириной до 2400 мм (табл. 40).

Ориентировочно срок службы конвейерных лент (в мес), используемых для транспортирования скальных пород и руд, может быть определен по следующим формулам:

а) обычные ленточные конвейеры (для конвейеров с податливыми роликкооперами формула нуждается в корректировке)

$$T_{л} = \frac{30K_{л}l_{ст}}{(160H_{п}a\gamma + \sqrt{a\gamma}l_{ст} + 60)hK_{г,л}}, \quad (45)$$

где $K_{л}$ — коэффициент, зависящий от вида сердечника ленты ($K_{л} = 1,2$ для лент с прокладками из комбинированных тканей STX-120, AX-120, $K_{л} = 1,6$ для лент с прокладками из капронового или анидного бельтинга и резинокросовых); $l_{ст}$ — длина конвейерного става, м; $H_{п}$ — высота свободного падения горной массы в пункте загрузки, м; a — максимальная крупность куска (в ребре), м; γ — плотность транспортируемой горной массы, т/м³; $t = T/T_{г}$ — (T — планируемая продолжительность работы конвейерной линии в году, $T_{г}$ — годовой фонд времени); v — скорость движения ленты, м/с; $K_{г,л}$ — коэффициент готовности конвейерной линии;

б) канатно-ленточные конвейеры

$$T_{л} = \frac{3l_{ст}}{(80Ha\gamma + 30)vtK_{г,л}}; \quad (46)$$

в) ленточно-тележечные конвейеры

$$T_{л} = \frac{30K_{л}l_{ст}}{(160Ha\gamma + 60)vl_{г}K_{г,л}}. \quad (47)$$

Таблица 40

Показатели	Резинотросовые ленты			
	РТЛ-1200	РТЛ-1500	РТЛ-2000	РТЛ-2500
Прочность ленты, кН/см	12	15	20	25
Толщина обкладки, мм:	5,5	5	5,5	5 и 3,5
рабочей				
нерабочей	5,5	5	5,5	5 и 3,5
Расстояние между тросами, мм	9	15	9	14
Толщина ленты, мм	18	18	18	20,5
Масса 1 м ² ленты, кг	26	29	30	38
Ширина ленты, мм	900-1200	800-1600	1200	1000-3000

Продолжение табл. 40

Показатели	Резинотросовые ленты			
	РТЛ-3150	РТЛ-4000	РТЛ-5000	РТЛ-6000
Прочность ленты, кН/см	31,5	40	50	60
Толщина обкладки, мм:	4	4	4,5	4,5
рабочей				
нерабочей	4	4	4,5	4,5
Расстояние между тросами, мм	14	17	20	18
Толщина ленты, мм	24,5	24,5	18	26,5
Масса 1 м ² ленты, кг	43	50	59	49
Ширина ленты, мм	1200-2000	1200-2400	1200-2400	1200-2400

Примечание. Изготовление лент прочностью 12—31,5 кН/см освоено как в обычном, так и в морозостойком исполнении. Удлинение лент при рабочей нагрузке не превышает 0,25 %. При толщине рабочей обкладки менее 5 мм предполагается применение усиливающих поперечную прочность ленты тканевых уточных прокладок К-10-2-3Т, располагаемых сверху и снизу резиноватросового сердечника.

Для соединения и ремонта резиноватросовых лент применяется преимущественно метод холодной вулканизации с использованием специального клея (тип-топ). Ленты через два часа после склейки готовы к эксплуатации (рис. 44).

§ 7. ОТВАЛЬНЫЕ, ПЕРЕДАТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ И ОТВАЛООБРАЗОВАТЕЛИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

Наличие мягких вскрышных пород в верхней зоне карьера при соответствующих условиях обуславливает применение конвейерного транспорта в комплексах непрерывного действия, обычно совместно с роторными и цепными экскаваторами и режущими драглайнными. В этих случаях комплекс поточного производства включает забойные, отвальные, передаточные конвейеры и отвалообразователи. Все эти типы конвейеров имеют унифицированную конструкцию при-

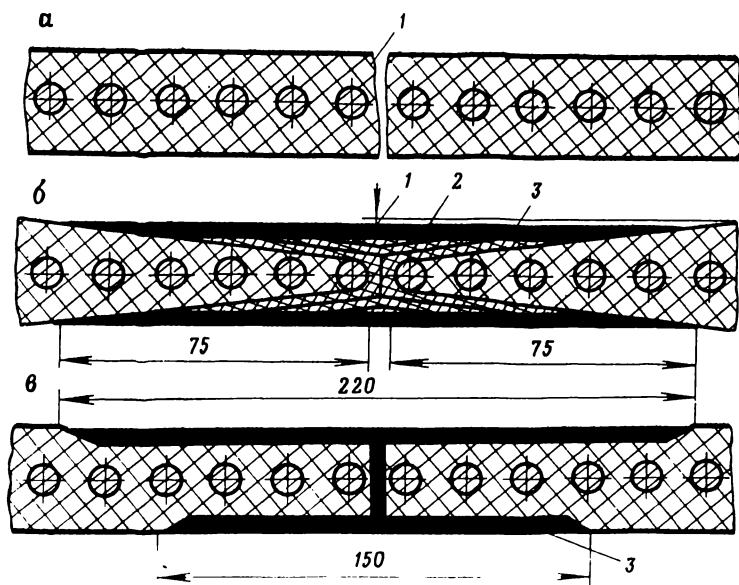


Рис. 44. Схема ремонта продольного порыва резинокросовой ленты:

a — сечение ленты до ремонта; *б* — сечение ленты после ремонта с вырезом наружной обкладки; *в* — сечение ленты после ремонта без выреза обкладки; 1 — место порыва; 2 — дополнительная резина; 3 — ремонтная полоса

водов, секций и хвостовых станций, отличаясь между собой некоторыми узлами.

Возможно также применение ленточных конвейеров для транспортирования скальных пород с верхних горизонтов с погрузкой механическими лопатами через бункер-питатель (при мелкой кусковатости скальных пород) или с использованием забойных самоходных и передвижных грохотильно-дробильных агрегатов, следующих за экскаваторами. Такие схемы применения конвейерного транспорта не типичны для глубоких карьеров и применяются редко.

Транспортирование скальных пород до перегрузочного пункта производится автосамосвалами, а от перегрузочного пункта в отвал — конвейерами. При получении после грохочения и дробления материала крупностью не более 300 мм могут использоваться конвейеры комплексов непрерывного действия, включая работающие с ними отвалообразователи. Однако при большой кусковатости транспортируемого материала крупностью до 500—600 мм необходимы специально приспособленные для этого отвальные, передаточные конвейеры и отвалообразователи.

Для транспортирования отгрохоченных или дробленых скальных пород от перегрузочного пункта в карьере до подъемника, а также на поверхности до системы отвальных конвейеров могут применяться магистральные конвейеры, оснащенные гибкими (податливыми)

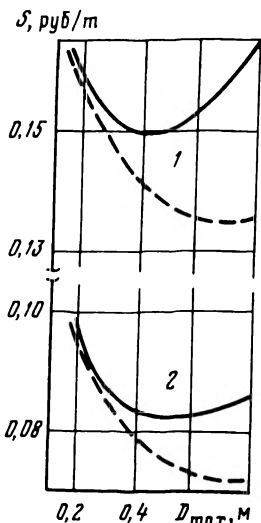


Рис. 45. Зависимость приведенных затрат S на транспортирование конвейером и внутрикарьерное дробление от максимального размера куска горной массы D_{\max} :

1 — при глубине карьера 250–300 м; 2 — при глубине карьера 130–150 м. Сплошной линией показано использование в конвейерах жестких, пунктирной — податливых роликкоопор

роликкоопорами, а также близрасположенными амортизирующими роликкоопорами и лотками с переменными углами наклона на перегрузках с конвейера на конвейер.

Применение гибких (податливых) роликкоопор (рис. 45) позволяет снизить нагрузки на ролики по сравнению с жестко установленными в 2–3 раза на линейной части конвейера и в 5–10 раз в пунктах погрузки, снизить энергоемкость транспортирования на 25–30 % за счет уменьшения динамики взаимодействия кусков с роликкоопорами и увеличить устойчивость хода ленты при скорости 2–3 м/с и крупности кусков до 600 мм без применения центрирующих устройств.

При этом обеспечивается целесообразность использования автомобильно-конвейерного транспорта для перемещения не только руд, но и скальных пород в отвалы, несмотря на необходимость их предварительного грохочения или дробления.

Транспортируемая магистральными конвейерами скальная горная масса передается на ряд отвальных конвейеров.

Отвальные конвейеры имеют разгрузочное устройство для передачи горной массы на отвалообразователь. Отвалообразователь является конечным звеном конвейерного комплекса для укладки скальных пород в отвал. Вылет консоли отвалообразователя имеет достаточную длину и высоту для размещения складированных пород на отвальной площадке.

Производительность отвальных и передаточных конвейеров должна соответствовать производительности отвалообразователя.

При конвейерном способе транспортирования складирование пород на отвале целесообразно вдоль всего фронта работ с постоянным передвижением отвалообразователя. Отсыпка отвального уступа может производиться широкими и узкими заходками (лентами). При отсыпке узкими заходками применяют телескопический передаточный конвейер, установленный между отвалообразователем и отвальным конвейером.

Шаг переукладки отвальных конвейеров (в м) зависит от линейных параметров отвалообразователя и физико-механических свойств складированных скальных пород и определяется следующей формулой:

$$C = L - b,$$

(48)

где l — вылет отвальной консоли отвалообразователя, м; b — безопасное расстояние от оси отвалообразователя до бровки отвального уступа, м.

Площадь поперечного сечения отвала S (в м^2) зависит от ширины заходки, устойчивого угла откоса пород в отвале и высоты отвала

$$S = A \left(H_{\text{в}} - \frac{A}{4} \text{tg}\beta \right) + H_{\text{н}} A, \quad (49)$$

A — ширина заходки, м; $H_{\text{в}}$, $H_{\text{н}}$ — высота соответственно верхнего и нижнего ярусов отсыпки, м; β — устойчивый угол откоса отвала, градус.

В свою очередь ширина заходки и высота отвала являются функцией длины отвальной консоли.

При одинаковых значениях ширины заходки верхнего и нижнего ярусов ширина заходки (в м) рассчитывается обычно по нижнему ярусу

$$A = L - H_{\text{н}} (\text{ctg}\rho - \text{ctg}\beta), \quad (50)$$

где ρ — угол призмы обрушения, градус.

Высота верхнего яруса отсыпки (в м) зависит от длины консоли и определяется по формуле

$$H_{\text{в}} = L \sin\alpha + a \leq H_{\text{пред}}, \quad (51)$$

где α — угол наклона консоли к горизонту, градус; a — вертикальное расстояние от горизонта установки отвалообразователя до пяты консоли, м; $H_{\text{пред}}$ — предельная высота отвала, м.

Высота нижнего яруса отвала ограничивается предельной высотой отвала при заданном угле устойчивого откоса.

Увеличение длины консоли l рационально до достижения предельной высоты отвала, так как при этом происходит интенсивное увеличение его приемной способности на единицу длины. Дальнейшее увеличение L приводит лишь к нарастанию площади поперечного сечения по линейному закону.

В СССР предусматривается изготовление отвалообразователей производительностью до 11–12 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$. Параметры некоторых мощных отвалообразователей приведены в табл. 41.

В отвалообразователе ОШ-105/1500 на шагающем ходу, эксплуатируемом на многих карьерах, приемная стрела не поворачивается и возникает необходимость прекращения работы при передвижении. В отвалообразователях ОГ-50/1800 и ОШ-4500/90 осуществлен независимый поворот приемной и отвальной стрел. Наличие гусеничного хода у отвалообразователя ОГ-50/1800 и поворотности стрел позволяет производить непрерывную отсыпку отвала. Наряду с этими отвалообразователями освоен выпуск отвалообразователя ОШР-5000/95 для отвальных конвейеров производительностью 5000 $\text{м}^3/\text{ч}$ и намечается создание отвалообразователей ОШР-5000/195, ОШР-11200/110 и ОШР-11200/225.

Таблица 41

Отвалообразователь	Производительность, м ³ /ч	Радиус разгрузки, м	Длина приемной стрелы, м	Ход	Угол поворота приемной консоли, градус	Ширина конвейерной ленты, мм	Высота разгрузки, м	Угол поворота отвалообразователя, градус	Рабочая масса, кг	Установленная мощность отвалообразователя, кВт
ОШ-75	650	75	17	Шагающий	0	—	25	0	200	—
ОГ-50/1800	1800	50	21	Гусеничный	± 60	1200	17	± 360	330	512
ОШ-105/1500	1500	106	46	Шагающий	0	1200	35	± 360	556	972
ОШ-4500/90	4500	87	30	„	± 65	1600	25	± 360	830	1840
ОШР-4500/180	4500	184	60	Шагающе-рельсовый	± 30	—	60	—	2220	—
ОШР-5000/95	5000	95	47,4	То же	± 105	1600	33,5	± 360	1300	2375
ОШР-5000/195	5000	184	61,5	„	± 45	1800	65	± 360	2300	3500
ОШР-11200/110	11200	110	50	„	± 110	1600	40	± 360	3000	—
ОШР-11200/225	11200	235	50/70	„	± 60	2400	83	± 360	6300	10500

Институтом УкрНИИпроект разработана конструкция отвалообразователя ОСГ-800/40 для работы на скальных породах крупностью до 500 мм и плотностью 2,6 т/м³

Отвалообразователь имеет следующие основные узлы: отвальный конвейер, приемный конвейер, загрузочные устройства отвального и приемного конвейеров, механизм подъема отвальной стрелы, ходовую часть.

Техническая характеристика ОСГ-800/40 приведена ниже.

Производительность (в разрыхленной породе), м ³ /ч	800
Длина отвальной консоли, м	36
Максимальный угол наклона отвальной консоли к горизонту, градус	15
Угол поворота консоли, градус:	
отвальной	83
приемной	18
Ход	Гусеничный от экскаватора ЭКГ-4
Скорость движения ленты конвейера, м/с:	
отвального	2,25
приемного	2,44
Ширина ленты, мм	1400
Масса, т	235
Установленная мощность, кВт	367

На отвалообразователе ОСГ-800/40 по сравнению с другими отвалообразователями установлены вибропитатели в загрузочных узлах приемного и отвального конвейеров, использованы на конвейерах подвесные пятироликовые опоры с шарнирным соединением осей на рабочей ветви ленты; конвейерные ленты имеют сравнительно небольшую скорость движения (2,25—2,44 м/с). Все эти меры направлены на предотвращение быстрого износа конвейерных лент.

Большинство указанных выше отечественных отвалообразователей пригодны для складирования дробленых скальных пород. Так, вполне этому отвечает описанный отвалообразователь ОСГ-800/40 производительностью до 1000 м³/ч. Однако для складирования скальных пород при производительности 3000 м³/ч отвалообразователь ОШР-5000/95 имеет большой резерв производительности, а для складирования скальных пород при производительности 6000 м³/ч производительность ОШР-5000/95 явно недостаточна. Поэтому для крупных автомобильно-конвейерных комплексов, предназначенных для складирования скальных пород, необходимо создание специальных отвалообразователей производительностью 3600 и 6600 м³/ч.

Исследованиями установлено, что для складирования скальных пород отвалообразователь должен иметь следующие параметры: длину отвальной консоли 100—110 м для отвалообразователя производительностью 3600 м³/ч и 70—80 м для отвалообразователя производительностью 6600 м³/ч. При этом длина отвального фронта работ составит 1400—1500 м, а длина самоходного отвального конвейера — до 700 м.

§ 8. МОБИЛЬНЫЕ ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ ПУНКТЫ И КОРОТКОЗВЕННЫЕ МОБИЛЬНЫЕ ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ

При всех видах комбинированного транспорта по мере углубки горных пород появляется необходимость в перемещении перегрузочных пунктов. Перенос перегрузочных пунктов связан с большими трудностями: разборкой и последующим монтажом металлических, железобетонных конструкций, грохотильно-дробильного оборудования и перемещением их на ниже расположенные горизонты. Поэтому возникает необходимость в создании мобильных перегрузочных пунктов, перемещение которых могло бы производиться при значительно меньших трудовых затратах и занимать мало времени. Такие перегрузочные пункты должны быть самоходными или перемещаться с помощью тяговых средств с уступа на уступ, а при большей протяженности рабочего фронта вдоль горизонта и размещаться в месте приема транспортируемой горной массы из автосамосвалов. Для этого предусматривается устройство в откосе уступа концентрационного горизонта приемного бункера, имеющего с лицевой стороны подпорную стенку и выпускное отверстие (иногда с пластинчатыми питателями), через которое горная масса поступает в расположенную у откоса уступа самоходную или передвижную установку. В качестве самоходных грохотильно-дробильных установок могут быть использованы самоходные дробильные агрегаты СДА-1000 и СДА-3.

Самоходный дробильный агрегат СДА-1000 включает приемный бункер, наклонный питатель, роторную дробилку ДРК 20x16, приемный и отгрузочный конвейеры. Его производительность составляет 1000 т/ч скальных пород средней крепости (коэффициент крепости до 15 по шкале проф. М.М. Протодяконова).

Самоходный дробильный агрегат СДА-3 со щековой дробилкой ЩКД-1500x1200 имеет производительность 1000 т/ч и предназначен для дробления в забоях скальных пород (коэффициент крепости 15—20 по шкале проф. М.М. Протодяконова) (рис. 46).

Намечается создание самоходного дробильно-погрузочного агрегата ДПА-2000 производительностью 400 т/ч дробленой руды. Он будет оснащен короткоконусной дробилкой ККДВ-900/200.

Наряду с самоходными дробильными агрегатами предполагается применять передвижные установки в комбинации с автомобильным и конвейерным транспортом. Среди них может быть рекомендована передвижная дробильная установка ПДУ-2500 (рис. 47), разработанная ИГД Минчермет СССР на базе серийной щековой дробилки ЩКД-2100x1500. Эта установка монтируется на автомобильном многоосном трайлере грузоподъемностью 300 т. Ее производительность составляет 2000 т/ч, или 10 млн. т в год (без предварительного грохочения; с грохочением почти вдвое больше). Передвижение трайлеров, оснащенных дробилками, по горизонту и при переезде на ниже расположенный уступ осуществляется гусеничными тракторами мощностью 240—370 кВт.

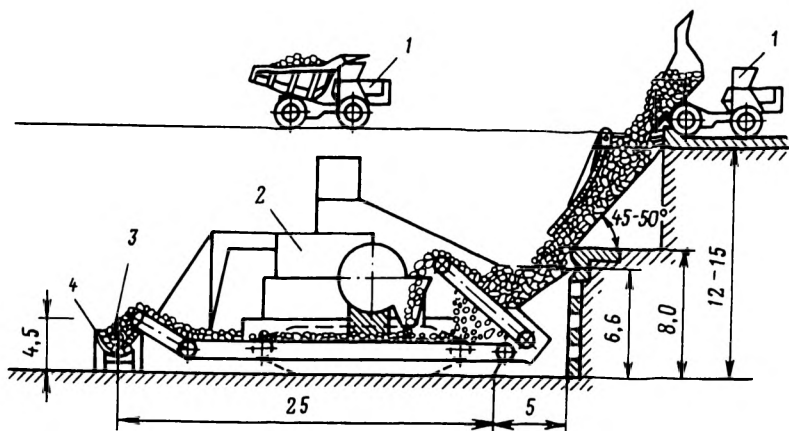


Рис. 46. Схема мобильного дробильно-перегрузочного пункта в карьере: 1 — автосамосвал; 2 — самоходный дробильный агрегат СДА-3; 3 — перегрузочная воронка; 4 — забойный конвейер

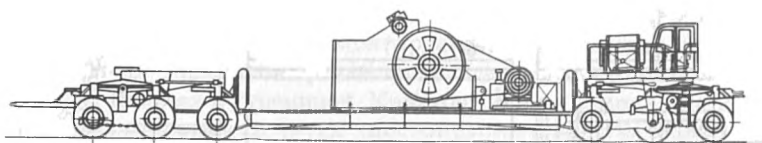


Рис. 47. Передвижной мобильный перегрузочный пункт с дробильной установкой ПДУ-2500 на трайлере

Перечисленные самоходные и передвижные агрегаты отличаются мобильностью, позволяющей передвигать их в карьере от двух-трех недель до пятидесяти дней. Основные трудности составляет устройство приемного бункера и подпорной стенки в пункте разгрузки горной массы из автосамосвалов в дробильный агрегат. Но при соответствующей организации работ устройство перегрузочного пункта может быть выполнено заранее и тогда перемещение его будет зависеть только от времени перемещения дробильного агрегата.

Применение самоходных и передвижных грохотильно-дробильных установок с автомобильным транспортом, как правило, вызывается сложностью введения конвейеров на самые нижние разрабатываемые горизонты карьера ввиду ограниченных параметров уступов. Этим собственно объясняется и то, что указанные агрегаты, как правило, не удастся использовать внизу карьера для непосредственной загрузки их экскаваторами. Несмотря на то, что прямолинейность конвейеров позволяет выправить фронт работ, спрямить линию забоев и придать карьере вид правильных геометрических форм, дисциплинирующих развитие работ в карьере. Тем не менее в сложных условиях залегания полезных ископаемых это вызывает большие трудности ведения работ. Сокращение числа переносов и передвижек за-

бойных конвейеров объясняется не только снижением трудоемкости и затрат времени на эти операции, но и стремлением большего отдаления конвейеров от забоя при взрывных работах. Нередко возникает необходимость поперечного (по отношению к прямолинейному забойному конвейеру) перемещения горной массы, передачи ее на выше или ниже расположенный уступ и т. д. Такое же перемещение требуется при сложной конфигурации разрабатываемого рудного тела, несогласном его залегании и других его особенностях. Наряду с изменением направления перемещения горной массы, часто возникает необходимость постепенного наращивания конвейеров по длине, например, при проходке траншей, в случаях увеличения расстояний транспортирования до перегрузочного пункта, места складирования или отвала.

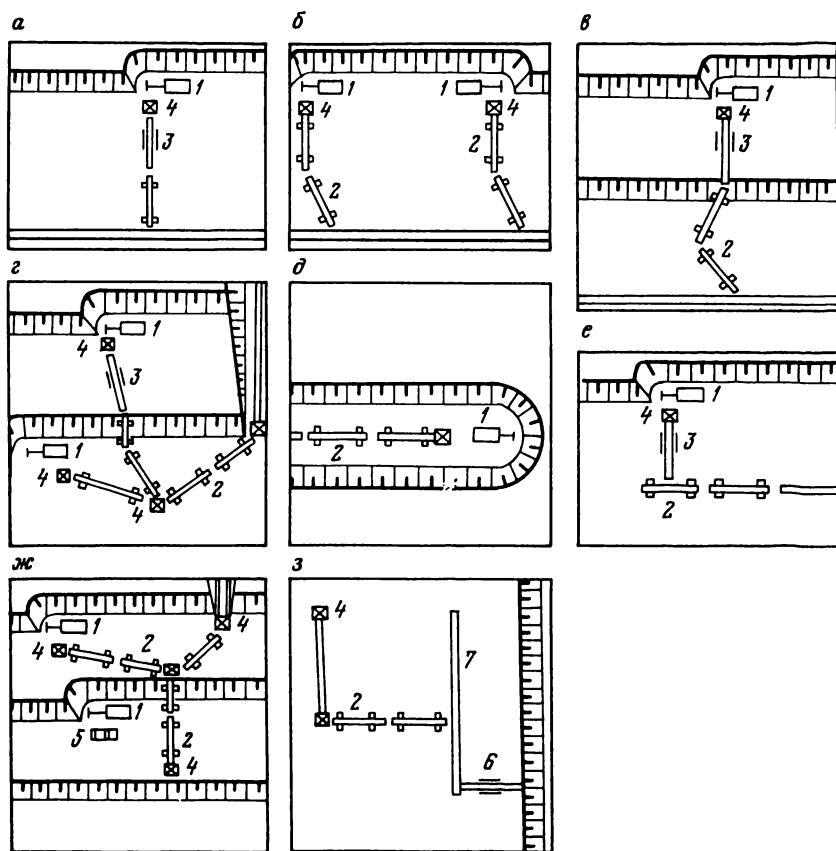


Рис. 48. Мобильные короткозвенные модульные конвейеры при автомобильно-конвейерном транспорте в карьере:

1 — экскаватор; 2 — мобильный конвейер; 3 — перегружатель; 4 — перегрузочная установка; 5 — автосамосвал; 6 — отвалообразователь; 7 — отвальный конвейер

Во всех этих случаях придание требуемой маневренности в конвейерных установках может быть достигнуто за счет применения связующих вставок в виде короткозвенных конвейеров, обеспечивающих необходимую степень гибкости и мобильности всей системы.

Для этих целей в последние годы в зарубежной практике на конвейерном транспорте применяются мобильные короткозвенные модульные конвейеры (рис. 48). Эти конвейеры имеют секции небольшой длины и массы, легко и быстро передвигаются с помощью тракторной тяги или переносятся кранами.

Мобильные конвейеры нередко представляют собой цепочку, состоящую из ряда последовательно расположенных конвейеров, формируемую по мере развития работ или необходимого удлинения конвейерной системы. С их помощью изменяется направление транспортирования, преодолеваются разности высот, распределяются и группируются грузопотоки горной массы и др.

В последние годы за рубежом создано большое число мобильных (переносных, передвижных, удлиняемых, телескопических и др.) унифицированных конвейеров для использования в горнодобывающей промышленности.

В отличие от стационарного ленточного конвейера мобильные конвейеры состоят из легко демонтируемых и перемещаемых составных модульных элементов, размещенных на лыжах, полозьях, рельсовом ходу, колесах и гусеницах. Конструкция их такова, что каждая часть, включая промежуточную, хвостовую и головную, может легко демонтироваться, перемещаться в другое место и быть взаимозаменяемой другой частью от такого же конвейера. Однако чаще такие мобильные конвейеры перемещаются тракторами и бульдозерами в смонтированном виде.

На горных предприятиях за рубежом мобильные ленточные конвейеры широко применяются на меднорудном карьере Твин Бьютс (шт. Аризона, США). Сменная производительность этих конвейеров составляет 110 тыс. т. Скальная вскрыша перед поступлением на конвейеры предварительно дробится в карьере. Представляет интерес введенная в 1976 г. новая конвейерная система. Подача вскрышных пород на эту систему производится с нескольких разрабатываемых участков. Каждый из участков включает наклонную траншею, в которой работает мощный бульдозер. Разрыхленные вскрышные породы бульдозером перемещаются к низу траншеи, где размещен передвижной перегрузочный бункер с пластинчатым питателем, передающий вскрышу на короткозвенные мобильные конвейеры. Мобильные конвейеры перегружают вскрышные породы на магистральный конвейер. Обычно мобильные конвейеры устанавливаются друг за другом, что устраняет необходимость частого перемещения магистрального конвейера. Мобильные конвейеры представляют собой секции, выполненные из профильного металла и состоящие из ряда модульных элементов. Их длина составляет 32 м. Для перемещения бульдозерами мобильные конвейеры смонтированы на лыжах и оснащены лентой шириной 1220 мм, которая движется со скоростью до 4,5 м/с. Мощ-

ность двигателя конвейера 74 кВт, производительность — 2 тыс. т/ч. Три-четыре линии, состоящие каждая из таких мобильных конвейеров, сходятся в одном месте, где производится перегрузка на магистральный конвейер, оснащенный лентой шириной 1800 мм. Расчетная производительность магистрального конвейера составляет 12 тыс. т/ч, номинальная — 6—8 тыс. т/ч.

Конвейерная система с многочисленными мобильными конвейерами используется также на меднорудном карьере Нчанга (Замбия). Мобильные конвейеры перемещаются по мере перемещения фронта работ и имеют длину 30—50 м, ширину ленты 1220 мм, скорость движения которой составляет 4 м/с. Производительность цепи мобильных конвейеров 3,6 тыс. т/ч.

При разработке нового железорудного карьера (1978 г.) Германо (Бразилия) конвейеры, состоящие из модульных секций, успешно используются в сочетании с фронтальными погрузчиками, емкость ковшей которых составила 6,11 м³. Каждый из трех погрузчиков, расположенных на уступе, подает руду в свой приемный самоходный бункер, с коротким погрузочным конвейером длиной 12 м. С погрузочных конвейеров руда передается на систему уступных и промежуточных конвейеров, состоящих из отдельных звеньев и модулей (каждый конвейер имеет длину от 100 до 360 м), имеющих ленту шириной 1067 мм и производительность до 2250 т/ч. Короткие звенья конвейеров для большей гибкости системы (возможности изменения направления транспортирования руды с уступа на уступ и т. д.) смонтированы на лыжах, а передвижные бункера — на полозьях и легко перемещаются тракторами. Система модульных конвейеров в сочетании с погрузчиками позволяет решить проблему усреднения руды в самом начале погрузочно-транспортного цикла.

В нашей стране мобильные конвейеры используются на Ингулецком железорудном карьере для связи с подвижными установками или самоходными грохотильно-дробильными агрегатами и для передачи руды на подъемные конвейеры.

Мобильные конвейеры бывают горизонтальные и наклонные. Горизонтальные конвейеры обычно используются для удлинения конвейерных линий или перемены направления следования груза. Наклонные мобильные конвейеры служат для подъема или спуска транспортируемого материала при разнице отметок точек его приема и разгрузки. К их числу относятся различные перегружатели, например, от грохотильно-дробильных установок на магистральный конвейер, конвейеры, передающие горную массу с одного уступа на другой, конвейеры отвальные, служащие для разгрузки транспортируемой породы в отвал, и др.

В большинстве случаев мобильные ленточные конвейеры представляют собой однозвенные секции. Но могут быть секции, состоящие из отдельных сочлененных элементов и имеющие в виде самостоятельных звеньев приводную и хвостовую станции, и разобщенные, т. е. когда их звенья устанавливаются на расстоянии друг от друга. В этом случае приводная и хвостовая станции также имеют само-

стоятельные звенья. Большинство мобильных конвейеров имеют звенья с лыжами или полозьями, с помощью которых эти конвейеры передвигаются волочением или толканием мощными тракторами. В редких случаях производится перенос конвейеров с помощью пневмоколесных или гусеничных кранов грузоподъемностью 3—5 т и более, если приводная и хвостовая станции мобильных конвейеров самоходные и смонтированы на гусеничном ходу.

Однозвенные мобильные конвейеры имеют длину до 30—40 м, многозвенные — до 500 м и более. Конвейеры и их секции изготавливаются из уголкового или другого профильного металла. В последнее время их изготавливают из легких алюминиевых сплавов. Основными достоинствами мобильных конвейеров являются: простота конструкции, автономность (наличие самостоятельного привода), легкость и удобство перемещения. Поэтому среди всех упомянутых мобильных конвейеров наиболее распространены и весьма перспективны однозвенные мобильные конвейеры, отличающиеся универсальностью применения, позволяющие формировать различные по своему виду и назначению конвейерные системы.

§ 9. УСТРОЙСТВО НЕСУЩИХ СООРУЖЕНИЙ И УКРЫТИЙ ДЛЯ КОНВЕЙЕРОВ

Основой ленточных конвейеров является жесткий став из стального профильного проката, располагаемый на различного типа опорных конструкциях, которыми являются металлические фермы. В условиях пересеченной местности, а также для профилирования неровностей поверхности, когда невозможно обеспечить минимально допустимый радиус изгиба конвейера на вогнутых участках трассы, фермы располагаются на опорах. Опоры представляют отдельно расположенные фундаменты, на которые своими концами опираются фермы, одиночные опоры разной высоты, эстакады. Эстакады представляют собой инженерные сооружения, предназначенные для установки конвейеров над поверхностью земли на определенной высоте и с заданным уклоном. Эстакады применяются в тех случаях, когда под конвейером необходимо разместить транспортные коммуникации (автодорогу, железнодорожный путь и др.), пересекающие конвейерную трассу по нормали или под некоторым углом. Обычно такие опоры устанавливаются на поверхности за пределами карьерной выработки, и на них располагают конвейеры, транспортирующие выданную конвейерным подъемником горную массу на обогатительную фабрику или в отвал. Эстакады в карьерах строятся металлические, реже временные деревянные. Решетчатый каркас эстакады состоит из сортового профильного металла (уголкового или швеллерного) или из металлических труб небольшого диаметра. Поперечное сечение эстакад обычно П-образное двухстоечное, реже встречаются Т-образные одиночные опоры. Т-образные одностоечные опоры состоят из стоек, выполненных из стальных горячекатаных труб. На стойках вдоль эстакады крепятся такие же трубы с наваренными на них прогонами и

поперечными балками из швеллерного и уголкового металла, на которые устанавливаются рамы конвейеров.

Каркас эстакад состоит из металлических стоек, балок и рельсов. Стойки опираются на монолитные железобетонные фундаменты. Верхнее перекрытие эстакад составляют железобетонные плиты, уложенные на металлические балки. Ширина эстакад при размещении на них одного конвейера составляет 4500—4600 мм, а при размещении двух конвейеров не менее 8500 мм.

На эстакадах устанавливаются галереи, служащие для укрытия конвейера от осадков, ветра, солнца и возможных внешних повреждений. Кроме того, они служат для размещения различных коммуникаций, обогревательных трубопроводных систем, кабелей, электропроводов, небольших транспортных средств для обслуживания конвейеров, а также для передвижения людей. Галереи имеют металлический стальной каркас, объединенный стальными прогонами, стены галерей обычно закрывают листами оцинкованной стали, иногда гофрированными асбоцементными листами. Каркас галерей может служить также опорой для подвешиваемых к нему гибких роликоопор.

В редких случаях эстакады и галереи выполняют железобетонными. При этом опоры галереи сооружаются из напряженного железобетона.

Галереи бывают отапливаемые и неотапливаемые (холодные). В северных районах галереи конвейеров закрыты со всех сторон и в большинстве случаев отапливаются. Перегрузочные пункты, как правило, всегда отапливаются (Качканарский ГОК). Однако и в южных районах на карьерах ИнГОКа, СевГОКа и ЮГОКа конвейеры устанавливаются в закрытых отапливаемых галереях. Отапливаются также перегрузочные пункты и наклонные стволы, так как заводы изготавливают электрическое оборудование, средства контроля и автоматики, требующие при эксплуатации положительных температур. Размещение конвейеров в отапливаемых помещениях улучшает условия эксплуатации и повышает надежность конвейеров, но в то же время значительно возрастают затраты на конвейерный транспорт и увеличиваются сроки строительства конвейерной системы. Отопительные приборы размещаются вдоль галерей, для этого предусматривается их уширение на 200 мм. При температурах воздуха снаружи ниже -40°C в отапливаемых галереях применяются легкобетонные стеновые панели, кровля которых состоит из сборных железобетонных плит с рулонным покрытием.

Основные размеры галерей для ленточных конвейеров приведены в табл. 42. Стоимость ленточных конвейеров и их укрытий — в табл. 43. Во всех галереях ширина прохода составляет более 700 мм. Пользоваться проходами разрешается только во время остановки конвейера. При углах наклона галерей конвейерных подъемников более 12° в проходах устраиваются ступени.

Наличие эстакад усложняет устройство конвейерных трасс и увеличивает затраты на их сооружение, поэтому конвейеры стремятся

Таблица 42

Ширина ленты конвейера, мм	Ширина галереи, мм	Ширина проходов, мм		Ширина средней части конвейера, мм	Примечание
		узкого	широкого		
Одноконвейерные галереи					
1000	3000	700	800	1500	Высота галерей предусматривается 2400 мм (из них 300 мм для промпроводки)
1200	3500	720	1020	1760	
1400	4000	820	1220	1960	
1600	4000	710	1100	2180	
2000	4500	950	950	2600	
Двухконвейерные галереи					
1000	6000	1200	900	1500	Высота галерей предусматривается 2400—2500 мм (из них 300 мм для промпроводки)
1200	6500	1340	820	1760	
1400	7000	1340	870	1960	
1600	7500	1329	910	2180	
2000	8500	1400	950	2600	

Таблица 43

Ширина ленты, мм	Стоимость конвейера и затраты на его монтаж, тыс. руб. 100 м	Затраты на сооружение 100 м, тыс. руб.			
		навеса с односторонним ограждением	неотапливаемой галереи серии 3,016-1	неотапливаемой галереи серии 3,016-2	отапливаемой галереи серии ИС-01-15
1000	14,8	70,0	36,5	22,2	65,1
1200	22,5	7,6	46,1	24,5	68,0
1400	28,7	8,2	46,1	25,5	76,0
1600	47,8	9,0	46,1	24,5	76,0
2000	69,0	9,9	—	—	82,8

размещать непосредственно на поверхности или в небольших выемках и насыпях. В таких случаях основание представляет собой бетонную опору с продольной канавкой сбоку или в центре конвейера для стока вод. Поверхность бетона покрывается асфальтом или деревянным настилом. На бетонном основании, так же как и на эстакадах, возводится галерея. Однако галереи устраивают в основном для подъемных конвейеров, большинство же конвейеров, устанавливаемых на поверхности почвы, имеют более легкие укрытия.

Такие укрытия располагаются непосредственно на раме секций конвейеров и сооружаются из дерева, стальных листов, бетона, асбоцементных плит и пластика. Деревянные укрытия представляют собой небольшие навесы, открытые с одной стороны и имеющие с другой легко снимаемую состоящую из отдельных щитов стенку. Наиболее часто укрытия сооружают из цилиндрических кожухов, из гладких или гофрированных стальных листов. Известны случаи устройства укрытия из съемных коробчатых желобов, покрывающих конвейер сверху. Иногда укрытиями служат железобетонные трубы большого диаметра, в которых помещают стaves конвейеров.

В глубоких карьерах часто приходится располагать конвейеры не на поверхности земли, а под мостами, в путепроводах, галереях и других сооружениях, позволяющих не нарушать ранее проложенные в карьере коммуникации. Такие устройства выполняются обычно из железобетона, металлических ферм с деревянной заборкой и других конструкций. Монолитные железобетонные мостовые конструкции применяют тогда, когда транспортные потоки по обоим уровням пересечений являются весьма значительными и интенсивными и сооружения рассчитаны на длительный срок существования. Такие конструкции требуют, как правило, свайных фундаментов, больших затрат времени на сооружение и носят стационарный характер. В практике автомобильно-конвейерного транспорта большинство сооружений такого рода служат не более 5—7 лет и ликвидируются по мере отработки верхних горизонтов карьера.

Для "мобильных" пересечений в карьере применяют конструкции из облегченных деталей, позволяющих многократно использовать их в сочетании с элементами горной выработки для устройства пересечения (например, использование скальных оснований в качестве фундаментных стаканов и т. п.). При устройстве пересечений на горизонтах с рыхлыми породами путепроводы должны быть тоннельного типа (открытым способом) с креплением из тюбингов, специальных железобетонных рам или коробов (длиной элемента до 5—6 м).

§ 10. ПЕРЕГРУЗОЧНЫЕ ПУНКТЫ АВТОМОБИЛЬНО-КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Классификационные признаки и особенности перегрузочных пунктов автомобильно-конвейерного транспорта. Анализ отечественного и зарубежного опыта проектных решений и научных разработок по эксплуатации и созданию перегрузочных пунктов внутри карьеров и на поверхности позволяет выделить их следующие характерные компоновочные схемы (рис. 49). По основному технологическому признаку устройства подразделяются на пункты: без грохочения и дробления (рис. 49, а, б), с грохочением (рис. 49, в, г), с дроблением (рис. 49, д, з), с грохочением и дроблением (рис. 49, е, ж), передвижные и самоходные установки с грохочением (рис. 49, и), с грохочением и дроблением (рис. 49, к, л), с дроблением (рис. 49, м).

В зависимости от качества взорванной исходной горной массы в карьере, определяемого количеством выхода фракций, пригодных к транспортированию ленточными конвейерами (размерами до 0,4—0,5 м), перегрузочные пункты с дроблением выбираются при содержании таких фракций менее 50 %, с грохочением и дроблением 50 % и более, с грохочением: на виброгрохоте до 85 %, на неподвижном грохоте до 95—97 %.

В зависимости от срока существования перегрузочные пункты могут быть следующих типов: стационарными, располагаемыми на поверхности у борта или внутри карьера (рис. 50) на длительный срок эксплуатации (до 10 лет и более), полустационарными (переносны-

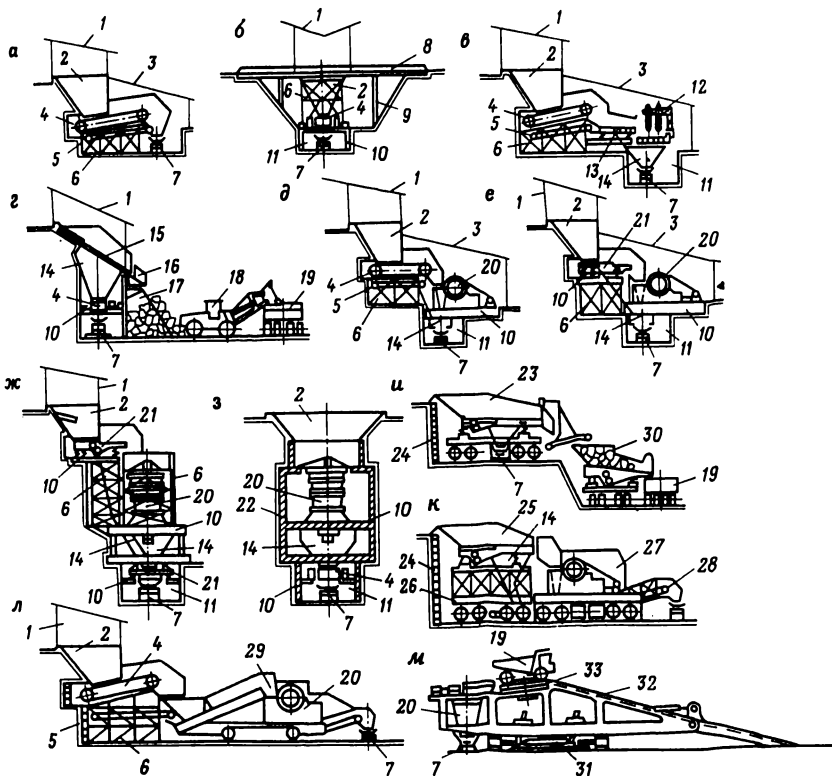


Рис. 49. Характерные компоновочные схемы перегрузочных пунктов автомо-
билейно-конвейерного транспорта:

1 — навес; 2 — бункер; 3 — укрытие; 4 — питатель; 5 — подборщик просыпи; 6 — металлоконструкции; 7 — конвейерный подъемник; 8 — мост; 9 — опора моста; 10 — основание питателя (грохота, дробилки); 11 — выемка в грунте; 12 — установка для разрушения негабарита; 13 — вибрационный грохот; 14 — переходный бункер; 15 — неподвижный колосниковый грохот; 16 — передвижной желоб; 17 — разделительная стенка; 18 — автопогрузчик (экскаватор); 19 — автосамосвал; 20 — дробилка; 21 — вибрационный питатель-грохот; 22 — железобетонный колодец; 23 — передвижная виброгрохотильная установка; 24 — сборно-разборная подпорная стенка; 25 — блок бункера; 26 — блок основания питателя-грохота; 27 — блок дробилки; 28 — передаточный конвейер; 29 — самоходный дробильный агрегат; 30 — передвижной бункер-питатель; 31 — ходовое устройство; 32 — эстакада; 33 — поворотный круг

ми), располагаемыми на промежуточном или концентрационном горизонтах как временное сооружение, имеющее срок эксплуатации не более 8—10 лет, передвижными (самоходными), располагаемыми на промежуточном горизонте как автономные или агрегатированные установки, имеющие срок эксплуатации на одном месте до 1—3 лет.

Стационарные перегрузочные устройства сооружают из монолитного и сборного железобетона в соответствии с нормами технологического проектирования обогатительных фабрик. Устройства оборуду-

A - A

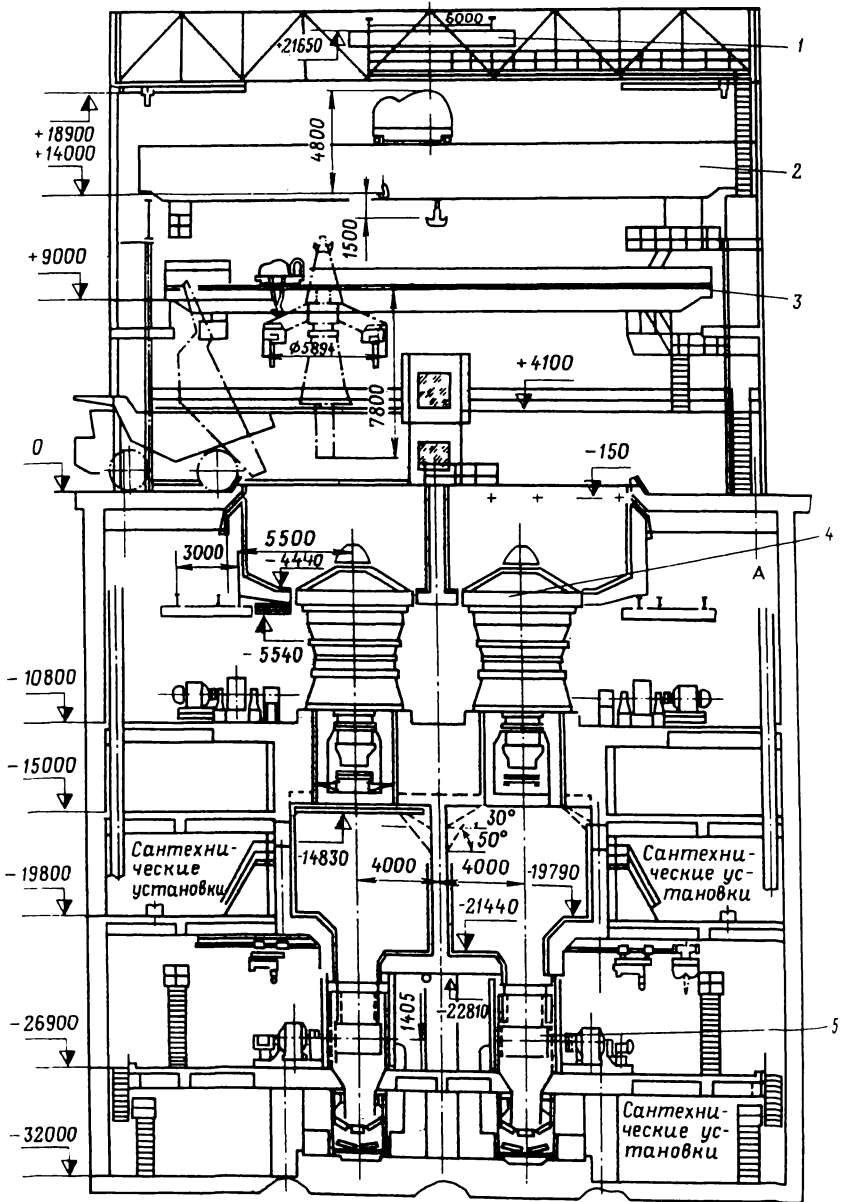


Рис. 50. Стационарный перегрузочный пункт автомобильно-конвейерного транспорта на Стойленском карьере:

1 — кран однобалочный; 2, 3 — краны мостовые; 4 — конусные дробилки ККД-1500/180; 5 — пластинчатые питатели 2-24-60

дуются капитальными зданиями и постоянными крановыми механизмами для проведения ремонта технологического оборудования.

Опыт работы автомобильно-конвейерного транспорта в СССР и за рубежом показывает, что наибольшая его эффективность достигается при полустационарных перегрузочных пунктах. Благодаря перемещению загрузочного устройства вслед за понижением горных работ достигается сокращение плеча автомобильной откатки. Полустационарные пункты могут быть расположены снаружи на одном или двух уступах с размещением конвейеров по борту карьера (см. рис. 49, е, ж) и могут быть заглублены в колодцы с размещением конвейеров в наклонной штольне (см. рис. 49, з). Полустационарные (переносные) установки обычно имеют разборную конструкцию, состоящую из отдельных инвентарных блоков (см. рис. 49, е, к). Установка монтируется на сборных основаниях и металлоконструкциях с помощью автомобильных кранов и обычно не нуждается в капитальном здании. Сборно-разборная конструкция облегчает перенос установки на нижележащий горизонт. Отдельные ее блоки перемещаются тягачами и низкобортными прицепными тракторами. Для снижения потерь времени, а следовательно, и производственной мощности карьера, связанных с переносом полустационарного загрузочного устройства, для него на новом месте заранее подготавливают опорные основания, подпорные стенки и приобретают резервный комплект питателей, грохотов, дробилок и другого оборудования.

В зависимости от требуемой пропускной способности и технологического назначения перегрузочные пункты выполняются с одной, двумя или несколькими цепями технологического оборудования. Производительность одной технологической цепи перегрузочных пунктов составляет: в схемах без грохочения и дробления до 10 млн. т в год (до 1000 т/ч); в схемах с дроблением до 15—20 млн. т в год (до 3000—4000 т/ч); в схемах с грохочением и дроблением до 30 млн. т в год (до 6000 т/ч) и в схемах с грохочением до 8—10 млн. т в год (до 1000 т/ч).

Перегрузочные пункты могут быть смонтированы на поверхности уступа с примыканием к нему, заглубленными в тело уступа, полуглубленными (комбинированными), т. е. частично смонтированными на поверхности, частично заглубленными в тело уступа.

Перегрузочные пункты бывают открытого и закрытого типов. Пункты закрытого типа могут быть отапливаемыми и неотапливаемыми. Иногда они располагаются в подземных камерах.

В комплект технологического оборудования перегрузочных пунктов входят: при устройствах без грохочения и дробления — бункер и питатель; в пунктах с дроблением — бункер, питатель и дробилка; в пунктах с грохочением и дроблением — бункер, питатель, грохот (питатель-грохот) и дробилка; в пунктах с грохочением — грохот, бункер, питатель или бункер и питатель-грохот.

По отношению к конвейерному подъемнику перегрузочные пункты могут быть размещены непосредственно над подъемником или со-

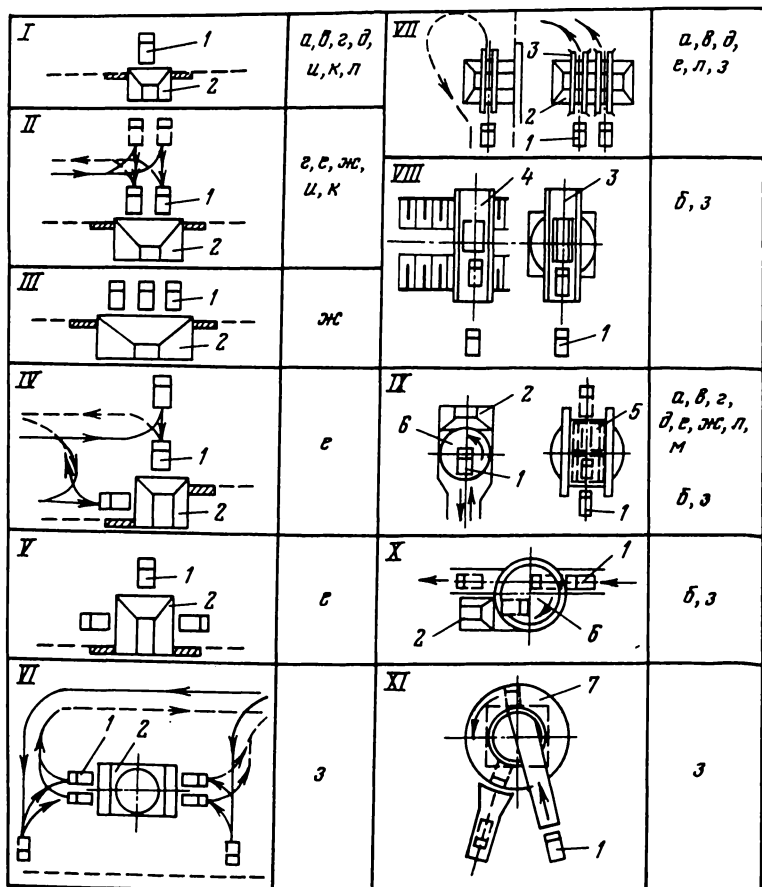


Рис. 51. Характерные схемы околобункерных площадок и надбункерных устройств перегрузочных пунктов:

1 — автосамосвал; 2 — бункер; 3 — мост с опрокидывающимися полуплатформами; 4 — мост с откидывающейся платформой; 5 — мост с поступательно-движущейся площадкой; 6 — конструкция с поворотной платформой; 7 — конструкция непрерывного действия с кольцевой вращающейся платформой (а, б, в, г, д, е, ж, з, и, к, л, м — обозначения схем те же, что на рис. 49)

прягаться с подъемником при помощи короткого передаточного конвейера.

При использовании автотранспорта (рис. 51) перегрузочные пункты бывают оборудованы площадками для маневрирования автосамосвалов (тупиковая разгрузка, схемы I–VI) или устройствами, обеспечивающими разгрузку без маневров (сквозное движение, схемы VII–XI). При сквозном движении автосамосвалов различают устройства, обеспечивающие: прямой проезд автосамосвала над бункером и прямой наезд автосамосвала на платформу с последующей разгруз-

кой во время дополнительного движения платформы. Устройства могут быть оборудованы для одного, двух или нескольких автосамосвалов, разгружающихся одновременно.

По виду кранов, обслуживающих перегрузочные пункты, различают пункты со стационарными кранами (мостовыми, козловыми) и пункты с самоходными гусеничными кранами. Перегрузочные пункты могут быть и без постоянного крана. При этом они оборудуются специальным устройством грузоподъемностью до 10 т для извлечения негабарита из зева дробилки.

Выбор типа и параметров загрузочных устройств зависит от многих факторов. Взаимосвязь основных параметров и их влияние на выбор конструкции перегрузочного пункта показаны на рис. 52.

Расположение и устройство перегрузочных грохотильных пунктов в карьерах. Основным технологическим оборудованием перегрузочного пункта является грохот, который разделяет поступающую из автосамосвалов горную массу на два класса, обычно +400—500 мм. Подколосниковые фракции поступают на ленточный конвейер, надколосниковые под действием силы тяжести складываются на нижней площадке.

Перегрузочные грохотильные пункты в карьерах могут быть выполнены по следующим компоновочным схемам: бункер—питатель—виброгрохот—конвейер; бункер—вибропитатель—грохот—конвейер; неподвижный грохот—бункер—питатель—конвейер.

Для удаления надколосниковых фракций перегрузочные пункты оснащены экскаваторами или колесными погрузчиками, а для разрушения этих фракций могут быть установлены различные устройства. Для дробления негабарита на колосниковых решетках бункеров применяют гидробутобой, пневмоударные машины, установки электротермического разрушения и др. Высокая степень эффективности разрушения пород и руд средней крепости может быть достигнута с помощью дробильно-фрезерной машины ДФМ-11Г. Дробление кусков руды на решетках бункеров производится зубьями двух вращающихся фрез при движении машины вдоль решетки в обоих направлениях со скоростью 10 м/мин. При этом после разрушения материал поступает на конвейер.

Если гранулометрический состав взорванной горной массы содержит свыше 90 % кусков размерами менее 400 мм, то перегрузочные пункты при производительности до 10 млн. т горной массы в год целесообразно оборудовать только высокоэффективными виброгрохотами. А при производительности до 5 млн. т в год и содержании фракций размерами более 400 мм в количестве 5 % и менее возможно применение неподвижных грохотов. По данным института Южгипроруда грохотильные пункты эффективно эксплуатируются до глубины карьера 50—100 м.

В отечественной практике автомобильно-конвейерный транспорт с грохочением пород и руд используется на карьерах №1 НКГОКа и №2 Гайского ГОКа. Каждый из карьеров имеет своеобразное устройство перегрузочного пункта.

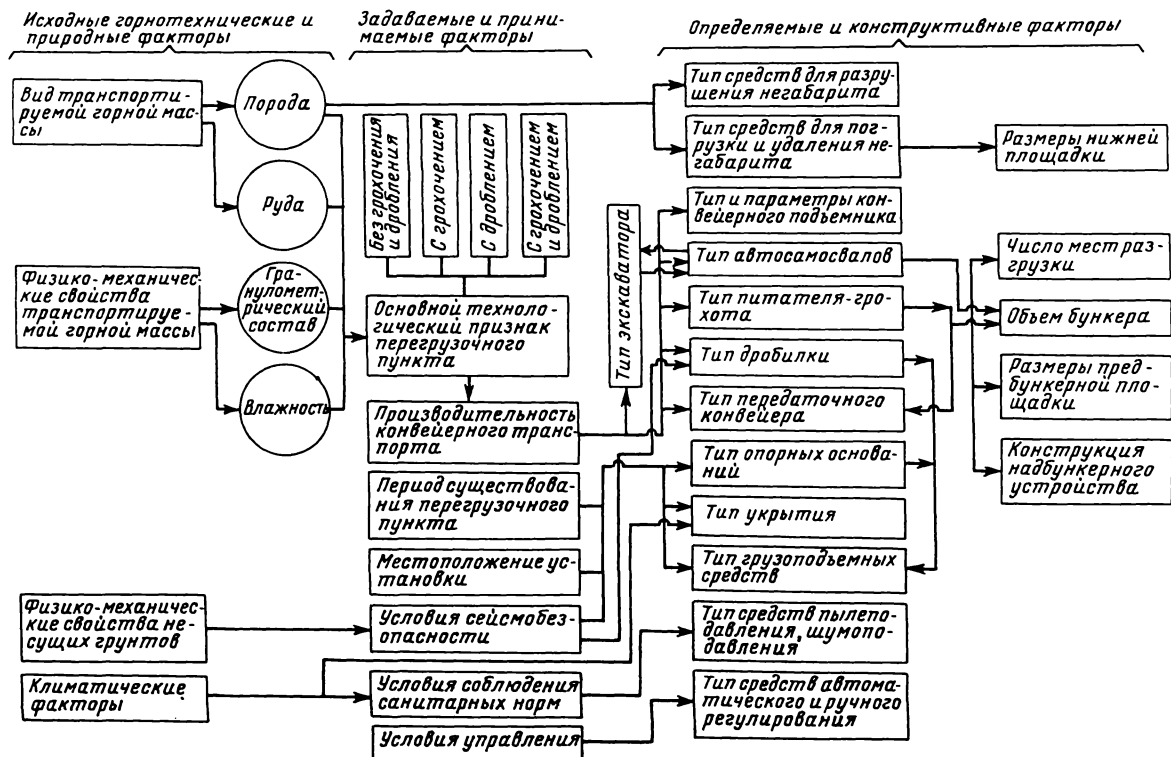


Рис. 52. Взаимосвязь основных параметров и их влияние на выбор конструкции перегрузочного пункта

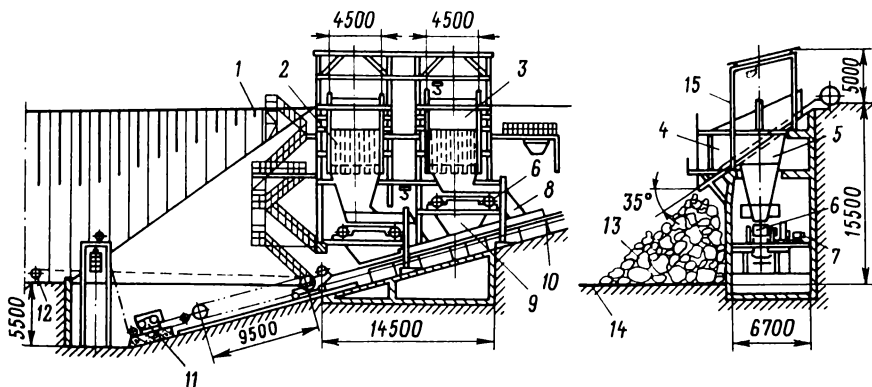


Рис. 53. Перегрузочный грохотильный пункт на карьере №1 НКГОКа:

1 — верхняя предбункерная площадка; 2 — неподвижный грохот с консольно-защемленными колосниками; 3 — приемная плита грохота; 4 — борта грохота; 5 — бункер; 6 — пластинчатый питатель; 7 — привод питателя; 8 — перегрузочная воронка; 9 — воронка для сбора просыпи из-под питателя; 10 — ленточный конвейер; 11 — патентное устройство конвейера; 12 — лебедка для замены ленты; 13 — склад надгрохотных фракций; 14 — нижняя площадка; 15 — навес

В карьере №1 НКГОКа грохотильный пункт построен на нерабочем борту вне зоны опасного влияния взрывных работ (рис. 53).

Руда из забоев доставляется автосамосвалами БелАЗ-540 на предбункерную перегрузочную площадку к одному из приемных мест разгрузки. Установка состоит из двух секций. Каждая секция оборудована неприводным колосниковым грохотом с консольно-защемленными колосниками. Угол наклона колосников грохота 31° . Грохоты имеют приемную плиту и вертикальные борта. Колосники грохота выполнены из проката сечением $0,19 \times 0,19$ м и имеют длину 6 м. Футеровка колосников имеет форму равнобокого уголка толщиной 40 мм и длиной 1 м. Футеровка на колосниках крепится при помощи горизонтальных стержней. Колосники по ходу движения материала располагают веерообразно. Между нижней опорой и свободными концами колосников имеется пространство, позволяющее колебать колосники в вертикальной плоскости. Расстояние между колосниками выбрано из расчета разделения материала на классы $\pm 400 - (\pm 500)$ мм.

Надгрохотный продукт поступает в металлические бункера емкостью 40 и 80 т. Под разгрузочными отверстиями бункеров установлены пластинчатые питатели. Длина рабочей части 4,5 м.

Надгрохотный продукт под действием силы тяжести поступает на склад. Затем руда экскаватором ЭКГ-4,6 отгружается в автосамосвалы.

Техническая характеристика перегрузочного пункта приведена в табл. 4 4.

В последние годы на грохотильной установке перерабатывается до 5 млн. т горной массы в год. При этом затраты на транспортирова-

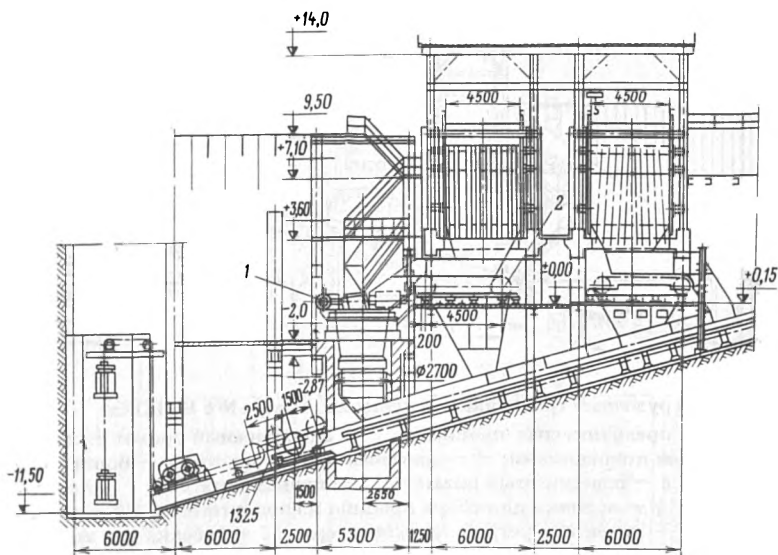


Рис. 54. Перегрузочный пункт в карьере №1 НКГОКа после реконструкции:
1 — дробилка ККДВ-900/180; 2 — пластинчатый питатель II типа

ние руды составили 16,2 коп/т, а на грохочение — 0,35—0,45 коп/т против 1,7—2,9 коп/т при дроблении руды в стационарной щековой дробилке на этом же комбинате.

В дальнейшем перегрузочный пункт на карьере №1 НКГОКа был частично реконструирован (рис. 54). Левая секция установки была оборудована неподвижными подпружиненными грохотами конструк-

Таблица 44

Показатели	Карьер	
	№1 НКГОКа	№2 Гайского ГОКа
Производительность грохотильного пункта, т/ч	1300	До 1000
Производительность по подколосниковому продукту, т/ч	1000	—
Максимальный размер принимаемого куска, м	1,0	1,2
Плотность материала, т/м ³	До 2,5	1,8
Технологическая вместимость бункера, м ³	—	70 (135)
Число мест разгрузки	2	2
Граница разделения на грохоте, м ³	± 0,4	± 0,4
Эффективность разделения, %	86,5	95
Размеры пункта, мм:		
длина	28	37
ширина	10	20
высота	12	21,5
Общая масса оборудования, т	—	160
Установленная мощность привода, кВт	—	125

ции ИГТМ АН УССР. После реконструкции весь подколосниковый материал собирается в бункере и пластинчатым питателем подается во вновь установленную дробилку ККДВ-900/180, размещенную на кольцевом железобетонном фундаменте с внутренним диаметром 2,7 м.

Более совершенными по эффективности грохочения являются перегрузочные пункты с вибрационными грохотами (рис. 55). Примером такого пункта является опытная установка на карьере №2 Гайского ГОКа.

Установка предназначена для транспортирования и укладки в отвал скальных пород (вторичных кварцитов, туфов, порфиринов и др.) со средней плотностью $2,7 \text{ т/м}^3$. Перегрузочный пункт состоит из следующих основных элементов: приемного железобетонного бункера, пластинчатого питателя тяжелого типа, вибрационного грохота СВГ-1, передвижной разделительной тележки, конвейера для сбора просыпи, подъемного конвейера, отсека для размещения негабаритных фракций.

Железобетонный бункер общей вместимостью 135 м^3 , сопряженный с пластинчатым питателем, имеет высоту выпускного отверстия 3,5 м. Угол наклона питателя был принят 14° .

Основным исполнительным органом, разделяющим породу на фракции $\pm 400 \text{ мм}$, является вибрационный питатель-грохот СВГ-1. Ширина рабочего органа грохота 2,1 м, длина — 4,2 м, расстояние между колосниками 0,26—0,28 м.

Опорная рама виброгрохота СВГ-1 размещена на фундаменте. Колеблющийся рабочий орган грохота устанавливается на раму при помощи резинометаллических упругих элементов.

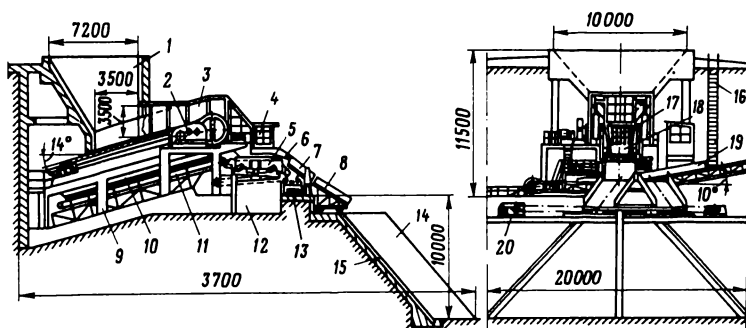


Рис. 55. Перегрузочный пункт с вибрационным грохотом СВГ-1:

1 — приемный бункер; 2 — пластинчатый питатель; 3 — кожух питателя; 4 — пульт управления; 5 — вибрационный грохот СВГ-1; 6 — предохранительные борты над грохотом; 7 — наклонный лоток; 8 — передвижная разделительная тележка; 9 — опора питателя; 10 — воронка для сбора просыпи; 11 — конвейер для сбора просыпи; 12 — фундамент грохота; 13 — первый подъемный конвейер; 14 — разделительная стенка; 15 — укрепленный откос; 16 — лестница; 17 — цепная завеса; 18 — наклонный лоток; 19 — успокоительные борты подъемника; 20 — устройство для перемещения передвижной разделительной тележки

Подъемный конвейер установлен на том же основании, что и грохот СВГ-1.

Над конвейером, под углом наклона 35° , имеется переходный неподвижный лоток шириной 2,5 м. За лотком установлена передвижная разделительная тележка, которая перемещает породу в различные отсеки.

Работой перегрузочного пункта управляет оператор с пульта управления.

Наибольшая производительность, которой достигла грохотильная установка, составляет 930 т/ч. Установлено, что эффективность грохочения на виброгрохоте с открытой щелью между колосниками 400 мм составляет до 90 %.

Испытаниями установлено, что эффективность автомобильно-конвейерного транспорта с грохочением по отношению к эффективности с дроблением достигается при условии выхода негабаритных фракций по конвейерному транспорту не более 15 % при длине откатки его в автомобильный отвал не более 1 км при производительности комплекса не менее 2 млн.т/год.

Как было сказано выше, комбинация железнодорожного транспорта с конвейерным встречается сравнительно редко. В простейшем виде она была применена при транспортировании вскрышных пород на Михайловском ГОКе (рис. 56) с оборудованием перегрузочного пункта грохотами колосникового типа. Перегрузочный пункт состоит из следующих элементов (рис. 57): приемного бункера-перегрузате-

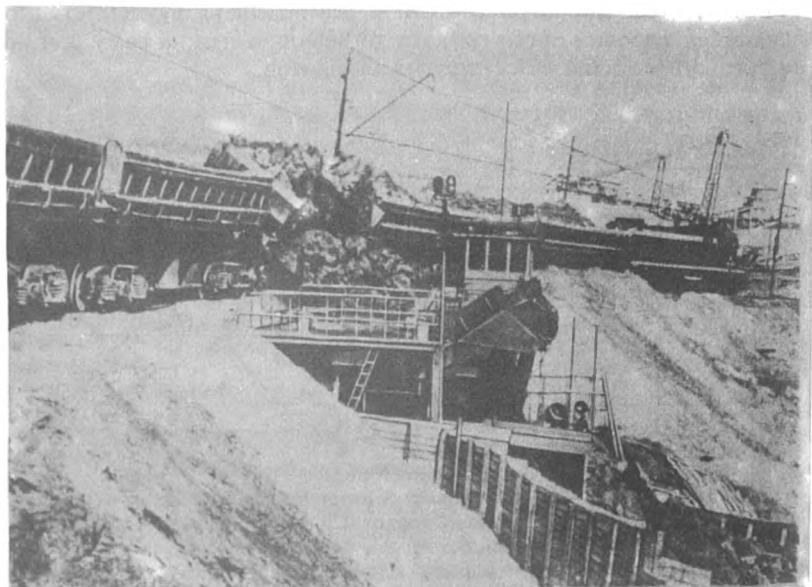


Рис. 56. Перегрузочный пункт с железнодорожного на конвейерный транспорт на Михайловском ГОКе

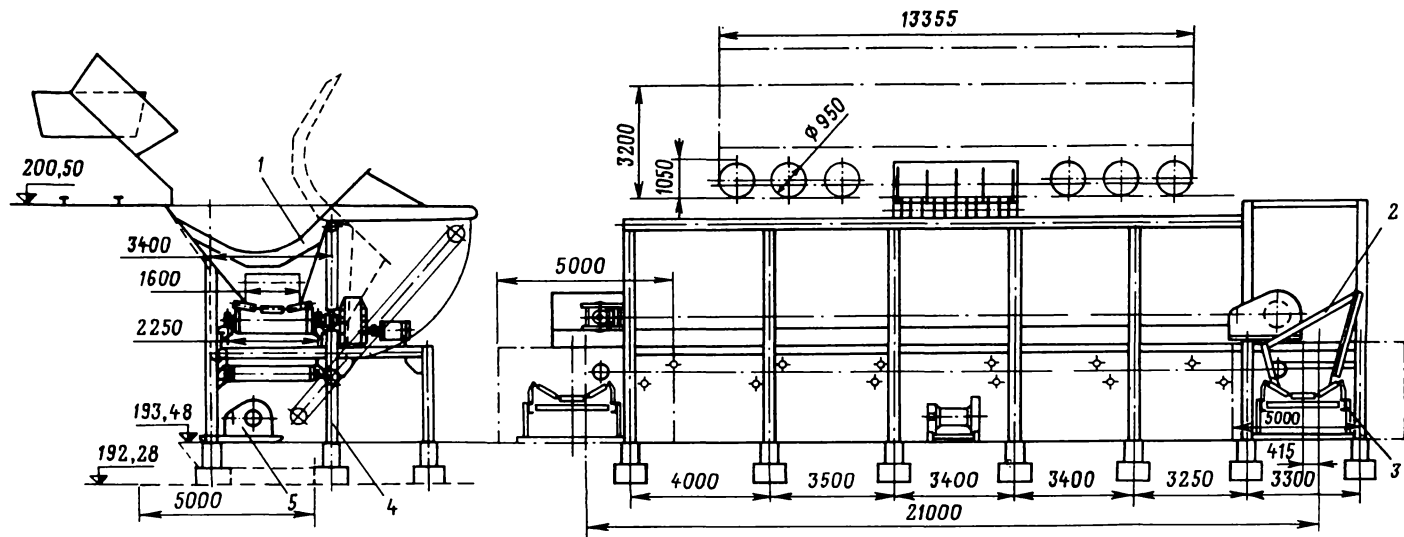


Рис. 57. Конструкция перегрузочного пункта с железнодорожного транспорта на конвейерный:

1 — криволинейный шарнирный колосниковый грохот; 2 — приемный бункер-перегрузатель; 3 — конвейер; 4 — рама; 5 — электродвигатель

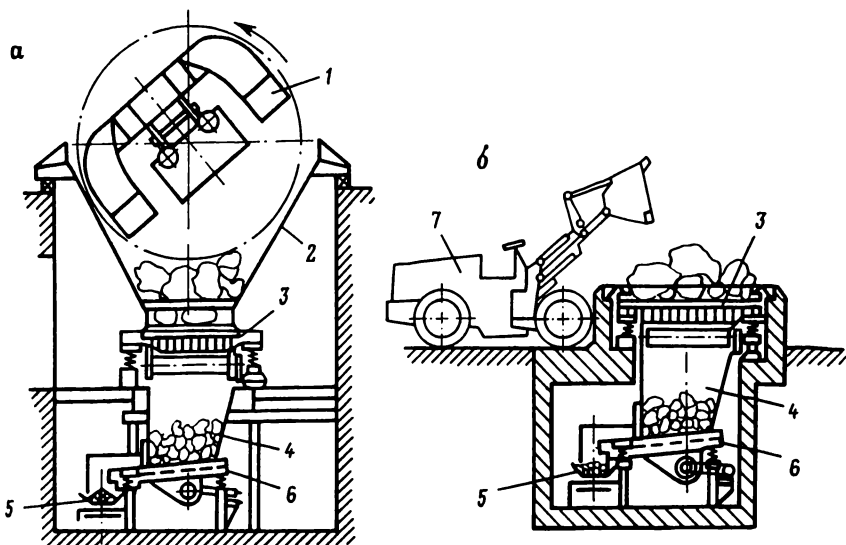


Рис. 58. Виброгрохотильные пункты для разрушения и погрузки смерзшейся руды на конвейер:

а — при загрузке из думпкаров; *б* — при загрузке погрузчиками или экскаваторами: 1 — вагонопрокидыватель; 2 — приемный бункер; 3 — вибрационный колосниковый грохот; 4 — бункер подколосникового материала крупностью до 0,2 м; 5 — ленточный конвейер; 6 — вибрационный питатель для загрузки конвейера; 7 — погрузчик

ля с ленточным питателем и криволинейным колосниковым шарнирным грохотом, амортизирующих подушек и приемного конвейера. Производительность перегрузочного пункта достигает $3000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

На рис. 58 показана работающая в Швеции перегрузочная установка с железнодорожного транспорта на конвейерный с применением вибрационных колосниковых грохотов. Производительность установки 4000 т/ч . Она служит для перегрузки смерзшейся железной руды. Шесть вибрационных грохотов установлены под сдвоенным вагонопрокидывателем и рассчитаны на принятие смерзшихся блоков руды массой 40 т .

Другая работающая в Швеции установка оборудована двумя вибрационными грохотами. Она предназначена для перегрузки смерзшейся железной руды и угля. Производительность грохота достигает 2200 т/ч .

Особенности компоновки и конструктивное устройство перегрузочных дробильных и грохотильно-дробильных пунктов. Основным технологическим оборудованием дробильных пунктов является дробилка крупного дробления. В грохотильно-дробильных пунктах исполнительным оборудованием является также грохот, предназначенный для предварительного разделения горной массы перед дроблением. Наиболее распространены пункты со щекowymi и конусными дробилками.

Пункты со щекowymi дробилками строят на поверхности горизонта или частично заглубленными. Размещаются они в отапливаемых или неотапливаемых зданиях, оборудуются мостовыми, козловыми или самоходными кранами. На крупных карьерах устанавливают параллельно две-три цепи дробильного оборудования. При этом под дробилками располагают общий сборочный конвейер для передачи горной массы на магистральный подъемник. Введение предварительного грохочения на виброгрохотах перед щекowymi дробилками позволяет в 1,5 раза повысить производительность перегрузочного пункта.

Комплект технологического оборудования в перегрузочных пунктах со щекowymi дробилками состоит из бункера—питателя—дробилки—конвейера; бункера—питателя—колосникового (неподвижный, вибрационный) грохота—дробилки—конвейера; бункера—вибропитателя—грохота—дробилки—конвейера.

Пункты с конусными дробилками обычно сооружают заглубленными в колодцах. Производительность одной конусной дробилки ККД-1500/180 в зависимости от условий разработки в карьере достигает 18—20 млн. т в год. При этом перед конусными дробилками не устанавливают грохотов для предварительного разделения потока и вся горная масса пропускается через дробилку.

При производительности карьера до 30 млн. т горной массы в год и при наличии во взорванной горной массе до 60 % кусков размерами 400 мм и более перед дробилкой иногда помещают грохоты с повышенной эффективностью разделения. В большинстве случаев перегрузочный пункт устраивается непосредственно над конвейерным подъемником. В комплект оборудования входит: бункер—дробилка—бункер—питатель или бункер—вибропитатель—грохот—дробилка—бункер—питатель.

На рис. 59 показана конструкция перегрузочного пункта производительностью 13,5 млн. т в год в карьере Оленегорского ГОКа. Пункт имеет две технологические цепи, включающие бункер—питатель—колосниковый грохот—дробилку. Автосамосвалы разгружаются в бункера из монолитного железобетона вместимостью около 200 м³. Размеры выпускного отверстия 2,35 x 2,5 м. В каждый бункер одновременно могут разгружаться два автосамосвала БелАЗ-548. Под бункером установлен пластинчатый питатель тяжелого типа 1-24-90, под которым расположен ленточный конвейер длиной 10 м для подборки просыпавшейся горной массы. Между дробилкой и питателем установлен наклонный, неподвижный колосниковый грохот шириной 2,2 м и общей длиной 4 м, угол наклона к горизонту равен 40°. Подколосниковый продукт с грохота и мелочь с подборщика попадают в воронку и далее в загрузочное устройство конвейера. Щековая дробилка ЩДП-15 x 21 установлена на массивном фундаменте, в котором имеются сквозные проемы для размещения передаточного конвейера длиной 36 м. Конвейер с натяжным устройством установлен в железобетонной выемке, высота которой 7,1 м, длина 51 м. Над перегрузочным пунктом возведено неотапливаемое здание. В крыше здания

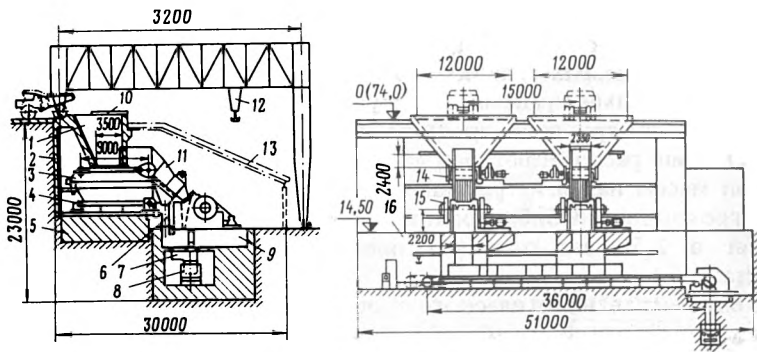


Рис. 59. Перегрузочный пункт в карьере Оленегорского ГОКа:

1 — приемный бункер; 2 — подпорная железобетонная стенка; 3 — пластинчатый питатель; 4 — конвейер для уборки просыпи; 5 — фундамент под питатель и бункер; 6 — воронки для подколосникового продукта; 7 — загрузочное устройство конвейера; 8 — передаточный конвейер; 9 — фундамент дробилки; 10 — укрытие бункера; 11 — борт питателя и грохота; 12 — кран козловой; 13 — здание; 14 — колосниковый неподвижный грохот; 15 — дробилка щековая размером 2100x1500; 16 — выемка под конвейер

предусмотрены щиты, которые во время ремонта снимаются. Для проведения ремонтных работ предусмотрен самомонтирующийся козловой кран грузоподъемностью 50/10 т, созданный на базе серийного крана КС-50-42Б. Расстояние между опорами крана 32 м. Основные показатели перегрузочных пунктов со щековыми дробилками приведены в табл. 45.

На рис. 60 показан перегрузочный пункт, используемый при отработке глубинных горизонтов Сарбайского карьера (проект Гипроруды). Установка содержит три параллельные цепи технологического оборудования, включающие железобетонный бункер, горизонтальный пластинчатый питатель 1-23-90, вибрационный грохот ГПТ, щековую дробилку размером 1500x2100, соединенные общим поперечным передаточным конвейером длиной 58 м.

Институтом Уралгипроруда был выполнен рабочий проект переносного перегрузочного пункта блочного типа для опытно-промышленного участка Качканарского ГОКа. Отличительной особенностью этого пункта является то, что основное оборудование устанавливается на переносных металлических конструкциях.

Перегрузочный пункт состоит из следующих основных элементов: подъездной эстакады, металлического разборного бункера с цепной завесой, вибрационного грохота-питателя ГПТ, щековой дробилки ШДП-15x21, основания дробилки, перегрузочного устройства дробленого материала, вибропитателя 181ПТА, разборного металлического бункера подколосникового материала, выкатывающегося конвейера, расположенного вдоль оси установки металлоконструкций, аспирационной установки, фундаментной плиты.

Управление работой перегрузочного центра осуществляется с по-

Таблица 45

Показатели	Оленегорский ГОК		Качка- нарский ГОК ОПУ	Комсомольское РУ		Сарбай- ский карь- ер, ССГОК
	с непод- вижным грохотом	с вибра- ционным грохотом ГПТ		карьер "Даль- ний"	карьер "Юж- ный"	
Производительность (расчетная, достигну- тая), т/ч	2175	4000	2000	2000	1000	3000
Горная масса	Железные руды			Известняк		Железные руды
Плотность горной массы, т/м ³	2,68—3,45	2,68—3,45		2,2—2,5	2,2—2,5	3,4
Максимальный раз- мер загружаемого куска, м	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2
Дробилка	ШДП-15 х 21					
Масса оборудова- ния, т	866	618	346	300	290	1233
Масса металлоконст- рукций и нестандарт- ного оборудования, т	670	620	276	95	—	980
Объем бетонных и железобетонных ра- бот, м ³	4525	4120	1780	2100	—	6800
Общая мощность приводов, кВт	630	600	350	340	—	845
Размеры перегрузоч- ного пункта (без учета высоты крана), м	57 х 35 х х 28	57 х 30 х х 28	43 х х 22 х 18	60 х 25 х х 18	—	80 х 32 х х 25
Ориентировочные размеры площад- ки, м	70 х 100	60 х 100	70 х 35	—	—	75 х 120
Капитальные затраты, тыс. руб.	1661	1393	517	—	—	2455
Эксплуатационные расходы тыс. руб.	265	260	114	—	—	390

мощью сигнализации. Автосамосвалы по сигналу оператора въезжают на металлическую подъездную эстакаду и разгружаются в бункер.

Горная масса подается на рабочий орган вибропитателя-грохота ГПТ и под действием возмущающей силы вибропривода поступает на колосниковую часть питателя-грохота, где разделяется на два грузопотока. Надколосниковые фракции размером свыше 400—500 мм поступают в дробилку. Подколосниковые фракции через бункер поступают на вибропитатель 181ПТА, а с него на конвейер. Дробленый материал через перегрузочное устройство также поступает на конвейер.

Впервые в отечественной практике автомобильно-конвейерный транспорт был применен для доставки скальных пород.

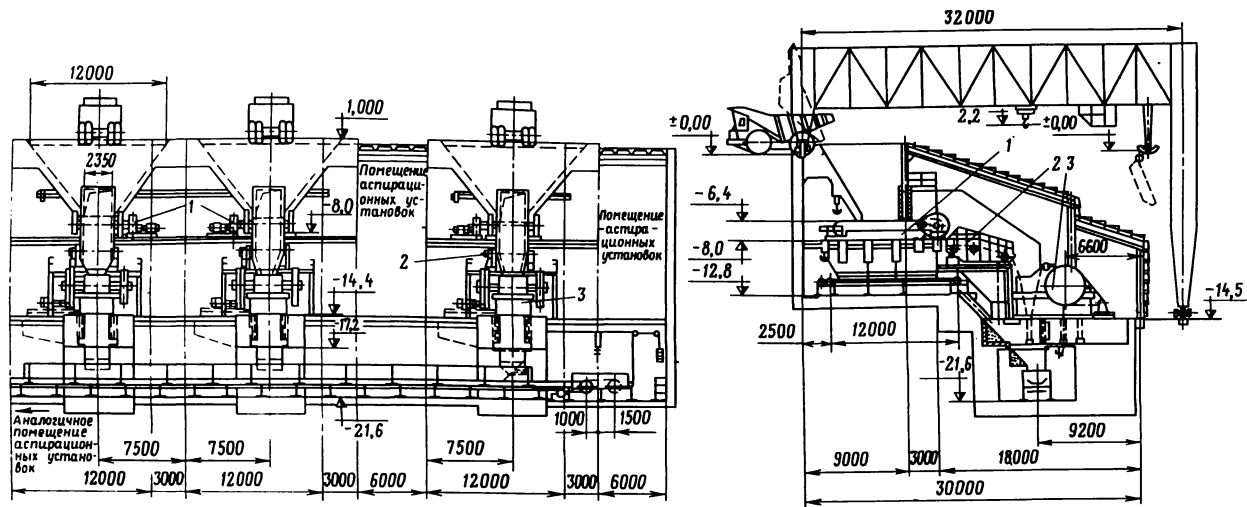


Рис. 60. Перегрузочный пункт при отработке глубинных горизонтов Сарбайского карьера:

1 – пластинчатый питатель типа 1; 2 – вибрационный грохот ГПТ; 3 – щековая дробилка ШДП-1500x2100



Рис. 61. Перегрузочный пункт в карьере

Комплекс автомобильно-конвейерного транспорта на известняковом карьере Дальний работает с 1963 г. Взорванный известняк с крупностью куска до 1,1 м в поперечнике грузится в автосамосвалы БелАЗ-540 и транспортируется к стационарному перегрузочному пункту, установленному на борту карьера (рис. 61). Установка имеет металлический полубункер вместимостью около 100 м^3 , сопряженный с пластинчатым питателем типа 1-18-90 и установленный под углом 10° . Известняк питателем подается на неподвижный колосниковый грохот, установленный под углом 40° к горизонту. Расстояние между колосниками изменяется от 150 до 220 мм.

Подпорные стенки и массивный фундамент дробилки ЩКД-2100х1500 выполнены из железобетона. Передаточный конвейер под дробилкой установлен горизонтально и имеет длину 150 м.

При отработке скальных вскрышных пород в карьере им. 50-летия Октября Бачатского угольного месторождения предусмотрено

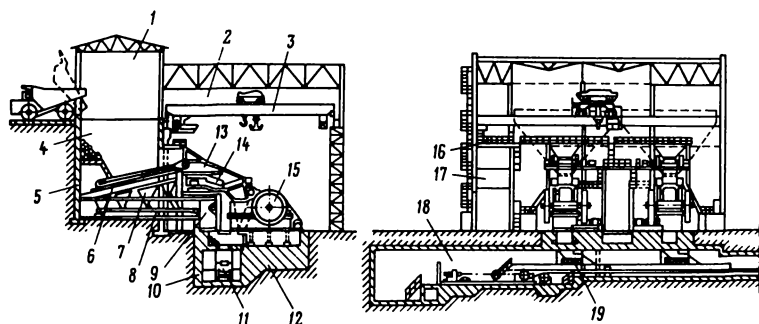


Рис. 62. Перегрузочный грохотильно-дробильный пункт в карьере им. 50-летия Октября:

1 — бункерный пролет; 2 — основной пролет; 3 — мостовой кран; 4 — бункер; 5 — подпорная стенка; 6 — пластинчатый питатель; 7 — воронка; 8 — конвейер-уборщик просыпи; 9 — желоб; 10 — промежуточная емкость; 11 — ленточный конвейер; 12 — основание дробилки; 13 — кожух грохота; 14 — вибрационный грохот типа ГТП; 15 — дробилка ЩКД 2100х1500; 16 — смотровая площадка; 17 — вспомогательный пролет; 18 — выработка; 19 — валковый питатель с бункером

построить два грохотильно-дробильных пункта (рис. 62), каждый производительностью 4000 м³/ч.

На карьерах большой производственной мощности наиболее распространены перегрузочные пункты с конусными дробилками. Карьеру Ингулецкого ГОКа принадлежит приоритет применения конвейеров для доставки руды. Перегрузочный пункт построен по проекту института Кривбасспроект (рис. 63). Руда из автосамосвалов разгружается на наклонные неприводные колосниковые грохоты. Приемная воронка установки имеет два фронта разгрузки. При этом одновременно могут разгружаться по два автосамосвала с каждой стороны. Длина грохотов по фронту работ составляет 14 м.

Подгрохотный продукт поступает в бункера вместимостью до 500 м³ каждый. Через перепускные воронки с затворами руда попадает на пластинчатые питатели и вибропитатель и далее на ленточный конвейер, расположенный в штольне.

Надгрохотный продукт поступает в приямок дробилки ККД-1500/180 ГРЩ. Дробленая руда из дробилки направляется в бункер, вместимость которого после первичной эксплуатации была увеличена за счет перестановки пластинчатых питателей. Конусная дробилка помещена в железобетонном колодце шахтного типа, имеющем диаметр 25 м и высоту около 30 м.

Для монтажа, обслуживания и демонтажа установки предусмотрен мостовой кран грузоподъемностью 160/32 т, установленный на подкрановой эстакаде.

Первоначально монтаж всей установки выполнялся с помощью экскаватора ЭКГ-8И, ковш и рукоять которого были демонтированы, а стрела оснащена грузоподъемными приспособлениями. Эска-

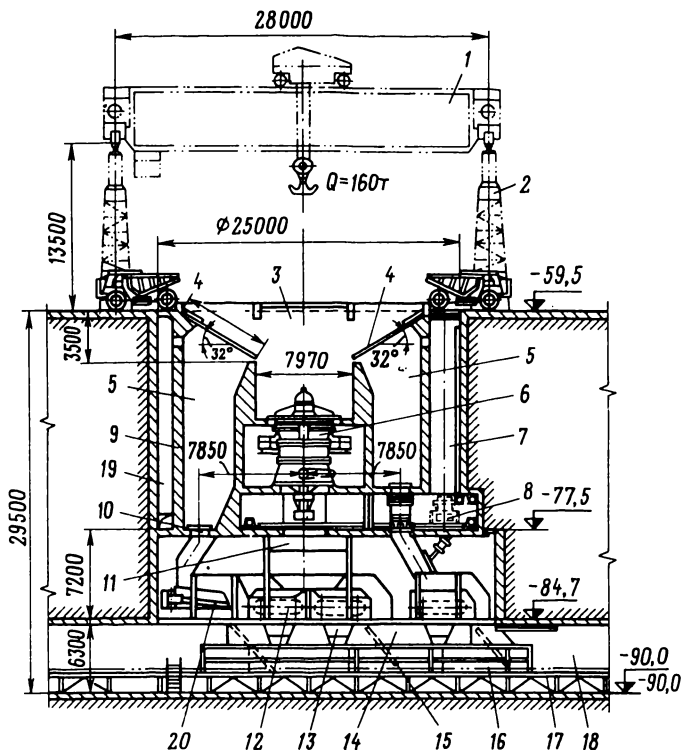


Рис. 63. Перегрузочный пункт в карьере Ингулецкого ГОКа:

1 — подъемный кран грузоподъемностью 160/32 т; 2 — подкрановая эстакада; 3 — приемная воронка; 4 — самоочищающийся виброколосниковый грохот; 5 — бункер подгрохотного продукта; 6 — конусная дробилка ККД-1500/180; 7 — проем для подъема и опускания грузов; 8 — тележка; 9 — корпус установки; 10 — переходная воронка; 11 — бункер под дробилкой; 12 — пластинчатый питатель 2-24-30; 13 — воронка для сбора просыпи из-под питателя; 14 — перегрузочный кожух; 15 — отбойная плита; 16 — переходный бункер; 17 — ленточный конвейер; 18 — штольня; 19 — вентиляционный канал; 20 — вибропитатель

вагор при монтаже не перемещался, монтируемые узлы подвозились на монтажную площадку прицепом ЧМЗАП-5530.

Проектная производительность комплекса 30 млн. т руды в год. Из-за несовершенства конструкции неподвижных колосниковых грохотов достигнутая производительность комплекса составила 18 млн. т в год. В последние годы колосниковые грохоты не работали и руда загружалась непосредственно в дробилку.

Конструкция одного из перегрузочных пунктов показана на рис. 64.

По проекту института Южгипроруда в Анновском карьере СевГОКа построен стационарный перегрузочный пункт (рис. 65). Принципиально устройство пункта имеет следующие особенности:

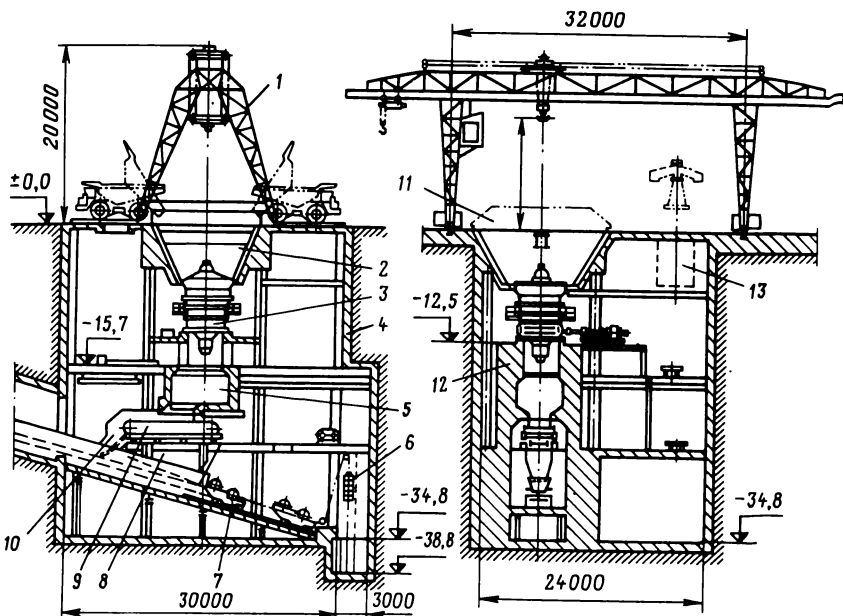


Рис. 64. Перегрузочный пункт в карьере Среднеуральского ГОКа:

1 — козловой кран; 2 — приемный бункер; 3 — дробилка ККД-1500/180; 4 — колодец; 5 — промежуточный бункер; 6 — натяжное устройство конвейера; 7 — ленточный конвейер; 8 — воронка; 9 — пластинчатый питатель; 10 — перегрузочное устройство конвейера; 11 — укрытие бункера; 12 — фундамент дробилки; 13 — вспомогательный приямок

железобетонный приемный бункер выполнен с вертикальными стенками; под бункером дробленого продукта установлены два параллельно расположенных наклонных пластинчатых питателя II типа длиной 6 м; руда питателями подается на два наклонных конвейера. Натяжная конвейерная станция вынесена из колодца, что позволило уменьшить его диаметр до 22 м; над бункером установлена подкрановая эстакада, по которой перемещаются мостовой кран грузоподъемностью 160/32 т и однобалочный мостовой кран грузоподъемностью 5 т. В пролете крановой эстакады размещены устройства и места дробящего конуса, других запасных частей, агрегатов и оборудования. К пролету эстакады примыкают сантехнические установки и отапливаемое помещение подстанции и ремонтного пункта.

Институтом Южгипроруда выполнен проект перегрузочного пункта для карьера ЮГОКа (рис. 66). В отличие от перегрузочного пункта на Анновском карьере СевГОКа рассматриваемый пункт создан для комбинированного железнодорожно-конвейерного транспорта. Горная масса из думпкаров грузоподъемностью до 180 т поступает в железобетонный бункер. Железобетонный колодец имеет диаметр 24 м и высоту около 28 м. К колодцу примыкает горизонтальная

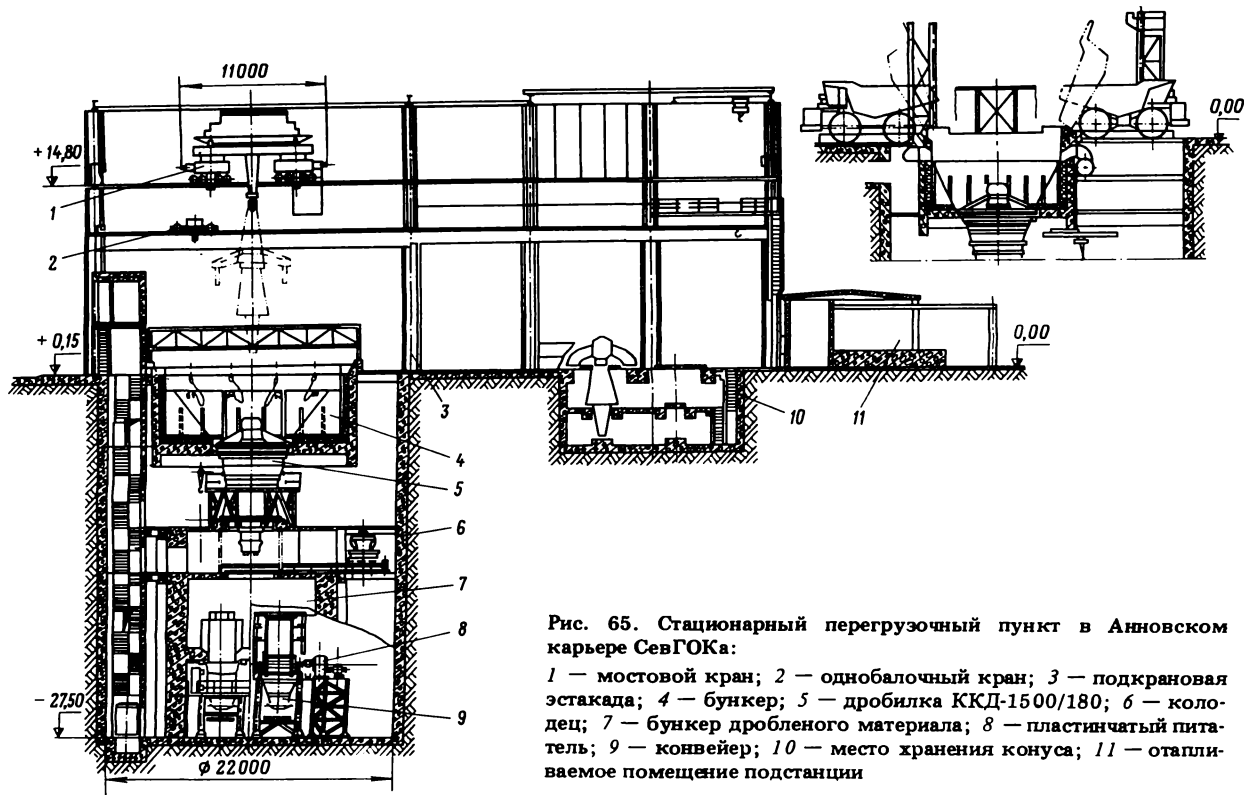


Рис. 65. Стационарный перегрузочный пункт в Анновском карьере СевГОКа:

1 — мостовой кран; 2 — однобалочный кран; 3 — подкрановая эстакада; 4 — бункер; 5 — дробилка ККД-1500/180; 6 — колодец; 7 — бункер дробленого материала; 8 — пластинчатый питатель; 9 — конвейер; 10 — место хранения конуса; 11 — отапливаемое помещение подстанции

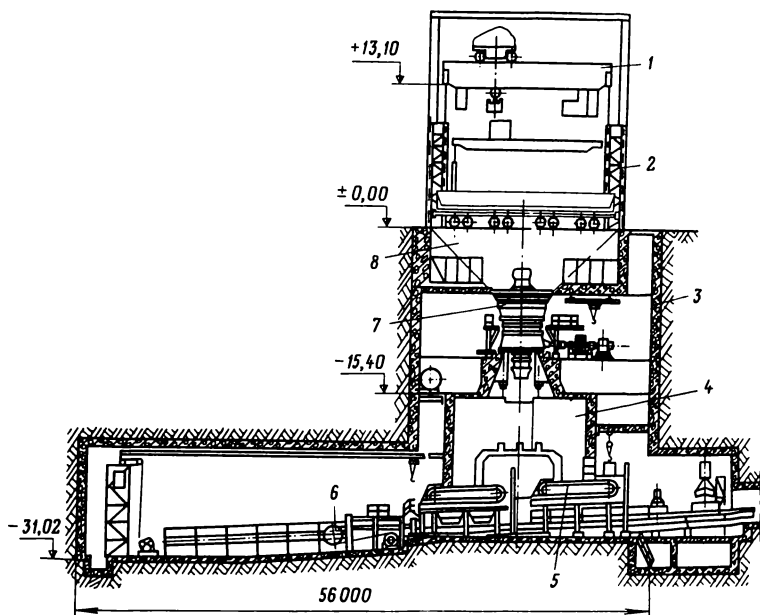


Рис. 66. Перегрузочный пункт в карьере ЮГОКа:

1 — мостовой кран; 2 — эстакада; 3 — колодец; 4 — переходный бункер; 5 — питатель; 6 — конвейер; 7 — дробилка ККД-1500/180; 8 — бункер

выработка длиной 30 м и высотой до 10 м. Выработка является продолжением наклонной штольни и предназначена для размещения натяжного устройства ленточного конвейера. Бункер вмещает до 500 т дробленой руды, подаваемой двумя пластинчатыми питателями длиной 6 м, установленными последовательно.

На Анновском карьере СевГОКа построен перегрузочный пункт с дробилкой ККДВ-1200/200 НКМЗ для перегрузки скальной вскрыши с автомобильного на конвейерный транспорт. Установка выполнена из металлоконструкций и включает металлический полубункер, наклонный пластинчатый питатель, дробилку, питатели. Автосамосвалы разгружаются с двух сторон бункера. Обслуживание перегрузочного пункта осуществляется самоходным гусеничным краном МКГ-100М.

При производственной мощности карьера до 18—20 млн. т руды перегрузочный пункт, оснащенный одной конусной дробилкой ККД-1500/180, обладает на 10—20 % большей производительностью по сравнению с пунктом, включающим две цепи оборудования: питатель — неподвижный грохот — щековая дробилка ЩДП-15х21. При этом пункт с конусной дробилкой имеет на 35 % меньшую массу технологического и нестандартного оборудования, несколько большую установленную мощность приводов, на 20 % больший объем бетона и железобетона, на 15—20 % большие капитальные затраты на строительство.

При производительности перегрузочного пункта более 20 млн. т в год и когда выход мелких фракций размером до 400 мм после буровзрывных работ составляет более 60 %, пункт может быть укомплектован одной конусной дробилкой ККД-1500/180 или двумя щековыми дробилками ЩДП-15 x 21 с введением виброгрохотов.

В этих же условиях введение предварительного грохочения перед конусной дробилкой ККД-1500/180 позволяет увеличить производительность перегрузочного пункта до 30 млн. т горной массы в год. Тогда пункт со щековыми дробилками должен состоять из трех цепей оборудования. Введение грохочения перед конусной дробилкой снижает капитальные затраты на 18 %, эксплуатационные расходы на 45 %, массу оборудования на 55 %, объем железобетона на 20 %.

Введение в комплекс автомобильно-конвейерной системы дополнительных механизмов в виде грохотов, наиболее часто подвергающихся повреждениям и вызывающих простои, значительно отражается на надежности всей системы. Поэтому в последнее время имеет место как у нас, так и за рубежом тенденция применения конусных дробилок без предварительного грохочения, это позволяет уменьшить эксплуатационные расходы на 35—40 %, что компенсирует снижение производительности комплекса. Исходя из этого, на Ингулецком ГОКе предварительное грохочение упразднили.

Было установлено, что время разгрузки одного автосамосвала и время дробления разгруженной им руды одинаково и составляет 35 с., т. е. время дробления практически не зависит от числа непрерывно и последовательно разгружаемых автосамосвалов. Время, затрачиваемое на дробление руды, поступающей от двух автомобилей, оказалось лишь на 15 % больше. Это свидетельствует о возможности увеличения пропускной способности дробилки при интенсификации потока автосамосвалов. При четырех автосамосвалах, одновременно разгружаемых в приемный бункер, производительность перегрузочного узла Ингулецкого ГОКа с дробилкой ККД-1500/180 ГРЩ составит 5500 т/ч.

$$Q = Tnq/1,15t_{ц}, \quad (52)$$

где T — длительность рассматриваемого периода времени, с; n — число мест разгрузки автосамосвалов; q — грузоподъемность автосамосвала, т; $t_{ц}$ — продолжительность цикла разгрузки автосамосвала, с.

В последние годы автомобильно-конвейерный транспорт на зарубежных карьерах получает все большее распространение. Анализ внедрения автомобильно-конвейерного транспорта на карьерах США (Твин Бьюттс, Сиеррита, Багдад, Беркли, Батлер Таконит и др.), а также на вновь строящихся предприятиях Австралии, Бразилии показывает, что перегрузочные узлы с автомобильного транспорта на конвейерный размещаются в рабочей зоне карьеров. Они представляют собой каркас из металлоконструкций или из сборного предварительно напряженного железобетона; строятся преимущественно в открытом исполнении или в легких зданиях со стенами из гофрирован-

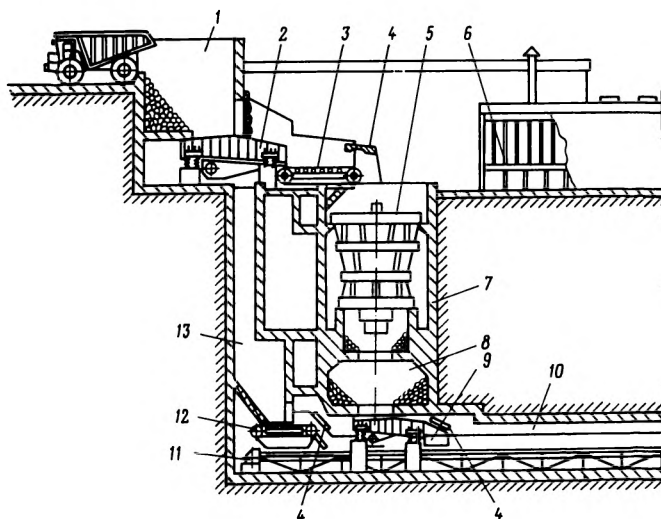


Рис. 67. Перегрузочный пункт в карьере Беркли (США) :

1 — бункер; 2 — вибропитатель-грохот; 3 — рудоразборный конвейер; 4 — электромагнит; 5 — конусная дробилка; 6 — вентиляционное устройство и пылесборник; 7 — корпус-шахта; 8 — промежуточный бункер дробленого материала; 9 — вибропитатель; 10 — штольня конвейера; 11 — ленточный конвейер; 12 — пластинчатый питатель; 13 — бункер подгрохотного продукта

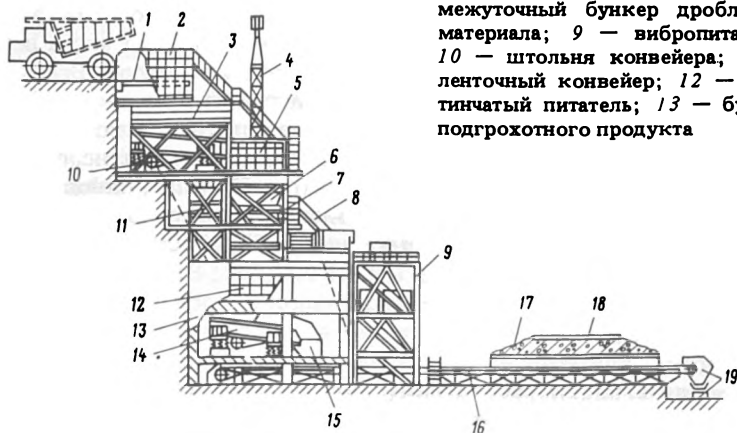


Рис. 68. Перегрузочный пункт в карьере Твин Бьюттс (США) :

1 — предохранительные колосники; 2 — борт бункера; 3, 12 — бункера; 4 — подъемный самоходный кран; 5 — приемок дробилки; 6 — конусная дробилка; 7 — опорная металлоконструкция; 8 — лестницы и переходы; 9 — вспомогательная этажерка; 10 — вибропитатель-грохот; 11 — промежуточный бункер; 13 — несущее железобетонное основание; 14 — вибропитатель; 15 — загрузочная воронка; 16 — передаточный конвейер; 17 — тоннель; 18 — автомобильные проезды; 19 — наклонный конвейерный подъемник

ного металла (алюминия) (рис. 67, 68). Бункера перегрузочных пунктов могут принимать под разгрузку два-четыре автосамосвала. Дробление горной массы на перегрузочных пунктах осуществляется

преимущественно мощными конусными дробилками без предварительного отделения крупных фракций на грохотах. На перегрузочном пункте для монтажно-демонтажных работ, а также для удаления негабаритного материала, попавшего в дробилку, используются гусеничный кран или экскаватор с крановым оборудованием. Для сдвижения разгруженного материала в дробилку иногда используют гидравлический манипулятор со специальным ковшом (рис. 69).

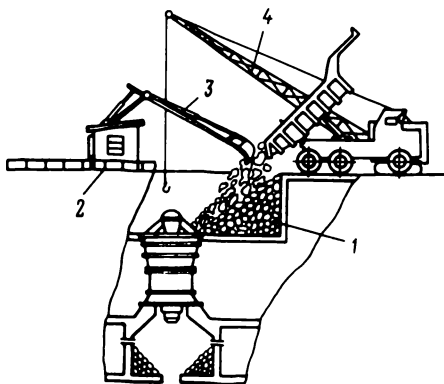


Рис. 69. Современный перегрузочный пункт на зарубежных карьерах:

1 — буфер из породы (или руды); 2 — пульт управления; 3 — гидравлический манипулятор; 4 — кран

Технологическое и вспомогательное оборудование перегрузочных пунктов. Практически во всех конструкциях перегрузочных пунктов имеются питатели и грохоты, к которым предъявляются следующие требования:

грохоты должны не только разделять исходную горную массу на фракции, но и выполнять функции питателей; эффективность разделения на грохотах должна быть самая высокая, особенно в пунктах с грохочением; параметры питателей и грохотов должны соответствовать условиям совместной работы с автомобильным транспортом и с сопрягаемым последующим технологическим оборудованием; к питателям и грохотам, создаваемым для полустационарных и передвижных перегрузочных пунктов, добавляется требование качественной виброизоляции и уравнивания; питатели и грохоты должны обладать высокой надежностью и ремонтпригодностью.

В табл. 46 дана сравнительная оценка применения различных питателей и грохотов.

В табл. 47 и 48 приведены основные характеристики питателей и грохотов, выпускаемых и осваиваемых отечественной промышленностью. Неподвижные колосниковые грохоты серийно не выпускаются. Они проектируются и изготавливаются для конкретных условий.

К недостаткам неподвижных грохотов относятся: низкая эффективность грохочения, большая металлоемкость, необходимость значительной строительной высоты.

Наиболее совершенными являются неподвижные грохоты с консольными (защемленными) колосниками: виброконсольные и подпружиненные. Однако они еще находятся на стадии опытных испытаний.

Перспективными для перегрузочных пунктов являются вибраци-

Таблица 46

Показатели	Неприводной колосниковый грохот	Пластинчатый питатель	Качающийся (лотковый) питатель	Валковый питатель-грохот с эллиптическими валками	Вибрационный питатель-грохот
Производительность по исходному продукту, т/ч	До 2000	1000 (2000)	До 1000	До 5000	До 5000
Эффективность грохочения, %	50—75	Нет	Нет	До 70	До 98
Средняя металлоемкость, т/т/ч	0,038	0,040	0,009	0,012	0,007
Средняя энергоемкость, кВт/т	—	0,15	0,015	0,020	0,011
Максимальный размер принимаемого куска, м	До 1,0	До 1,2	До 1,0	До 1,0	До 1,5
Крупность исходного продукта:					
более 1 м	—	+	—	О	+
до 1 м	+	+	+	+	+
Содержание фракций размером менее 0,4 м в исходной горной массе, %:					
более 80	+	—	—	О	+
70—80	О	—	—	О	+
50—70	—	—	—	О	+
менее 50	—	+	+	О	+

Примечание. В таблице приведены следующие обозначения: (+) — рекомендуется к применению, О — ограниченное применение, (—) — не рекомендуется к применению.

онные грохоты с электромагнитным приводом, разрабатываемые УкрНИИпроект, при их последовательной установке с питателями.

Вибрационные питатели-грохоты для рудных карьеров в СССР разрабатываются сравнительно недавно. Они предназначены для замены двух машин: пластинчатого питателя и отдельного грохота.

Институтами ИГД Минчермета СССР, ИГД им. А.А. Скочинского, Гипромашобогатение в последние годы создан ряд вибрационных питателей-грохотов: КВГ-1; СВГ-1 (испытаны на Гайском ГОКе) и СВГ-1-200 (испытан в промышленных условиях на Ирбинском руднике).

Кроме того, ИГД Минчермета СССР и Гипромашобогатением создан вибропитатель-грохот ГПТ-1. Машина предназначена для оснащения комплексов автомобильно-конвейерного транспорта и установки перед дробилками крупного дробления.

В СССР наибольшее распространение получили пластинчатые и качающиеся питатели, изготавливаемые серийно, а за рубежом — вибрационные питатели, грохоты и питатели-грохоты. Серийное производство вибропитателей для работы в условиях перегрузочных пунктов пока не налажено. В последнее время начата разработка вибропитателя производительностью до 2500 т/ч.

Таблица 47

Показатели	Питатели											Осваиваемые питатели		
	пластинчатые I типа			пластинчатые II типа			качающиеся		вибрационные			Цепные	Вибрационный	Валковый
	24-90	24-120	24-150	24-45	24-60	24-90	КТ-12	КТ-18	181А-ПТ	ПЭВ-19А	ПТ			
Производительность (максимальная), м ³ /ч	200—600				500	1500	250	1650	600	1000	1000	1350	1000	1000
Размер принимаемого куска, м	1,5	1,5	1,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	0,5
Плотность материала (насыпная), т/м ³	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	—	1,25	1,4	1,4	2,5	2,5	2,5	2,5
Ширина рабочего органа, м	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	1,25	1,8	1,5	1,9	2,5	2,0	2,5	1,05
Угол наклона питателя, градус	До 10 на подъем			До 10 на подъем			0-10	5	15	15	15	40	5	± 15
Частота колебаний (ходов) рабочего органа, мин ⁻¹	—	—	—	—	—	—	36	31—63	3000	3000	980	1,3—4,0	900	92
Скорость движения рабочего органа (полотна), м/с	0,02 — 0,06			0,06	—	0,16	—	—	—	—	—	—	—	—
Мощность привода, кВт	24 — 37,5						13	40	8,0	8,0	44	12,5	36	55
Масса питателя, т	76	92	108	47	51	63	6	10,5	5,5	6,8	18,4	27,6	20	5,5

Таблица 48

Показатели	Серийное оборудование					Осваиваемое оборудование				
	Грохоты					Питатели-грохоты				
	вибрационные наклонные			электровибрационные		шнековые		вибрационные		
	ГИТ-51Н	ГИТ-61	ГИТ-71Н	3,5x2,2	4,0x2,5	ГПШ-350	ГПШ-500	КВГ-1А	СВГ-1-200	ПГТ
Производительность (максимальная), т/ч	1000	900	1200	900*	2000*	350*	500*	700	800	2000
Эффективность грохочения, %	0,9	0,9	0,9			96	90	90	95	95
Размер принимаемого куска, мм	400	1250	1500	1200	1500	—	—	700	1200	1200
Плотность материала, т/м ³	2,0	2,0	2,5	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5
Ширина рабочего органа, м	1,75	2,0	2,5	2,2	2,5	1,65	1,56	1,5	2,2	2,5
Угол наклона, градус	15—30	10—30	15—30	15	15	0	0	0—10	0—10	5—10
Частота колебаний, мин ⁻¹	640—970	800	520—730	3000	3000	318—477	318—477	975	960	980
Амплитуда колебаний, м	0,004	0,003	0,005	0,002	0,002	—	—	0,003	0,003	0,005
Мощность привода, кВт	17	22	30	16	16	30	26	20	30	36
Масса питателя, т	6,0	9,5	12,9	10,7	18,5	4,5	4,5	7,1	11,0	23

* Производительность дана в м³/ч.

В определенных условиях для выпуска взорванной горной массы из бункеров могут быть использованы тяжелые цепные питатели. Имеется опыт работы таких питателей в совокупности со щековыми дробилками.

На перегрузочных пунктах для дробления крупногабаритного материала устанавливаются дробилки. При одинаковой ширине приемного отверстия наибольшую производительность имеют конусные дробилки, меньшую соответственно дробилки ударного действия и щековые; наименьшую общую массу, массу опорных оснований и высоту имеют дробилки ударного действия; большие параметры имеют соответственно щековые и конусные дробилки; при одинаковой производительности дробилки ударного действия имеют самую низкую энергоемкость и металлоемкость, худшие показатели имеют конусные и щековые дробилки; при многих положительных качествах дробилок ударного действия они могут применяться лишь для дробления материалов средней крепости и имеют повышенный износ дробящих элементов при переработке абразивных материалов, требуют обязательной установки питателя.

Щековые дробилки также требуют установки питателя.

Конусные дробилки устанавливаются на тяжелых фундаментах, поэтому они больше соответствуют стационарным пунктам или полустационарным с длительным сроком существования. Применение конусных дробилок целесообразно при производительности перегрузочного пункта более 13—15 млн. т в год. При содержании во взорванной горной массе фракций размером до 400 мм производительность конусной дробилки достигает 18—22 млн. т.

При эксплуатации стационарных перегрузочных пунктов с длительными сроками эксплуатации применяются серийно выпускаемые козловые или мостовые краны. На полустационарных перегрузочных пунктах целесообразно применять самоходные краны.

В СССР освоено серийное производство самоходных кранов на гусеничном ходу (табл. 49). Кран МКГ-100М позволяет вести монтаж и ремонт конусной дробилки ККД-1500/180 с отдельным подъемом траверсы и конуса.

Для транспортирования отдельных блоков и агрегатов, из которых komponуются перегрузочные пункты, с одного горизонта на другой могут быть использованы большегрузные прицепы ЧМЗАП-5212 и ЧМЗАП-5530 и прицеп-тяжеловоз 4ПТ-60. Техническая характеристика прицепов приведена в табл. 50.

Расчет основных параметров перегрузочных пунктов автомобильно-конвейерного транспорта*. Пропускная способность (производительность) перегрузочных пунктов зависит от размеров предбункерной площадки, параметров системы бункер—питатель, типа и параметров технологического оборудования (грохотов, дробилок, передаточного конвейера). При расчете параметров перегрузочного пунк-

* Параграф написан при участии канд. техн. наук А.В. Юдина.

Таблица 49

Показатели	Кран								
	МКГ-100М*			Э-2503		Э-2505**		Э-2508	
Длина стрелы, м	21	31	41	15	30	15	30	15	30
Грузоподъемность, т	100	63	40	60	20	60	20	60	20
Вылет стрелы от оси вращения при подъеме наибольшего груза, м	4,5—6,5	5,0—8,5	5,5—11,0	4,36	8,7	4,36	8,7	4,36	9,0
Высота подъема крюка при подъеме наибольшего груза, м	20	30	40	12,6	21,0	12,18	20,4	13,7—9,8	29,0—21,0
Скорость движения крана, км/ч	0,5	0,5	0,5	1,23	1,23	1,23	1,23		
Гусеничный ход крана, м:									
ширина хода	7,0	7,0	7,0	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15	4,15
длина хода	9,12	9,12	9,12	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17	5,17
база крана	7,88	7,88	7,88	—	—	—	—	—	—
колея крана	5,75	5,75	5,75	—	—	—	—	—	—
ширина гусеничной ленты	1,25	1,25	1,25	900	900	900	900	800	800
Среднее удельное давление на грунт, кПа	73	80	82	114	117	109	112	115	118
Масса крана, т	172,8	187,4	191,7	84,5	86,4	84	86	79,0	80,6
Стоимость крана, тыс. руб.	110	110	110	—	—	—	—	—	—

* Кран выпускается также со стрелой длиной 31, 41, 51 м с маневровым и жестким гуськом.

** Кран Э-2505 предназначен для работы на севере.

Таблица 50

Показатели	Прицепы		
	ЧМЗАП-5212	ЧМЗАП-5530	4ПТ-60
Грузоподъемность, т	60,0	120,0	60,0
Масса прицепа, т	14,5	48,5	24,0
База, м	5,4	14,5	9,78
Размеры, м:			
длина	11,37	21,73	14,96
ширина	3,3	3,25	3,5
Максимальная скорость передвижения, км/ч	32,0	8,0	24,0
Распределение массы на одну ось, т:			
с полной нагрузкой	37,25	28,0	—
без нагрузки	7,34	8,0	—
Число тележек	1	2	1
Стоимость, руб.	9900	48500	30000

та должно быть выдержано следующее соотношение:

$$Q_{пл} \leq Q_{б.п} \leq Q_{г.д} \leq Q_{к}, \quad (53)$$

где $Q_{пл}$, $Q_{б.п}$, $Q_{г.д}$, $Q_{к}$ — пропускная способность предбункерной площадки, систем бункер—питатель, грохот—дробилка и передаточно-го конвейера соответственно, т/ч.

Пропускная способность предбункерной площадки зависит от ее размеров и необходимого числа мест разгрузки у бункера. В свою очередь на размеры площадки влияют: тип перегрузочного пункта, тип автосамосвала, схемы заезда и движения автосамосвалов.

Необходимое число мест разгрузки около бункера зависит от заданной производительности конечного звена перегрузочного пункта — производительности передаточно-го конвейера $Q_{к}$:

$$Z \geq Q_{к} T / 3600 q_a, \quad (54)$$

где T — время замены одного автосамосвала около бункера в зависимости от его грузоподъемности, мин; q_a — грузоподъемность автосамосвала, т; ψ — коэффициент заполнения емкости кузова.

Полученное значение Z округляется до ближайшего большого целого числа.

К основным требованиям, характеризующим работу бункерного устройства, относятся: необходимый геометрический (технологический) объем бункера, его пропускная способность, размеры выпускных отверстий, требования сооружения системы бункер—питатель.

Общий геометрический объем бункера (m^3) W перегрузочного пункта, оснащенного питателем,

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (55)$$

где W_1 -- объем, необходимый для приема горной массы из автосамосвалов; W_2 -- объем, необходимый для компенсации неравномерности прибытия автотранспорта на разгрузку; W_3 -- объем, характеризующий степень использования геометрии бункера; W_4 -- объем, необходимый для содержания предохранительного слоя горной массы на питателе.

Наиболее часто бункеры перегрузочных пунктов в сочетании с питателями выполняют в форме перевернутого обелиска (рис. 70).

Объем W_1 зависит от грузоподъемности автосамосвала, числа мест разгрузки у бункера, его величина определяется при соблюдении условия

$$W_1 > Zg_a. \quad (56)$$

Объем W_2 зависит от часовой производительности автотранспорта, прибывающего на разгрузку. Установлено, что закономерность прибытия автотранспорта подчиняется распределению Пуассона. Для упрощения расчетов влияния колебаний прибытия автотранспорта может быть учтено введением в расчет коэффициента неравномерности K_H . При этом амплитуда колебаний часовой производительности относительно ее среднего значения может принимать равновозможные значения и определяться по следующей формуле:

$$N = Q_{\max a} - Q_{\min a} / 2 = Q_a (K_H - 1) / (K_H + 1), \quad (57)$$

где $Q_{\max a}$ и $Q_{\min a}$ -- соответственно максимальная и минимальная часовая производительность автотранспорта, т.

Если принять, что колебание производительности автотранспорта происходит по синусоидальному закону и в течение всего часового периода, когда фактическая мгновенная производительность автотранспорта больше или меньше производительности питателя, происходит соответственно наполнение или разгрузка бункера. При этом изменение объема горной массы в бункере в течение полупериода

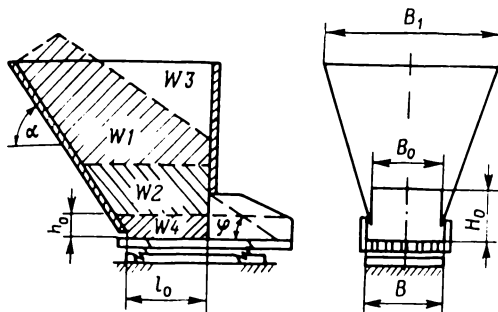


Рис. 70. Бункеры перегрузочных пунктов в сочетании с питателями

составит 0,5 т

$$W_2 = \frac{2N}{\gamma_H} \int_0^{0,5T} \sin \frac{2\pi}{T} t dt, \quad (58)$$

где γ_H — плотность горной массы, т/м³

Незаполненный объем бункера W_3 принимают как некоторую часть общего геометрического объема W .

$$W_3 \approx (0,2 - 0,3) W. \quad (59)$$

Предохранительный объем W_4 принимают в зависимости от требуемой толщины защитного слоя h_0 на питателе и величины внедрения питателя в бункер l_0 .

Подставляя значения, полученные по уравнениям (56 и 59), в уравнение (55), геометрический объем бункера

$$W = 1,2 \left[\frac{P\psi}{\gamma_H} Z + F_0 (20\nu + l_0 + 1,5H_6) \right], \quad (60)$$

где F_0 — площадь грузопотока материала на выходе из бункера, м²; l_0 — глубина внедрения питателя в бункер, м; H_6 — высота бункера, м.

При известных размерах бункера его геометрическая емкость

$$W = \frac{H_6}{6} [\text{ctg} \alpha (2B_1 + B_0) + 3l_0 (B_1 + B_0)], \quad (61)$$

где α — угол наклона приемной стенки бункера, градус; B_1 — ширина бункера на уровне подъездной площадки автосамосвалов, м; B_0 — ширина выпускного отверстия бункера, м.

В перегрузочных пунктах бункера обычно имеют боковое истечение. В том случае, когда под бункером устанавливается питатель, пропускная способность

$$Q_{6,л} = 3600 \cdot \nu_{п} B_0 H_1 \gamma_H \psi_1, \quad (62)$$

где $\nu_{п}$ — скорость разгрузки горной массы из бункера на питатель; B_0 — ширина выпускного отверстия бункера, м; H_1 — высота слоя горной массы, извлекаемой из бункера, м; ψ_1 — коэффициент равномерности выпуска.

При сопряжении бункера с вибрационным питателем + (питателем-грохотом)

$$V_{п} = \frac{\vartheta_*^2 [1 - e^{-1,7(r-1)}]^2 g C K_{\alpha}}{0,1 [5,2(1-r) - r^2] 2n \text{tg} \beta}, \quad (63)$$

где ϑ_* — коэффициент снижения скорости разгрузки горной массы из бункера на питатель; r — коэффициент режима виброустановки, для системы бункер—вибропитатель значение его выбирается в пределах

$$1,5 \leq r = \frac{A \omega^2 \sin \beta}{\cos \alpha} \leq 2,0, \quad (64)$$

A, ω — соответственно амплитуда и частота вынужденных колебаний рабочего органа; g — ускорение свободного падения; β — угол вибрации рабочего органа, градус; α — угол наклона питателя, градус; c — коэффициент, зависящий от конструкции колосниковой решетки (прямолинейной, каскадной, криволинейной); K_α — поправочный коэффициент повышения скорости транспортирования в зависимости от изменения угла наклона рабочего органа; n — частота вращения дебалансных валов вибраторов.

При сопряжении бункера с пластинчатым питателем скорость $v_{\text{п}}$ принимается равной скорости движения пластинчатого полотна питателя.

Если бункер имеет наклонную приемную стенку, а в вертикальной передней стенке имеется выпускное отверстие, оборудованное затвором или цепной завесой, то в этом случае средняя скорость истечения зависит от размера выпускного отверстия и рассчитывается для бункеров с нормальным истечением по следующей формуле:

$$v = \lambda \sqrt{2g \left[0,4 (B_0 - D_{\text{max}}) - \frac{\tau_0}{\gamma f} \right]} \cdot \sin \alpha, \quad (65)$$

где λ — коэффициент истечения; g — ускорение свободного падения; B_0 — размер стороны квадратного выпускного отверстия; D_{max} — максимальный размер загружаемого в бункер куска; τ_0 — начальное сопротивление сдвигу; γ — плотность горной массы; f — коэффициент внутреннего трения материала.

При этом пропускная способность бункера определяется по формуле (62) с подстановкой в нее значения скорости, определенной по формуле (65).

При сопряжении бункера с полотном питателя

$$B = B_0 + 0,2 \text{ м.} \quad (66)$$

При выпуске взорванной горной массы из бункера высоту выпускного отверстия в бункере H_0 рекомендуется выбирать из следующих соотношений:

при установке пластинчатого питателя

$$H_0 = (3 + 3,5) D_{\text{max}}; \quad (67)$$

при установке вибропитателя (вибропитателя-грохота)

$$H_0 \approx 2D_{\text{max}}. \quad (68)$$

Общая длина питателя $L = l_0 + l_1 + l_2$ и для вибропитателя (вибропитателя-грохота)

$$L = 1,65D_{\text{max}} (1,75 + \text{ctg} \varphi); \quad (69)$$

для пластинчатого питателя

$$L = 3D_{\max} (1,3 + \operatorname{ctg}\varphi). \quad (70)$$

При выпуске разорванной горной массы в условиях карьеров ширина питателя

$$B = 1,65D_{\max}. \quad (71)$$

В том случае, если система бункер—питатель включает секцию для предварительного грохочения, то длина грохотильной секции вибропитателя-грохота

$$L_{\Gamma} = (0,4 \div 0,6) L. \quad (72)$$

Перегрузочный пункт может быть оборудован по схеме неподвижный колосниковый грохот—дробилка. При разгрузке автосамосвалов на приемную плиту грохота между шириной автосамосвалов b_a и шириной грохота B_{Γ} существует следующее соотношение:

$$B_{\Gamma} = b_a + (1,5 \div 2,0) \text{ м}. \quad (73)$$

Площадь грохочения F в этом случае зависит от необходимой производительности грохота Q_{Γ} и эффективности грохочения. Для грохотов, загрузка которых осуществляется непрерывно (питателями, конвейерами), параметры просеивающей поверхности определяются по формуле В.А. Олевского. При порционной загрузке грохотов из автосамосвалов производительность грохота

$$Q_{\Gamma} = g_o l_{\kappa} / K = g_1 l_{\kappa} F / 6, \quad (74)$$

где $g_o = gT$ — удельная объемная производительность, определяемая по данным В.А. Олевского; T_1 — расстояние между колосниками грохота; K — коэффициент, характеризующий увеличение параметров грохота при его порционной загрузке с помощью автосамосвалов.

Для автосамосвалов типа БелАЗ значение $K = 6,0 \div 6,5$.

Производительность системы грохот—дробилка

$$Q_{\Gamma, д} = \Delta Q_{д} n, \quad (75)$$

где Δ — коэффициент увеличения производительности устройства при введении предварительного грохочения. При отсутствии предварительного грохочения $\Delta = 1$.

$$\Delta = K_{\phi} / (1 - \epsilon g), \quad (76)$$

где K_{ϕ} — коэффициент, учитывающий влияние надколосниковых

фракций на производительность дробилки при дроблении фракций размером более 0,4 м; ϵ — эффективность грохочения; g — содержание фракций размером менее 0,4 м в исходной горной массе; Q_d — годовая производительность дробилки,

$$Q_d = Q_n \gamma_n T K_{г.с} K_n K_{кр}, \quad (77)$$

Q_n — паспортная производительность дробилки, м³/ч; γ_n — плотность взорванной горной массы, т/м³; T — время чистой работы оборудования в году с учетом его коэффициента использования; K_n — коэффициент неравномерности прибытия автотранспорта на разгрузку; $K_{кр}$ — поправочный коэффициент на крупность загружаемого материала; $K_{г.с}$ — коэффициент, учитывающий колебания гранулометрического состава пород, поступающих в дробилку (при наличии предварительного грохочения $K_{г.с} = 1$); n — число параллельных цепей оборудования.

Производительность передаточного конвейера

$$Q_k = (Q'_r + K_2 Q_d) n = K_n Q_{г.д} n, \quad (78)$$

Q'_r — производительность конвейера по подгрохотному продукту (при отсутствии секции грохочения перед дробилкой $Q'_r = 0$); K_2 — коэффициент неравномерности выхода материала на конвейер после дробления.

При требуемой скорости транспортирования v' пород и известной ширине ленты конвейера B_d производительность передаточного конвейера

$$Q_k = 3600 F v' \gamma_n, \quad (79)$$

где F — площадь поперечного сечения груза на ленте.

Глава V СКИПОВЫЕ ПОДЪЕМНИКИ И ДРУГИЕ ВИДЫ ПОДЪЕМА

§ 1. УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СКИПОВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Для доставки горной массы на поверхность по кратчайшему пути наряду с конвейерными подъемниками применяется скиповой подъем (рис. 71).

Карьерные скиповые подъемники включают: подъемные сосуды (скипы и клетки), подъемные канаты, уравнивающие канаты, концевые шкивы, загрузочные устройства внутри карьера, перегрузочные устройства на поверхности, копер, эстакаду, натяжное устройство, путевые ролики.

При наклонных скиповых подъемниках горная масса из забоев транспортируется автосамосвалами и лишь в редких случаях при весьма ограниченном рабочем пространстве на нижнем горизонте — фронтальными погрузчиками.

Расстояние транспортирования до приемных загрузочных устройств автосамосвалами составляет не более 0,5—0,8 км, погрузчиками — не более 200 м. Разгрузка автосамосвалов производится непосредственно в скип или в бункер-дозатор. Для этого загрузочное устройство имеет специальную платформу. Наиболее часто используется одно загрузочное устройство для двух-четырёх одновременно обрабатываемых горизонтов.

Шаг переноса нижней загрузочной станции обычно не превышает 60 м. Для обеспечения бесперебойной работы карьера необходимо иметь резервное загрузочное устройство.

Грузоподъемность скипов современных скиповых установок достигает 60—75 т и, как правило, соответствует грузоподъемности автосамосвалов, обслуживающих установку. Скорость движения скипов достигает 7—11 м/с. При этом производительность одной скиповой установки составляет соответственно 7—8 и 12—14 млн. т в год.

Подъем скипов осуществляется по рельсовому пути. В карьере обычно имеется один, редко два-три подъемника. В последнем случае они используются для транспортирования породы или полезного ископаемого. Иногда каждый из подъемников обслуживает свою группу рабочих горизонтов. Устраиваются подъемники на одном первоначально обрабатываемом или временно законсервированном борту. Подъем скипов по рельсовым путям на поверхность осуществляется с помощью подъемной машины.

Разгрузка скипов на поверхности производится в бункера верхней перегрузочной станции. Вместимость бункеров обычно устанавливается не менее 15—20-минутной производительности скипового подъемника. Транспортирование от верхней перегрузочной станции

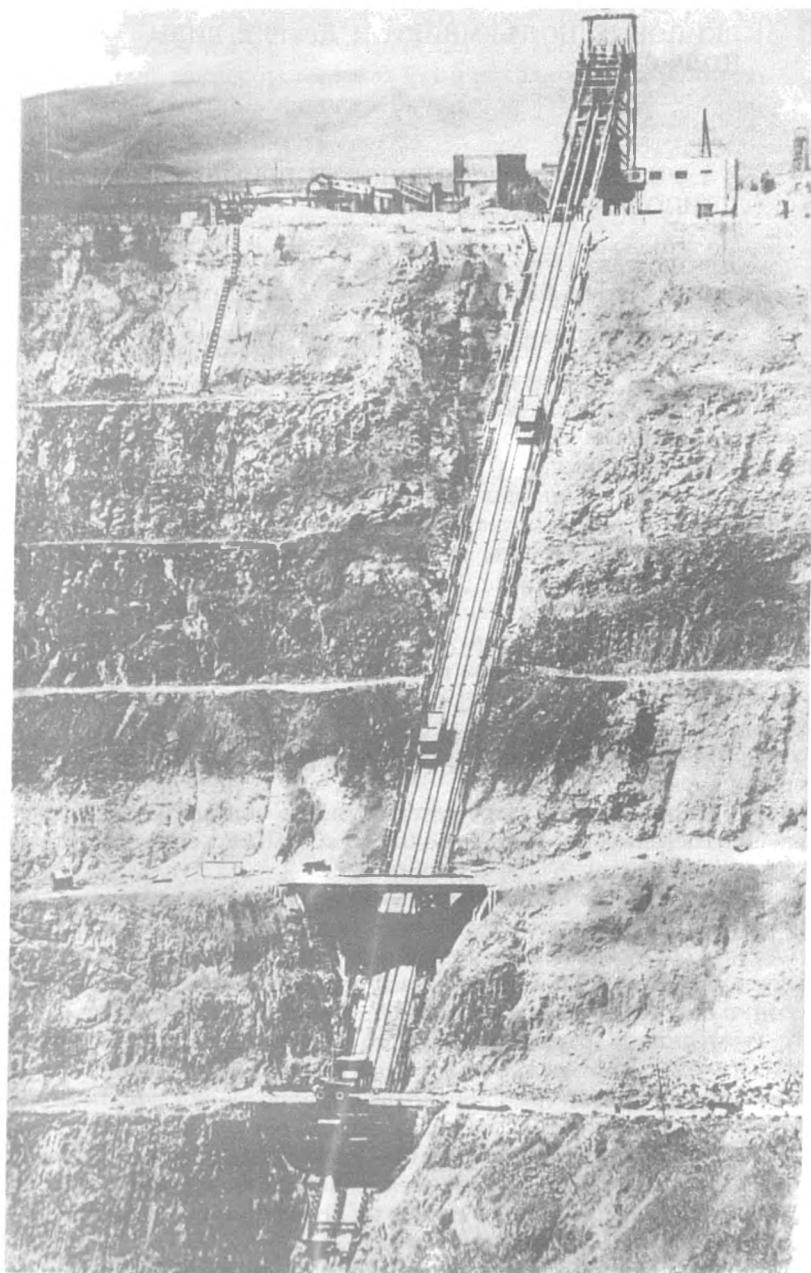


Рис. 71. Скиповой подъемник на Сибайском меднорудном карьере

до места назначения выданной на поверхность горной массы, производится автомобильным или железнодорожным транспортом.

Применение скиповых подъемников наиболее целесообразно:

при разработке наклонных и крутопадающих залежей с крепкими вмещающими породами;

при наличии скальных вмещающих пород, позволяющих располагать наклонные пути для подъема скипов под большим углом, приближающимся к углу погашения борта карьера;

при разработке карьеров значительной глубины, на которых применение автотранспорта нецелесообразно из-за большой длины транспортирования горной массы со дна карьера до поверхности;

при транспортировании скальной горной массы, представленной крупными отдельностями, дробление которых на карьере затруднено.

Преимуществами комбинированного автомобильно-скипового подъема являются:

возможность применения больших углов наклона, что позволяет сократить до минимума капитальные работы по устройству траншей;

возможность подъема крупнокусковой горной массы без предварительного дробления;

простота конструкции и возможность полной автоматизации подъема, что позволяет использовать минимальное число обслуживающего персонала; надежность работы в любых климатических условиях; возможность раздельного подъема скипами вскрышных пород и полезного ископаемого и обслуживания нескольких рабочих горизонтов;

значительное сокращение парка автосамосвалов и благодаря этому улучшение внутрикарьерной атмосферы, что особенно важно при отработке глубоких горизонтов;

сравнительно невысокий коэффициент тары скипов и малое сопротивление движению, что делает их экономичными с точки зрения расхода электроэнергии;

небольшие объемы горно-капитальных работ по устройству трассы подъемника;

сравнительно простое обслуживание и несложный ремонт.

В системе подъемника имеется лишь несколько быстро изнашивающихся узлов, следовательно, требуется мало запасных частей и деталей.

Скиповые подъемники наиболее целесообразно применять с глубины 150 м и более. Их размещение особенно эффективно на глубине 250—350 м при близком расположении отвалов и обогатительных фабрик. Однако при глубинах свыше 350—400 м установки становятся громоздкими, требуют канатов большого диаметра и по энергетическим затратам являются не конкурентоспособными с автомобильно-конвейерным транспортом. При этом производительность установок резко снижается. В глубоких карьерах скиповые подъемники эффективно применять до глубины 400 м, в редких случаях (если месторождение обрабатывается) до 450 м (рис. 72).

Q , млн. т/год

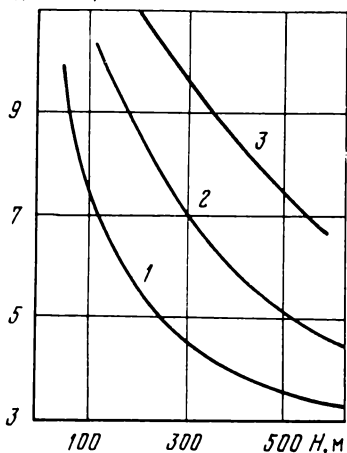


Рис. 72. Зависимость производительности скипового подъемника от глубины карьера H :

1, 2, 3 — при грузоподъемности скипа 27, 40 и 75 т соответственно

пути подъема и возможности движения по нему лишь одного грузевого сосуда. По этой причине некоторые из скиповых установок при глубинах 200—250 м были демонтированы и заменены другими видами транспорта для доставки горной массы (Канада) или был осуществлен переход на подземные работы.

Угол наклона трассы скиповых подъемников изменяется от 18—19 до 40—45°. На некоторых карьерах трасса наклонных подъемни-

Применение скиповых подъемников в указанных выше условиях позволяет значительно снизить затраты на транспортирование по сравнению с железнодорожным и автомобильным транспортом.

Недостатками автомобильно-скипового транспорта, кроме указанных выше, являются необходимость устройства специальных автомобильных съездов или вспомогательной клетевой установки для перевозки людей и оборудования; расположение отвалов на одном борту карьера, а обогатительной установки на другом, что вызывает необходимость постройки двух скиповых установок.

С увеличением глубины карьера его производственная мощность при той же грузоподъемности скипов заметно снижается из-за удлинения

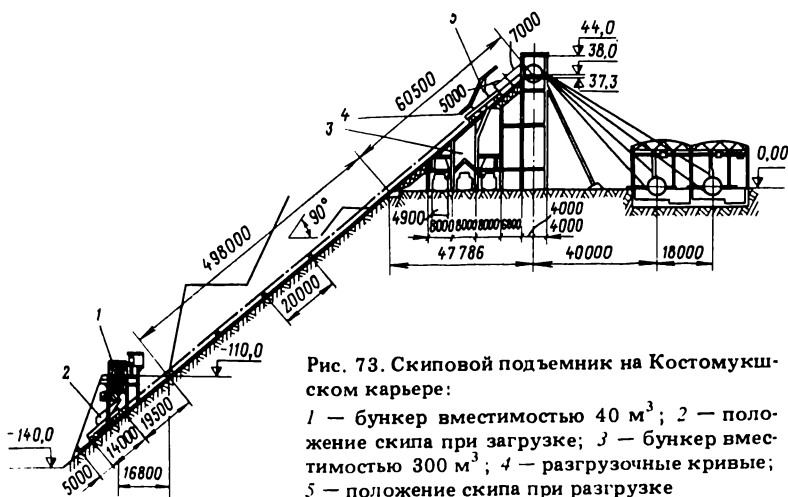


Рис. 73. Скиповой подъемник на Костомукшском карьере:

1 — бункер вместимостью 40 м³; 2 — положение скипа при загрузке; 3 — бункер вместимостью 300 м³; 4 — разгрузочные кривые; 5 — положение скипа при разгрузке

ков имеет переменный угол. Производительность скиповых подъемников изменяется от 180 до 1500 т/ч.

Наиболее крупная из известных скиповых установок была сооружена в 1960 г. на карьере Чино (США). Установка была оборудована скипами грузоподъемностью 40 т. Суточная производительность ее составила 18000 т сырой руды и породы. В последующем она увеличилась до 22000 т. Использование установки во времени изменялось от 0,78 до 0,85.

В Советском Союзе в 1972 г. построена и находится в действии наклонная скиповая подъемная установка на Сибайском меднорудном карьере.

Намечается применение скипового подъема на Ковдорском, Коршуновском, Костомукшском (рис. 73), Сарбайском железорудных карьерах, Ждановском, Зырянском, Николаевском, Коунрадском карьерах руд цветных металлов. Подлежит рассмотрению целесообразность скипового подъема на Баженовских асбестовых карьерах производственного объединения Ураласбест и др.

§ 2. КОНСТРУКЦИЯ СКИПОВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Наклонные канатные скиповые подъемники для глубоких карьеров могут быть классифицированы по следующим признакам*:

1. По способу передачи движущего усилия канату — типу органа навивки (барabanные, бобинные, с канатодвижущим шкивом). Барabanные и бобинные установки различаются по числу слоев навивки каната: с одинарной и многослойной навивками.

2. По числу головных канатов (одноканатные, многоканатные).

3. По наличию канатного уравновешивания (без уравновешивающего каната, с уравновешивающим канатом).

4. По числу подъемных сосудов (с двумя подъемными сосудами, с одним подъемным сосудом и противовесом).

5. По способу разгрузки подъемных сосудов (с разгрузкой по ходу движения, с разгрузкой после остановки скипа). В том числе посредством специальных приводов или посредством специальных опрокидных устройств.

6. По типу привода и т. д.

Важным элементом скипового подъемника является транспортный сосуд — скип (рис. 74). Конструктивные особенности скипов существенно влияют на кинематику и динамику подъемных установок, а следовательно, и на их технико-эксплуатационные характеристики.

Разгрузка скипов может производиться без поворота и с поворотом кузова (вперед, назад и в бок), на ходу или после полной остановки скипа.

* См. В.С. Хохряков, Л.А. Сорокин, Б.А. Носырев — Типовые конструкции карьерных скиповых подъемников, Горный журнал, 1969, № 12, с. 40—41.

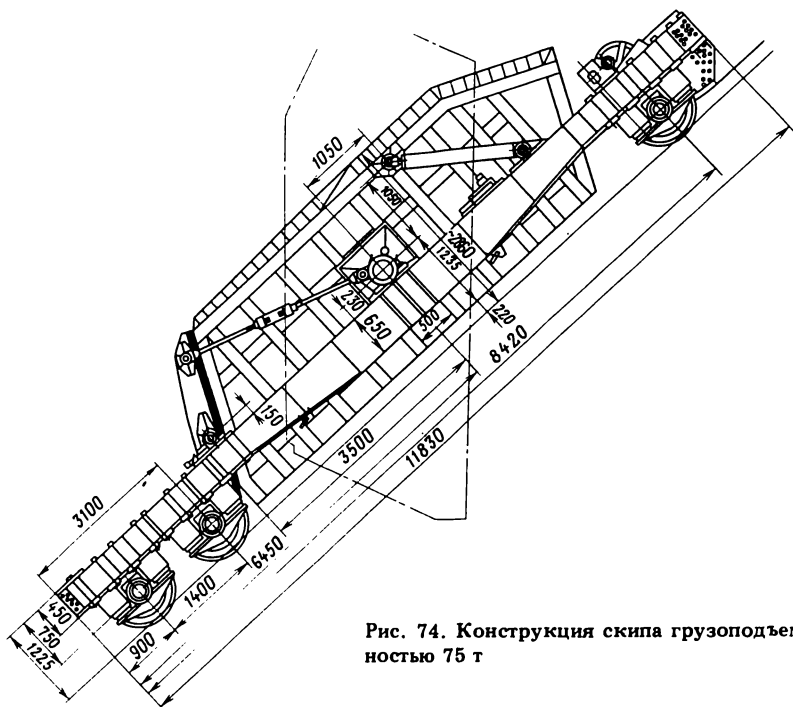


Рис. 74. Конструкция скипа грузоподъемностью 75 т

При разгрузке скипов используют различные механизмы, которые можно разделить на две группы: пассивные и активные. Первые представляют разгрузочные кривые на копре и разгрузочные ролики на сосуде, вторые различного рода двигатели: пневматические, гидравлические, электрические (стационарные, смонтированные на копре и встроенные в сам сосуд).

Скипы обычно имеют амортизаторы, пружинные, рессорные, гидравлические, хотя встречаются конструкции и без амортизаторов.

Для подъема тяжелых скальных пород и руд преимущественно применяются скипы, выполненные из низколегированных сталей, а для подъема мягких пород, руд и угля — скипы, выполненные из легких алюминиево-магниевого сплавов.

Оценивая указанные конструктивные различия скипов, в то же время признается наиболее целесообразным выполнять скиповые подъемники с разгрузкой после остановки скипа. Это обуславливает применение скипов с поворачивающимся кузовом. Такой способ разгрузки сосудов всегда обеспечивает статическую уравновешенность.

Для спокойного движения скипа в транспортном и восприятии ударных нагрузок в стационарных положениях рамы скипов подвешивают на упругих элементах. Предпочтение отдается пружинным подвескам. Причем почти на всех установках за рубежом подвеску задней оси (осей) скипа устраивают на поворотной тележке, что позволяет развивать более высокие скорости движения сосудов.

Рассмотренные конструкции скипов должны иметь минимальную собственную массу, высокий коэффициент заполнения кузова при соблюдении его устойчивости при движении, по возможности низкое расположение центра тяжести сосуда с грузом, систему подвески, обеспечивающую нормальные условия движения, а также должны быть прочными и надежными при эксплуатации.

На основе исследований, выполненных Свердловским горным институтом, разработаны технические требования на создание скиповых подъемников, установлены наиболее рациональные размеры скипов различной грузоподъемности для транспортирования тяжелых пород и руд. Так для скипа грузоподъемности 75 т высота составляет 1800—2000 мм, ширина — 3300—3700 мм, длина — 7000—9000 мм. Ширина рельсового пути для скипов рекомендуется от 4300 до 4700 мм.

Загрузочные устройства скипов на нижних горизонтах карьера являются важным элементом скипового подъемника. При конструировании этих устройств должно соблюдаться рациональное соотношение между емкостями транспортных средств, подъемных сосудов и загрузочных бункеров.

В настоящее время на скиповых подъемниках в мировой практике используются два типа перегрузочных пунктов внутри карьера: бункерное и безбункерное.

Безбункерный перегрузочный пункт менее металлоемок, прост, дешев, удобен при переносе всего устройства на ниже расположенный горизонт и позволяет осуществлять работу установки с нескольких горизонтов. Но в то же время он обладает весьма существенными недостатками: его работа зависит от синхронности работы автотранспорта, снижается надежность и долговечность скипа из-за значительных ударных нагрузок при перегрузке от падающих кусков горной массы. Кроме того, длительность загрузки скипов значительно возрастает, особенно в зимнее время и при сырой погоде, когда полная разгрузка автосамосвала иногда требует встряхивания кузова.

Наибольшее распространение на карьерах получили бункерные перегрузочные пункты.

На загрузочной площадке устраивается приемный бункер с двумя направляющими рукавами. По ходу движения автосамосвалов рукава размещаются один за другим. Сверху бункер перекрывается платформой, которая удерживается в горизонтальном положении с помощью двух выдвижных штоков — гидроцилиндров. Каждый рукав бункера имеет затвор клапанного типа. Затвор удерживается в закрытом положении посредством специального устройства (водила), опирающегося роликами на направляющие кривые.

При подходе автосамосвала платформа опущена и закреплена специальными фиксаторами и перекрывает верхнюю часть бункера. После прохода автосамосвала над бункером гидроцилиндры опрокидывают платформу. В это же время производится подъем кузова и разгрузка автосамосвала. Горная масса по платформе, имеющей угол наклона 40° , скатывается по рукаву в соответствующий отсек бун-

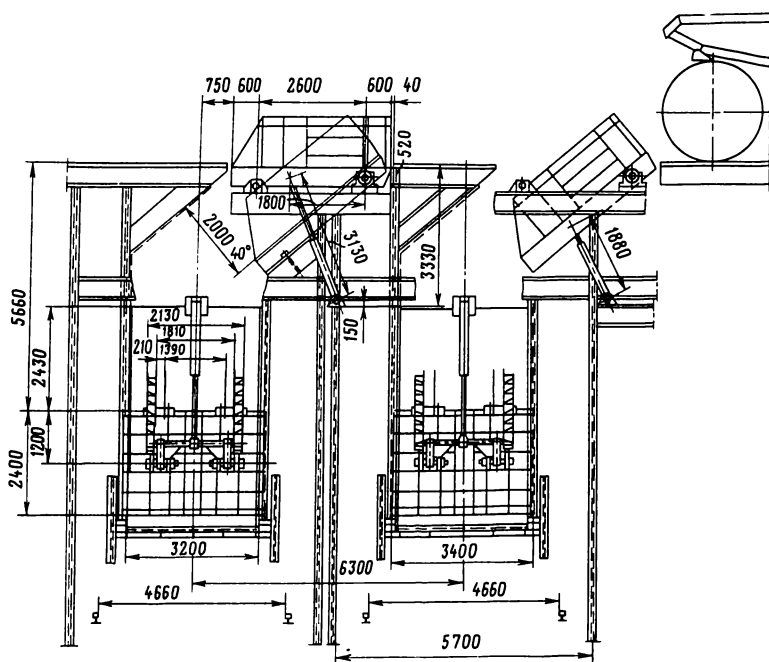


Рис. 75. Нижний перегрузочный пункт из автосамосвалов в скип

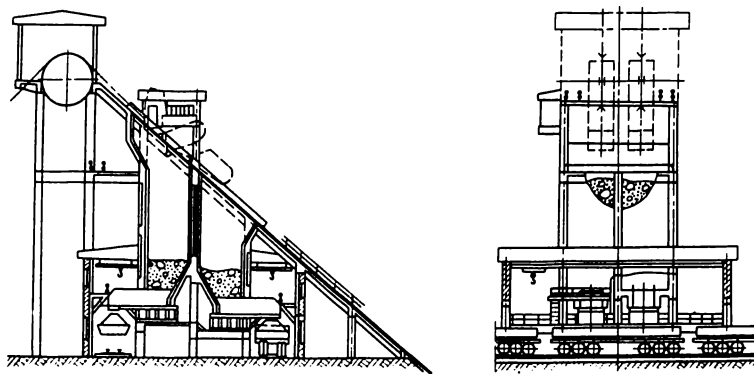


Рис. 76. Бункерный перегрузочный пункт из скипов в железнодорожный транспорт

кера. Опустившийся конец платформы опирается на пружины-амортизаторы, смягчающие ударные нагрузки от падающих кусков горной массы. После разгрузки автосамосвала платформа устанавливается в первоначальное положение. Одновременно открывается затвор и горная масса перегружается в скип. Цикл повторяется при подходе следующего автосамосвала, причем горная масса через рукав поступает уже в другой отсек бункерного устройства (рис. 75). Опрокиды-

вающаяся платформа, как и все части, представляет сварную металлоконструкцию. Стенки и основание платформы усилены ребрами жесткости. Бункер имеет призматическую форму с днищем, наклоненным к горизонту. Для уменьшения высоты падения кусков горной массы в верхней части бункера устроен полук.

К сооружениям скиповых установок на поверхности относятся копры, помещения подъемной машины, перегрузочные устройства в другой вид транспорта и др.

Особенность копров наклонных скиповых подъемников состоит в том, что размещение всего технологического оборудования перегрузки осуществляется на эстакаде, а копер предназначен только для размещения копровых шкивов. Направляющие шкивы диаметром более 4 м изготавливают велосипедного типа.

Конструкция копров и эстакад зависит от вида транспорта, в который производится перегрузка горной массы, поднятой на поверхность скипа. Такими видами транспорта обычно являются автомобильный, реже железнодорожный, может быть конвейерный, если выданная из карьера горная масса отвечает по своей кусковатости применяемым конвейерам. В большинстве случаев при достаточно больших расстояниях транспортирования на поверхности поднятой из карьера горной массы применяют железнодорожный транспорт (рис. 76). На некоторых карьерах с помощью железнодорожного транспорта вывозится руда, а порода транспортируется в отвал автосамосвалами, возможна и обратная комбинация.

Бункерные устройства на верхних перегрузочных площадках должны обеспечивать бесперебойную и независимую работу скипового подъема и транспорта на поверхности, порционную выдачу горной массы, создавать минимальную высоту падения кусков горной массы при выгрузке из бункера.

В большинстве случаев бункера выполняются из металлоконструкций. Бункера, выполненные из железобетона, в несколько раз дороже бункеров, выполненных из металлоконструкций. Поэтому бункера, как правило, строятся из обычных конструкционных сталей (типа СТ-3) и для предотвращения истирания внутренней поверхности бункера абразивными кусками горной массы футеруются специальными плитами из марганцовистой стали, которые являются съемными и обычно имеют толщину 40—60 мм.

В отдельных случаях внутреннюю футеровку бункеров выполняют железнодорожными рельсами, как это было предложено немецкой фирмой "Цемаг" (ФРГ), поставившей оборудование подъемника для Сибайского карьера БМСК.

Емкость бункеров в основном зависит от применяемого вида транспорта на поверхности. При железнодорожном транспорте вместимость бункера более вместимости одного состава нецелесообразна. Металлоемкость, а также зависящая от нее стоимость бункерного устройства весьма велики и составляют 70—80 % металлоемкости всего комплекса. Для автотранспорта вместимость бункера обычно принимается кратной вместимости двух (редко трех) автосамосвалов.

Таблица 51

Транспорт на поверхности	Транспортируемая горная масса	Вместимость (в м ³) бункера при грузоподъемности скипов, т	
		40	75
Железнодорожный	Руда, порода	230	420
		380	720
Автомобильный	То же	100	180
		100	180

С учетом амортизирующей подушки из горной массы на дне бункера и в зависимости от принятого вида транспорта на поверхности вместимость бункера можно определить по (табл. 51).

Выпуск горной массы из бункера возможен под действием собственного веса (пассивный способ) и с применением питателей или вибраторов (активный способ); чаще используют активный выпуск.

В рудной промышленности на обогатительных фабриках при выпуске руды из бункеров широкое применение получили мощные цепные питатели.

Однако для погрузки горной массы из бункеров во внешний транспорт более целесообразно оборудование выпускных отверстий вибраторами. Возмущающая сила, создаваемая вибратором, сдвигает материал по вертикали на значительное расстояние от выпускного отверстия. Для уменьшения высоты падения кусков горной массы на днище думпкара (или автосамосвала) устраивают специальный качающийся лоток.

Бункерное устройство на поверхности с вибраторами и цепными питателями эксплуатируется на Сибайском карьере.

§ 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СКИПОВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ

Эксплуатация подъемной скиповой установки предусмотрена в трех режимах: автоматическом, ручном и ревизионном. При транспортировании горной массы используют автоматический режим. Ручной режим используется при отказах схем управления и сигнализации до введения установки в автоматический режим.

Движением автосамосвалов на площадке верхней перегрузочной станции управляют операторы с помощью световой сигнализации.

Скиповую установку обычно обслуживают 12—15 автосамосвалов в карьере и 7—8 на поверхности.

Подъем работает круглогодично, в три смены, 18 ч/сут.

Коэффициент технического использования подъемника во времени в последние годы не превышал 0,7—0,75. Показатели надежности элементов скипового подъемника приведены в табл. 52.

Общее время технического обслуживания и ремонта скиповой установки на Сибайском карьере составляет 55 сут в год.

Организация эксплуатации скиповой установки предусматривает следующую систему обслуживания и ремонта. Ежедневно в начале

Таблица 52

Показатели	Элементы скипового подъемника				
	подъемная машина	приемные бункера	загрузочная станция	скипы и прицепные устройства	канаты и канато-поддерживающие ролики
Коэффициент готовности	0,957	0,754	0,678	0,657	0,748
Коэффициент отказов	0,128	0,068	0,161	0,252	0,391
Коэффициент относительных простоев	0,023	0,067	0,208	0,306	0,396
Наработка на отказ, мин	5137	7698	2928	1920	1327
Число отказов	78	41	97	152	236
Среднее время восстановления одного отказа, мин	231	2514	1388	834	447
Коэффициент технического использования	—	—	0,529	—	—

и в конце смены проводится технический осмотр (ТО), занимающий 6 ч.

Спустя шесть месяцев проводится большое техническое обслуживание ТО-2. Оно занимает 5 сут и, кроме ежемесячного объема ремонтных работ, включает: обрубку канатов и их испытание, ремонт узлов скипа, бункеров, устройств верхней и нижней перегрузочных станций, ремонт железнодорожных путей, сезонную смену масла в гидротолкателях, в подшипниках главного вала подъемной машины, в тормозных агрегатах и т. д. В это же время проводится полный технический осмотр установки специально создаваемой комиссией.

Наиболее полный ремонт проводится во время годичной ревизии, которая занимает 20 сут.

Общие затраты на строительство автомобильно-скипового транспорта на Сибайском карьере составили 6,5 млн. руб.

Капитальные затраты (тыс. руб.) на сооружение скиповой установки по элементам приведены ниже (в знаменателе — затраты на строительно-монтажные работы):

Устройство траншеи и путепровода	413/413
Сооружение верхней и нижней перегрузочных станций, копра и железнодорожных путей	803/755
Основное оборудование скиповой установки	1088/257
Прочие затраты и транспортные расходы	1161/202
Всего	3465/1627

Эксплуатационные расходы (тыс. руб.) по скиповой установке равны:

Материалы и запасные части	8,4
Электроэнергия	18,4
Заработная плата с отчислениями	25,3
Амортизация	56,6

Услуги сторонних организаций в пуско-наладочных работах	9,5
Услуги цехов комбината	19,7
Всего	137,9

Затраты на подъем 1 т горной массы с глубины 200—250 м составляют 7,5—9,2 коп.

§ 4. ДРУГИЕ ВИДЫ ПОДЪЕМА ГОРНОЙ МАССЫ

Более рациональным для карьеров небольшой производительности оказался автомобильный подъемник, напоминающий по своему принципу действия канатный локомотивный подъемник.

Автомобильные подъемники позволяют транспортировать горную массу из карьеров по кратчайшему пути, без перегрузок, в тех же видах транспортных средств, в которые она грузится в карьере и которыми перевозится на поверхности.

При использовании автомобильных подъемников горная масса из забоев (от экскаваторов) доставляется 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.

Автомобильный подъемник состоит из следующих основных частей: приводной станции со шкивами трения; тяговых тележек с при-

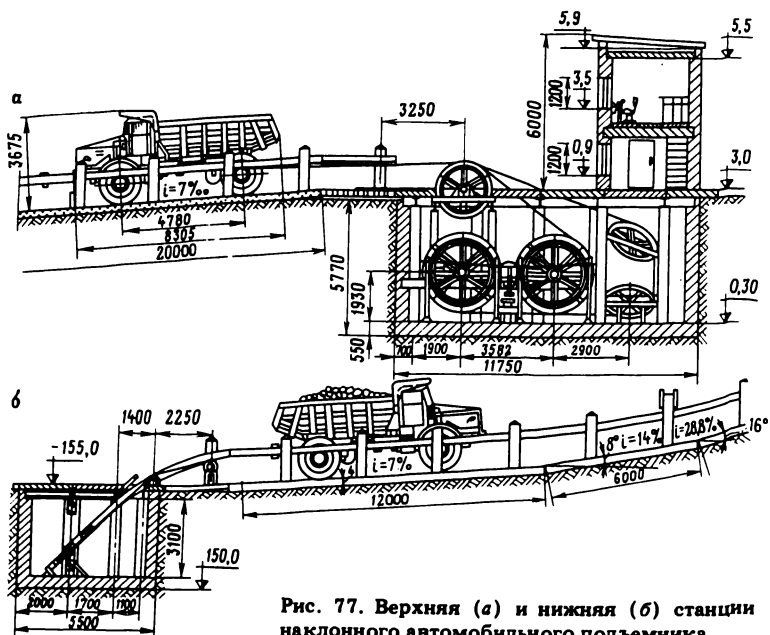


Рис. 77. Верхняя (а) и нижняя (б) станции наклонного автомобильного подъемника

цепным устройством и ловителями; направляющих для тележек, установленных на ограждающих железобетонных столбах; нижней натяжной станции; двухслойной наклонной трассы подъемника, имеющей покрытие из инвентарных железобетонных решетчатых плит (рис. 77).

Ниже приводится техническая характеристика автомобильного подъемника для большегрузных автосамосвалов, используемых на глубоких карьерах.

Грузоподъемность автосамосвала, т	25
Высота подъема, м	.. 150
Угол наклона подъемника, градус	16
Длина подъема, м 550
Скорость подъема, м/с	4
Число подъемов в час	15
Диаметр тягового каната, мм 32,5
Электродвигатель	МАРП-123-8
Число электродвигателей	2
Мощность двигателей (каждого), кВт	.. 160
Частота вращения двигателя, рад/с	77,18
Передаточное число конического редуктора	1
Передаточное отношение первой ступени дифференциальных редукторов	2,17
Диаметр хвостового каната, мм	.. 15
Производительность подъемника, тыс. т/год	.. 1250

Скорость подъема и спуска автосамосвала при нахождении в нем водителя составляет не более 5 м/с. При безлюдном подъеме и спуске полуприцепов скорость может достигать 8—10 м/с.

Сменная производительность наклонного автомобильного подъемника (в т)

$$Q_{\text{см}} = g_a K_{\text{гр}} \eta m' n, \quad (80)$$

где g_a — грузоподъемность автосамосвала или прицепа, т; $K_{\text{гр}}$ — коэффициент использования грузоподъемности автосамосвалов при равномерной загрузке ($K_{\text{гр}} = 0,95 \div 0,98$); η — коэффициент использования подъемником времени смены ($\eta = 0,75 \div 0,80$); m' — число часов работы подъемника в смену; n — число подъемов за 1 ч чистого времени работы.

В свою очередь

$$n = 3600/t_{\text{ц}} = 3600/(t_0 + t_{\text{м}}), \quad (81)$$

тогда производительность подъемника

$$Q = 3600 \eta m g / (t_0 + t_{\text{м}}), \quad (82)$$

где $t_{\text{ц}}$ — время подъема (спуска автосамосвала), с; t_0 — полное время движения автосамосвала, с; $t_{\text{м}}$ — время маневров на верхней (нижней) площадках ($t_{\text{м}} = 60 \div 90$ с).

Для установления мощности электродвигателей подъемной машины определяются усилия на ободе каната ведущего шкива:

$$F_{\text{экр}} = [\Sigma (F^2 t) / T_{\text{экр}}]^{0,5}. \quad (83)$$

Динамические усилия определяются для различных периодов движения согласно пятипериодичной диаграмме скорости.

Расход электроэнергии на 1 т горной массы, поднимаемой подъемником, работающим на глубинах от 80 до 250 м, колеблется от 1,8 до 2,52 МДж. Приблизительно удельный расход электроэнергии подъемниками с автосамосвалами грузоподъемностью 25–30 т может составлять 3,6 МДж.

Расчет каната автомобильного подъемника производится по следующей формуле:

$$P = (P_a/2 + P/2 + P_k + P_x) m, \quad (84)$$

где m — запас прочности, принимаемый для грузоподъемных установок со шкивами трения ($m \geq 8$).

Концевая нагрузка от автосамосвала

$$P_a = (q_0 + p) (\sin \alpha + \cos \alpha W_0), \quad (85)$$

где q_0 — масса груза в автосамосвале, кг; p — собственная масса автосамосвала, кг; α — угол наклона подъемника к горизонту, градус; W_0 — удельное сопротивление движению (по бетонной дороге $W_0 = 0,2$ кН/т).

Концевая нагрузка от тележки

$$P_T = q_T [\sin \alpha + \cos \alpha K (2f + \mu d) / D], \quad (86)$$

где q_T — собственная масса тележки, кг; K — коэффициент реборд ($K = 1,3$); f — коэффициент трения качения ходового колеса ($f = 0,08$); μ — коэффициент трения подшипника качения ($\mu = 0,02$); D — диаметр ходового колеса, см (в пределах 20–30 см); d — средний диаметр подшипника качения, см.

Концевая нагрузка от каната

$$P_k = PL (\sin \alpha + \cos \alpha W_k), \quad (87)$$

где P — масса 1 м каната, кг; L — длина ветви каната, м; W_k — коэффициент трения каната по роликам ($W_k = 0,05$).

Нагрузка от натяжения хвостового каната на ветвь тягового каната ориентировочно может быть принята

$$P_x = 0,8P_k. \quad (88)$$

Подставив значения концевых нагрузок в формулы (86) и (87),

можно найти значение полной концевой нагрузки на тяговую ветвь каната и подобрать по нему диаметр каната.

Диаметр каната зависит от глубины карьера и угла наклона трассы подъемника, который принимается в пределах $16-25^\circ$ и, как исключение, до 30° . Производительность подъема при автосамосвалах грузоподъемностью $25-30$ т сравнительно невелика и составляет $1,5-3$ млн. т горной массы в год. Вследствие этого применение автомобильных подъемников целесообразно лишь для карьеров небольшой производственной мощности, а также при доработке карьера и выдаче из него полезного ископаемого на выше расположенные горизонты.

Для подъема горной массы из карьеров большой производственной мощности при углах наклона трассы до $20-25^\circ$ могут быть использованы конвейерные поезда.

Конвейерные поезда представляют собой транспортный комплекс, состоящий из подвижного состава, приводов и стационарного оборудования, включающего направляющие пути со стрелочными переводами, перегрузочные устройства, разгрузочные станции, отвалообразователи, системы управления и обслуживания.

Подвижной состав конвейерного поезда включает в себя ходовую часть с несущим полотном, которое способно изгибаться с достаточно малыми радиусами кривизны в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Полотно может состоять из самостоятельных модулей, объединенных в составы. Конструктивную основу поезда составляют тележки. Шарнирное соединение тележек допускает изгиб поезда в вертикальной и горизонтальной плоскостях и поворот вокруг продольной оси. Для перемещения тележек поезда используется двухрельсовая колея. Для приведения поездов в движение служат стационарные, устанавливаемые на путях, и подвижные, монтируемые на поезде, приводы.

Разгрузочное устройство представляет собой участок пути с закруглениями в вертикальной плоскости вокруг поперечной или продольной осей, по которым поезд изгибается таким образом, что груз полотна разгружается в приемные устройства.

Погрузочное устройство используется для приема горной массы от экскаватора, погрузчика или из загрузочных бункеров. Для укладки транспортируемой породы в отвал применяются обычные отвалообразователи, перемещающиеся вдоль отвального пути.

Перспективным в области подъемного транспорта глубоких карьеров является создание и применение конвейерных поездов, приспособленных к загрузке и транспортированию крупнокусковой недробленной горной породы (куски размером до 1200 мм). Они имеют высокую скорость движения, способны преодолевать крутые уклоны (до $20-25^\circ$) и движутся непрерывно с определенными интервалами между пунктами погрузки и разгрузки горной массы.

В настоящее время используются в основном два типа конвейерных поездов: поезд с грузонесущим органом из конвейерной ленты или металлического пластинчатого полотна и вагонеточный поезд, состоящий из отдельных вагонеток с самостоятельными приводами.

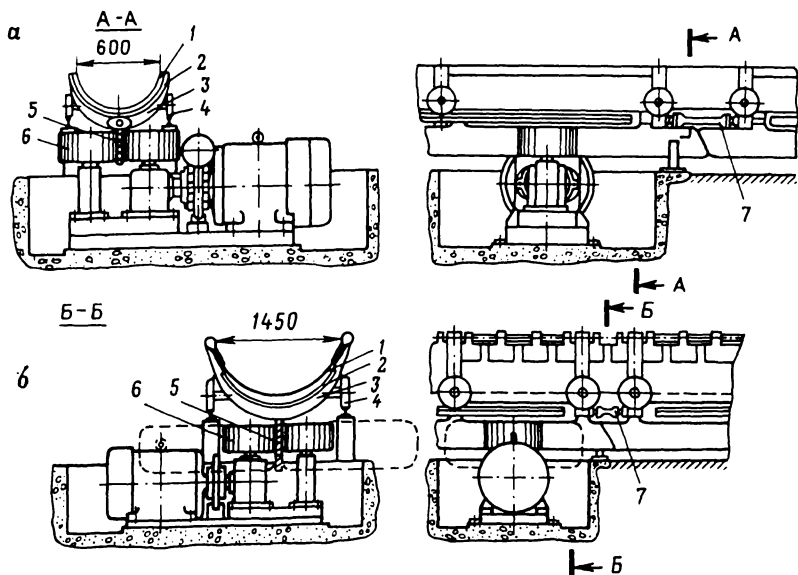


Рис. 78. Схема конвейерного поезда в разрезе с приводом от резиновых шин:

1 — конвейерная лента; 2 — металлический лист; 3 — траверса; 4 — колесо; 5 — продольная ведомая шина; 6 — резиновая шина; 7 — сцепка

Рис. 79. Схема конвейерного поезда в разрезе с приводом от ленточного асинхронного двигателя:

1 — конвейерная лента; 2 — металлический лист; 3 — траверса; 4 — колесо; 5 — линейный подшипник; 6 — ротор двигателя; 7 — направляющий каток; 8 — статор двигателя

Конструктивная схема конвейерного поезда в разрезе, разработанная ИГД Минчермета СССР, показана на рис. 78. Конвейерный поезд представляет собой состав шарнирно сцепленных колесных тележек, движущихся по рельсам. По всей длине поезда расположена гладкая резинотканевая лента. Между тележками лента находится в свободном состоянии, а на тележках — опирается на металлоконструкционный лист, соединяющий траверсы, или подвешена к металлоконструкциям с помощью шарниров, закрепленных по бокам тележек. Лента не воспринимает тяговой нагрузки. Она передается от резиновых приводных шин продольной ведомой шине тележки, находящейся в кон-

такте с резиновыми шинами, а затем через сцепки — тележкам всего поезда.

По сравнению с пластинчатым полотном применение гладкой конвейерной ленты в качестве грузонесущего элемента поезда гарантирует легкость очистки, исключает просыпи материала на рельсовый путь, обеспечивает хорошую амортизацию ударных нагрузок при загрузке крупнокускового и крупнодробленого материала. Амортизирующая способность ленты может быть повышена за счет свободной ее подвески, что подтверждается практикой эксплуатации ленточных конвейеров. Лента хорошо изгибается, обеспечивая небольшие радиусы поворота поезда в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В поезде изгиб осуществляется за счет участков ленты, находящихся между тележками (см. рис. 79, а), а также за счет участков ленты (78, б), не зажатых шарнирами. Вместе с тем использование гладких лент на поездах допустимо при углах наклона трассы не более 20—22°. При больших углах наклона трассы необходимы применение на лентах поперечных перегородок или замена ленты пластинчатым полотном с поперечными перегородками.

Для подъемных установок конвейерных поездов наиболее соответствуют приводы с линейными асинхронными двигателями (рис. 79), позволяющие развивать высокие скорости движения, преодолевать большие уклоны и обеспечивать достаточное тяговое усилие (до 4—5 Н/см²). При этом статор двигателя укладывается в межпутьи, а ротор в виде пластины из токопроводящего материала крепится на конвейерном поезде. Применение асинхронных двигателей вызывает ряд технических трудностей: величина зазора между статором и ротором должна быть 30—40 мм, геометрия статора, глубина пазов, сечение проводов обмотки отличны от таковых у асинхронных линейных двигателей.

Эффективность конвейерных поездов наряду с высокой эксплуатационной скоростью (до 8—10 м/с и более) значительно зависит от затрат времени на погрузочно-разгрузочные работы. На погрузочных работах эта проблема решается организацией одновременной загрузки конвейерного поезда по всей длине или его части с помощью самоходного загрузочного устройства, так называемого бункер-поезда, состоящего из ряда перемещающихся бункеров, загружаемых в свою очередь в забое экскаватором или на погрузочной площадке из автосамосвалов.

Разгрузочные устройства на поверхности имеют различные конструкции, обеспечивающие поворот или опрокидывание поезда в направляющих (винтообразного типа, вида "велосипедного колеса" и др.), что позволяет сыпаться горной массе в бункер или под откос отвала.

Производительность системы подъема (в м³/ч), состоящей из конвейерных поездов,

$$Q = 3600K_{гр.п} S \cdot v_{гр} L_{п} / (L_{п} + \Delta), \quad (89)$$

где $K_{гр.п}$ — коэффициент грузоподъемности; S — площадь сечения материала, $м^2$; $v_{гр}$ — скорость движения в грузовом направлении по магистрали, $м/с$; $L_{п}$ — длина конвейерного поезда, $м$; Δ — принятый интервал движения между поездами, $м$.

Производительность конвейерного поезда (в $м^3/ч$)

$$Q_{п} = WK_{гр.п}n_{ч}, \quad (90)$$

где $W = SL$ — вместимость поезда, $м^3$; L — длина поезда, $м$; $n_{ч}$ — число поездов, проходящих за час через рассматриваемый участок системы.

Потребное число поездов в системе

$$n_{п} = N \frac{v_{гр}}{L_{п} + \Delta} \frac{(L_{сум} - L_{п})^2}{L_{гр}v_{гр} + L_{пор}v_{пор} + L_{раз}v_{раз}} + \frac{L_{п} + \Delta}{2N^2v_{гр}} [N(N-1) + (N-1)(N-2) + \dots + 1] \quad (91)$$

$L_{сум}$ — суммарная длина пути движения поездов в грузовом и порожняковом направлениях, $м$; $L_{гр}$, $L_{пор}$, $L_{раз}$ — длина пути движения поездов в грузовом, порожняковом и разгрузочном направлениях, $м$; $v_{гр}$, $v_{пор}$, $v_{раз}$ — скорости движения в тех же направлениях, $м/с$.

Общее число поездов в системе

$$n_{общ} = (n_{п} + n_{р})1,1, \quad (92)$$

где $n_{р}$ — резервное число поездов в системе.

В зарубежной практике наиболее распространенной является система конвейерных поездов типа Секкам, состоящая из отдельных соединяющихся между собой желобов. В табл. 53 приводятся данные о существующих зарубежных установках.

В отечественной практике разработан ряд конструкций конвейерных поездов. Среди экспериментально-опытных установок находится

Таблица 53

Показатели	Система			Примечание
	Поро (Австралия)	Нингва (Новая Каледония)	Нептун (Новая Каледония)	
Длина трассы, км	4	23	28	Скорости движения поездов при погрузке и разгрузке до 2 м/с, на магистрали — 8—10 м/с
Максимальный подъем, %	27	40	40	
Разность высот, м	250	500	500	
Гранулометрический состав транспортируемого материала, мм	До 350	До 350	До 400	
Производительность, т/ч	800	500	1500	

конвейерный поезд, созданный ИГТМ АН УССР и ИГД Минчермета СССР вместе с КГРИ.

Система конвейерных поездов ИГТМ АН УССР построена на Чаплинском гранитном карьере. Техническая характеристика поезда приведена ниже:

Ширина грузонесущего желоба, м	2,0
Вместимость единицы длины поезда, м ³	1,0
Шаг секций, мм	1000
Число секций	50
Масса поезда, кг	1020
Ширина колеи, мм	1520
Диаметр ходовых колес, мм	300
Минимальный радиус поворота, мм:	
в плане . . .	20
в вертикальной плоскости . . .	2
Скорость движения поезда, м/с:	
магистральная	7—8
при погрузке и разгрузке	до 1,5—2

Кроме описанных выше наклонных подъемных установок, горная масса из глубоких карьеров может выдаваться канатным воздушным транспортом (канатные дороги) в различного рода кубелях грузоподъемностью до 1—3 т и более (с углом наклона до 40°), подвесным монорельсовым транспортом в кубелях (угол наклона до 12—15°), в съемных кузовах автосамосвалов грузоподъемностью до 10—12 т, пневмовоздушным транспортом в контейнерах для материала крупностью до 200—250 мм (угол наклона до 10—15°) и т. д.

Однако большинство из этих подъемников имеют невысокую производительность и небольшие углы подъема, более сложны в эксплуатации, чем ранее рассмотренные конструкции подъемников.

Для подъема и спуска людей в глубокие карьеры применяются подъемные канатные воздушные дороги, в том числе одноканатные, кресельные, гондольные, двухканатные, маятниковые, кольцевые и другие, а также горные канатные наземные дороги (фуникулеры) с платформами, вагонами и другим оборудованием (рис. 80). Кроме того, можно считать перспективными пассажирские пластинчатые конвейеры (движущиеся тротуары).

§ 5. УСТРОЙСТВО НАКЛОННЫХ ТРАСС ДЛЯ ПОДЪЕМНИКОВ

Устройство наклонных трасс подъемных наземных установок является достаточно трудоемким и сложным процессом. Проходка траншеи для подъемника в действующем карьере затруднена из-за пересечения трассой разрабатываемых уступов и проложенных транспортных коммуникаций. В мягких породах траншея для наклонных подъемников обычно проходит экскаваторами (драглайнами) и бульдозерами. Значительно сложнее, как показывает опыт Сибайского меднорудного карьера, проходить крутую тран-

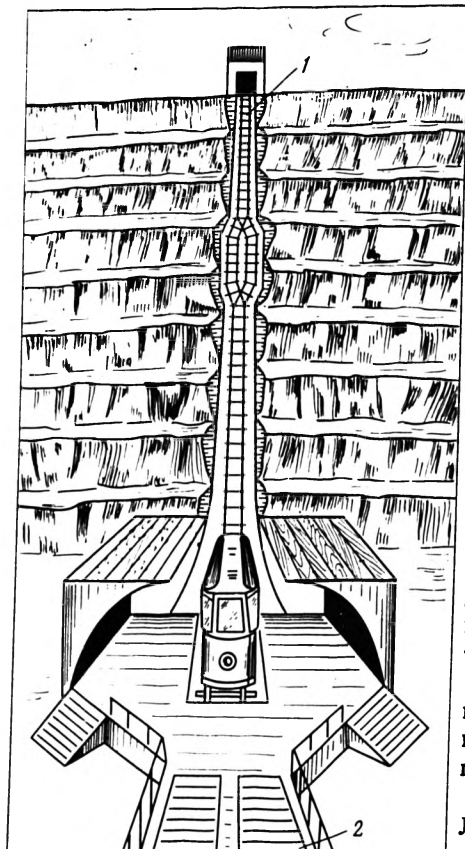


Рис. 80. Схема пассажирского фуникулера: 1 — в сочетании с пластинчатым конвейером; 2 — для доставки льдей в глубокие карьеры

шпала имела длину 5,4 м, шпалы были уложены на балласт и закреплены в почве специальными костылями. Длина рельсового пути составляла 376 м.

На руднике Чино при угле наклона скипового пути 27° рельсы массой 59,8 кг были уложены на шпалы. При ширине колеи 3880 мм использовались шпалы размером 178 x 228 x 4880 мм.

На руднике Колвези при угле наклона скипового пути 35° и максимальной скорости движения скипа 8,2 м/с рельсы массой 50 кг укладывались и закреплялись на стальной раме стандартной конструкции, которая в свою очередь помещалась на бетонных блоках. Бетонное основание использовано также при устройстве рельсового пути на руднике Пима.

На асбестовом руднике Джеффри для удержания балласта, покры-

шею в крепких скальных породах для скипового подъемника. Сложность заключается в том, что нужно пройти сравнительно узкую и крутую траншею со строго заданным профилем трассы, обеспечив минимальный объем выемки и сохранность борта и основания траншеи.

Основными особенностями устройства трасс для наклонных подъемников с рельсовой колеей является укладка железнодорожного пути.

Для сооружения верхнего строения пути скиповых подъемников рельсы могут укладываться на деревянных и железобетонных шпалах, на продольных железобетонных лежнях и на сплошном железобетонном основании.

В зарубежной практике известны различные виды верхнего строения пути скиповых подъемников.

На меднорудном карьере Либерти при угле наклона скипового пути 19° рельсы массой 45 кг были укреплены на деревянных шпалах длиной 4,2 м. Шпалы уложены с интервалом 0,75 м, каждая четвертая

вающего дно траншеи, пройденной под углом 38° , был применен обычный рельсовый путь.

При сооружении скипового подъемника Сибайского карьера на бетонное основание укладывались деревянные стандартные шпалы типа 1-А, которые скреплялись между собой в замок, образуя составную шпалу длиной 5,2 м. Для устойчивости шпальной решетки каждая пятая шпала крепилась к основанию штангами. Звенья рельсов длиной 12,5 м собирались на поверхности. К рельсам крепилось несколько секций из четырех деревянных и одной металлической шпалы, после чего звенья опускались в траншею, вывешивались на определенной высоте и крепились. Установка звеньев производилась сверху вниз при постоянном маркшейдерском контроле.

Для устройства наклонных трасс наиболее перспективным является применение железобетонных шпал и продольных железобетонных лежней. Срок службы современных железобетонных шпал составляет 50—60 лет. Их недостатками являются повышенная чувствительность к трещинообразованию и высокая стоимость (в 2 раза больше, чем деревянных). При длительной эксплуатации скиповых подъемников затраты на их первоначальные сооружения окупаются. В случае применения железобетонных оснований снижаются и эксплуатационные расходы.

Для различного рода наклонных подъемников, в том числе вагонных, с канатной наземной тягой, автомобильных, троллейвозных и других, целесообразно применение сплошного основания из сборного предварительно напряженного бетона, укладываемого на гравийную или щебеночную подушку без балласта. Такое верхнее строение пути намного упрощает условия эксплуатации и его содержание.

Для автомобильных подъемников было запроектировано основание из сборных решетчатых железобетонных плит $3000 \times 1200 \times 200$ мм массой 1,2 т каждая. Плиты предполагалось изготовить из высококачественного портландцемента для обеспечения прочности бетона не менее 4 кН/см^2

Применение сплошного железобетонного основания целесообразно при больших углах наклона пути, превышающих 35° , т. е. в тех случаях, когда появляется угроза сползания балласта. Для предохранения балластного слоя от сползания может быть применена битумизация и пропитка его синтетическими смолами.

За границей (США, Голландия, Франция) некоторое применение нашли битумные покрытия, устраиваемые в виде заливки битумной мастикой слоя уложенного щебня, либо в виде монолитного асфальто-битумного покрытия. При необходимости их армируют сеткой, или тросами. Битумные покрытия должны быть достаточно атмосферостойчивыми и, в частности, морозостойкими.

Для предохранения от угона под действием собственной массы основание верхнего строения пути закрепляют в грунте специальными костылями, штангами или сваями. Для предохранения от угона рельсов применяются мощные пружинные крепления, обеспечивающие упругую связь в продольном направлении между рельсами, шпалами и балластом.

Для поддержания каната и для избежания его перегиба применяются различного рода поддерживающие и направляющие ролики. Работа этих роликов весьма своеобразна. Даже при его идеальной конструкции, обеспечивающей необходимое трение между канатом и роликом, скольжение каната неизбежно. Следовательно, материал наружной оболочки ролика или его футеровки должен быть менее износостойким, чем канат.

Наиболее перспективными считают ролики, футерованные резиной. Опыт эксплуатации стальных и чугунных роликов себя не оправдал. Применение роликов с резиновым бандажом в качестве колес воздушных канатных подъемников показало, что такие колеса могут иметь пробег до 4000 км, при скорости на бандаже 7 м/с и нагрузке на колесо до 3 кН.

Глава VI ВНУТРИКАРЬЕРНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ВЫРАБОТКИ

§ 1. УСЛОВИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА С ПОДЗЕМНЫМИ ВЫРАБОТКАМИ

В глубоких карьерах связующим звеном между различными видами транспорта, работающими в комбинации, используют подземные выработки. Иногда с помощью подземных выработок горячая масса выдается на поверхность тем же видом транспорта, который работает внутри карьера. Среди подземных выработок распространены: рудоспуски (породоспуски), тоннели, штольни, грохотильно-дробильные камеры, наклонные стволы (табл. 54).

Рудоспуски в глубоких карьерах имеют внутреннее заложение и обычно применяются при комбинированной разработке месторождения (рис. 81). Они служат для перепуска добытой горной массы с нижних горизонтов и донной части карьера на горизонт подземных горных работ для последующего перемещения и выдачи ее на поверхность с помощью средств подземного транспорта и подъема. Доставка горной массы к рудоспускам обычно производится автосамосвалами, а перемещение по рудоспуску происходит самотеком.

В глубоких карьерах, на которых применяется автомобильный и железнодорожный транспорт, для сокращения расстояния транспортирования горной массы на поверхность устраивают тоннели и штольни. Тоннели имеют два выхода: один на поверхности, другой на одном из горизонтов карьера. Они имеют уклон, доступный для преодоления автомобильным или железнодорожным транспортом (в зависимости от того, каким видом транспорта горная масса доставляется на поверхность). Штольни имеют один выход на дневную поверхность. Тоннели и штольни часто проходятся за пределами карьера, что позволяет использовать данный вид транспорта на ниже расположенных горизонтах без нарушения проложенных по борту карьера наружных транспортных коммуникаций.

Довольно часто при комбинированных видах транспорта применяются наклонные стволы. В них прокладываются конвейерные тракты, происходит подъем скипов, клетей и других видов транспортных средств. Необходимость устройства наклонных стволов обычно обусловливается невозможностью устройства подъемников по борту карьера из-за размещения на нем других транспортных коммуникаций, нахождением его в разработке, наличием слабых малоустойчивых пород, опасением повреждений при массовых взрывах и т. д. Известны примеры (в зарубежной практике) доставки на поверхность горной массы по вертикальным стволам. При этом груз, транспортируемый по штольне, пройденной с нижних горизонтов карьера,

Таблица 54

Подземные выработки	Расположение выработок	Транспорт в карьере	Транспорт в выработках	Перегрузочные пункты	Характеристика подземных выработок		
					угол наклона	вид крепления	сечение в свету, м ²
Рудоспуски и породоспуски	Преимущественно вертикальное	Автомобильный	Гравитационный	Грохотильно-дробильный в карьере, грохотильно-дробильный под землей	До 90°	Обычно отсутствует	7—20
Тоннели и штольни	Горизонтальное и слабо наклонное	Железнодорожный, автомобильный	Железнодорожный, автомобильный, конвейерный	При конвейерах грохотильно-дробильный в карьере, при автомобильном и железнодорожном отсутствует	До 60% при железнодорожном транспорте, до 80—100 % при автомобильном транспорте	Бетонное (нарызбетон и монолитный бетон), железобетонное (различных конструкций)	Для автотранспорта 25—30, для железнодорожного транспорта 35—40, для конвейерного транспорта 15—20
Шахтные стволы	Наклонное, редко вертикальное	Конвейерный, автомобильный	Конвейерный, скиповой	При конвейерах грохотильно-дробильный в карьере, при скипах непосредственная перегрузка из автосамосвалов	До 16—18° при конвейерном транспорте, до 35—40° при скиповом подъеме	Бетонное, железобетонное, металлическое (тобинговое)	Для конвейерного транспорта и скипового подъема 15—20

перегружается в подъемные сосуды и выдается на поверхность по вертикальному стволу.

Подземные выработки в глубоких карьерах предназначены для облегчения эксплуатации месторождения и снижения трудоемкости разработок. Они используются при разработке нижних горизонтов месторождения открытым способом. Основным достоинством подземных выработок является сокращение расстояния транспортирования нередко в 2—3 раза. Кроме того, упрощается транспортирование горной массы, снижаются эксплуатационные расходы, создается независимость в работе внут-

рикарьерного и внешнего транспорта, улучшаются условия применения комбинированных схем, а в некоторых случаях применения одного вида транспорта для доставки горной массы на поверхность. В результате достигается более высокая производительность транспорта и более низкая себестоимость транспортирования 1 т груза. Проходка подземных горных выработок, особенно капитальных, сложна и требует больших затрат. В наибольшей мере это относится к тоннелям, стволам, штольням, подземным камерам большого сечения и сооружаемым со специальными видами крепления (металлическое с помощью тубингов).

Вместе с этим применение подземных выработок в карьерах связано с большими трудностями их поддержания в мягких и нарушенных породах, в условиях повышенной сейсмичности от массовых карьерных взрывов, при значительной водообильности горных пород, при намерзаниях и наледях и т. д. Кроме того, имеются и другие трудности при перепуске горной массы (по рудоспускам, особенно в зимнее время), при нарушении транспортных путей, вызывающих аварии и сходы движущихся в выработках транспортных средств, при вывалах и обрушениях пород, в которых пройдены подземные выработки и т. д.

Место заложения подземных выработок значительно влияет на экономические показатели работы карьера, а также на технологию ведения горных работ. Основными условиями для выбора места заложения подземных выработок являются достижение минимума работ по транспортированию полезного ископаемого и минимума эксплуатационных затрат в течение всего периода работы карьера, а так-

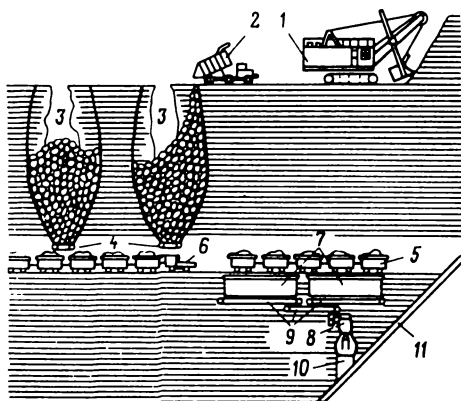


Рис. 81. Рудоспуски в карьере при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте и конвейерном подъеме:

- 1 — экскаватор; 2 — автосамосвал; 3 — рудоспуск; 4 — вибропитатель; 5 — вагон; 6 — электровоз; 7 — бункер; 8 — дробилка; 9 — питатель; 10 — бункер дробленой руды; 11 — конвейер

же устойчивость вмещающих пород, минимальные объемы по погашению выработок (рудоспуски), гидрогеологический режим, климатические условия и др. Кроме того, место заложения подземных выработок зависит от оставшихся запасов полезного ископаемого в контурах карьера, применяемого транспортного оборудования, способности их обеспечить заданную производительность предприятия.

Целесообразность выбранного места заложения подземных выработок в карьере обычно уточняется при анализе технико-экономических показателей принятого вида транспорта, физико-механических свойств вмещающих пород и общей организации горного производства при разработке нижних горизонтов месторождения открытым и подземным способами.

§ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РУДОСПУСКОВ В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ

При вскрытии глубоких горизонтов карьеров подземными выработками горная масса в зону подземных работ транспортируется, как правило, по капитальным рудоспускам. Рудоспуски как транспортные выработки, обеспечивающие перепуск руды на подземные виды транспорта (железнодорожный, автомобильный, конвейерный), применяются на ряде глубоких карьеров в нашей стране и за рубежом. В СССР капитальные рудоспуски применяются на карьерах производственного объединения "Апатит" (Центральный и Расвумчорр-Цирк) (рис. 82), на Алтын-Топканском и Каджаранском карьерах и на некоторых других, расположенных главным образом на Востоке страны (Средняя Азия). За рубежом (в Канаде, США, Швеции) наиболее часто рудоспуски используют для вскрытия нижних горизонтов карьеров.

Рудоспуски имеют круглое, реже прямоугольное сечение. Площадь поперечного сечения рудоспусков изменяется от 7 до 20 м², но при перепуске особо крупной недробленной горной массы она достигает 60—65 м². С помощью рудоспусков руда с нижних горизонтов карьера передается на горизонт откаточной штольни.

Рудоспуски бывают вертикальные и наклонные. В первом случае угол наклона составляет около 90°, во втором — от 50 до 90°. Высота рудоспуска изменяется в широких пределах от 30 до 600 м, но наиболее часто она составляет 150—200 м.

Производительность рудоспусков составляет до 3000 т/ч, но в отдельных случаях она бывает и больше. Известны случаи, когда пропускная способность одного рудоспуска достигала 15 млн. т в год.

Транспортирование по рудоспускам обычно применяют на карьерах производственной мощностью более 4—5 млн. т в год. На отдельных крупных карьерах, применявших рудоспуски, их производительность превышала 30 млн. т в год. Срок существования рудоспусков составляет до 15 лет и более.

Конструктивно рудоспуск состоит из устья, ствола, аккумуля-

Таблица 55

Показатели	Породы или материал основания рудоспусков		
	крепкие породы или железобетон	породы средней крепости и бетон	породы малой крепости
Коэффициент крепости руды по М.М. Протождяконову	15—20	10—15	8—10
Допускаемое напряжение на скалывание, Н/см ²	90	45	30
Допускаемая сила удара по основанию рудоспуска, кН	6300	3150	2100
Допускаемая высота падения руды, м	130	65	42
Рекомендуемая максимальная высота падения руды, м	150	70	45

рующей части (бункера) и выпускного локowego устройства. Аккумулирующая емкость служит для снижения динамического воздействия падающей руды и создания запасов отбитой руды. Ее ширина в 2—3 раза больше диаметра рудоспуска.

Карьерные рудоспуски эксплуатируются в сложных условиях в силу воздействия на них взрывных работ в карьере и при ликвидации завесаний на выпуске руды, а также динамических воздействий кусков падающей руды и статического давления рудного столба. Большое влияние на состояние и работу рудоспусков оказывает применяемое на карьерах мощное оборудование — экскаваторы, автосамосвалы, обуславливающие наличие в руде особо крупнокускового материала. Наличие в руде большого процента крупных фракций вызывает разрушение стенок рудоспусков (рис. 83), большие вывалы породы, в которых пройден рудоспуск, трудность выпуска руды из рудоспуска и др. Большая высота рудоспусков приводит, не только к его разрушению, но и к уплотнению руды, ее измельчению, образованию завесаний, пробок и других осложнений, возникающих при эксплуатации.

Наличие динамических нагрузок в рудоспуске от падающей руды и сейсмическое воздействие взрывных работ предъявляют особые требования к заложению рудоспусков и их эксплуатации (см. табл. 55). Как правило, рудоспуски стремятся закладывать в монолитных породах, однако и это не всегда обеспечивает полную его сохранность. В силу этого иногда прибегают к креплению рудоспусков, что возможно лишь при небольшой высоте перепуска. Устойчивость рудоспусков чаще всего достигается за счет применения различной их конструкции (наклонные, ступенчатые, зигзагообразные и комбинированные).

Поэтому снижение ударных нагрузок на практике происходит главным образом за счет выбора конструкции рудоспуска, наиболее отвечающей условиям эксплуатации. Для уменьшения разрушения стенок рудоспуска целесообразно также, чтобы угол его наклона по

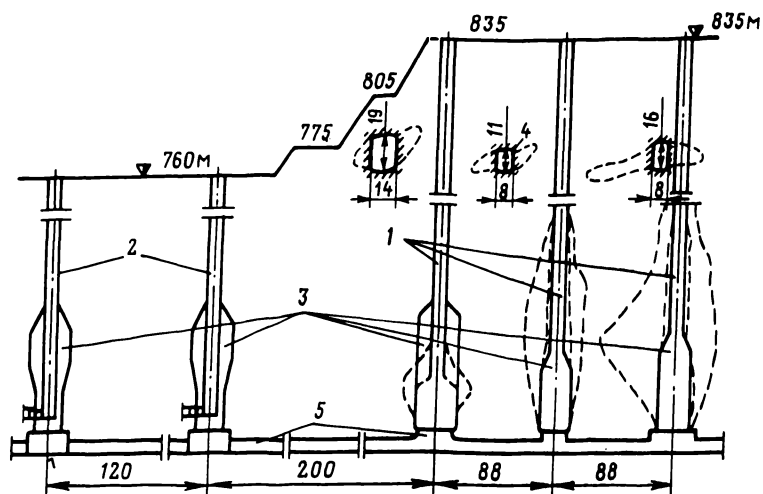


Рис. 82. Рудоспуски рудника Центральный:

1 — действующие рудоспуски; 2 — проектные рудоспуски; 3 — бункерные части рудоспусков; 4 — сечение рудоспусков на участках максимального разрушения, 5 — погрузочные штольни

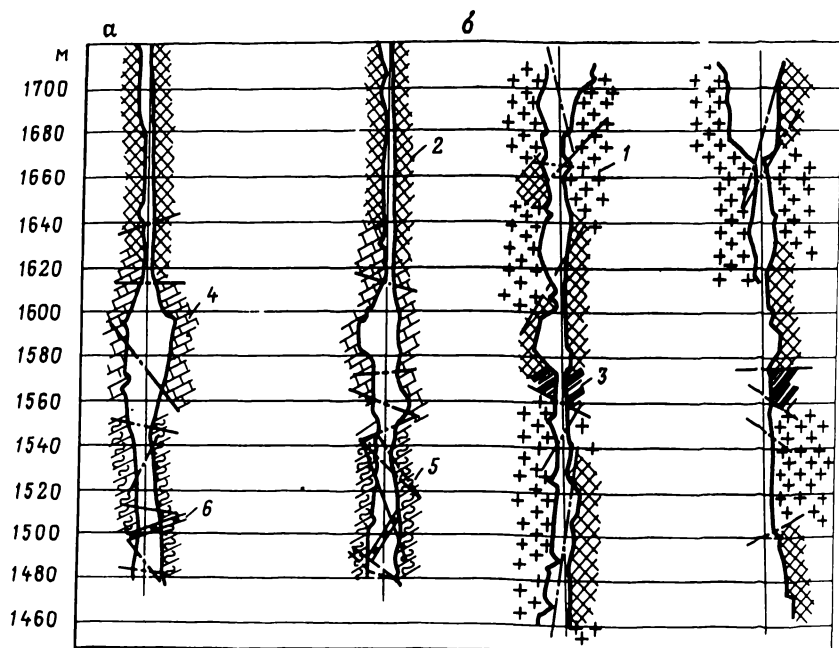


Рис. 83. Разрушение стенок рудоспусков на Алтын-Топканском карьере:

а — рудоспуск №1; б — рудоспуск №2; 1 — кварциты и гранодиоритовые порфиры; 2 — рудные скарны; 3 — эпидозиты; 4 — известняки; 5 — песчано-сланцевая толща; 6 — диабазовые порфиры

возможности был перпендикулярен к плоскости напластования пород.

Большие осложнения при эксплуатации рудоспусков вызывают заторы и зависания перепускаемой руды. Для наблюдения за движением руды и для локализации зависаний параллельно нижней части рудоспуска проходят контрольные восстающие высотой более 50 м, которые через каждые 10—12 м соединяются с рудоспуском смотровыми ходками. При параллельном расположении двух-трех рудоспусков проходят один контрольный восстающий.

Диаметр рудоспуска (в м) должен быть более трех диаметров максимального размера разрушаемого куска руды

$$D_p \geq 3d_{\max}. \quad (93)$$

Для большей надежности диаметр рудоспуска должен в 5—6 раз превышать размер максимального куска.

При перепуске недробленой руды верхняя часть рудоспуска подвергается интенсивному износу. Для снижения износа рудоспуск в верхней части должен иметь ступенчатую форму. В этом случае диаметр устья рудоспуска принимается на 1,5—2 м больше диаметра ствола. Для предотвращения зависаний диаметр рудоспуска принимается не менее 6 м.

При прямоугольном сечении должно быть следующее соотношение рудоспуска:

$$a:b = 1:1,5-2. \quad (94)$$

В карьере, наряду с рабочими, устраивают резервные рудоспуски. Их число на карьере зависит от его производственной мощности (пропускной способности), диаметра рудоспуска, пропускной способности перегрузочных пунктов в штольне, организации дальнейшего транспортирования до поверхности и надежности эксплуатации рудоспуска в конкретных условиях. На эксплуатацию рудоспусков значительно влияют климатические условия.

Проходка капитальных рудоспусков в зависимости от их диаметра может производиться как со дна карьера, т. е. сверху вниз, так и из подземных выработок.

При большом сечении рудоспуски по аналогии с шахтными стволами проходятся сверху вниз полным сечением (рис. 84). В этих случаях предварительно по оси рудоспуска пробуривается скважина на всю глубину, позволяющая оценить структуру массива, физико-механические свойства пород и возможный приток воды.

Наиболее часто проходка рудоспусков осуществляется с помощью проходческого копра и подвесного полка (диаметр которого на 0,4—0,5 м меньше диаметра рудоспуска). Устье капитальных рудоспусков крепится только при проходке. При этом для создания безопасных условий труда используют бетон, металлическую сетку и штанговую крепь. Перед началом эксплуатации рудоспуска времен-

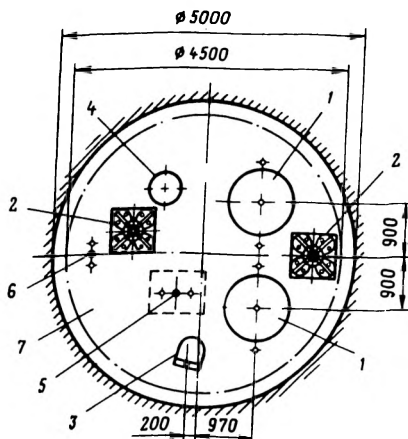
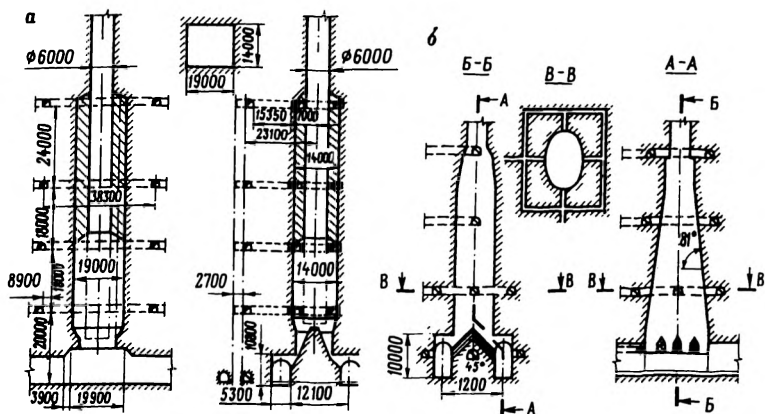


Рис. 84. Сечение капитального рудоспуска с расположением проходческого оборудования:

1 — бадья; 2 — грейферный погрузчик; 3 — подвесная лестница; 4 — вентиляционная труба; 5 — подвесной насос; 6 — трубопровод сжатого воздуха; 7 — подвесной полок

Рис. 85. Рудоспуск с бункером прямоугольного сечения (а) и рудоспуск с расширяющимся бункером (б) на карьере производственного объединения "Апатит"



ное крепление ствола демонтируется. Порода при проходке рудоспусков убирается грейферными погрузчиками.

Бункерная часть рудоспуска может иметь прямоугольное и расширяющееся поперечное сечение на высоту 40—50 м и более (рис. 85). Проходка этой части рудоспуска, а также погрузочных камер выпускных устройств производится путем взрывания глубоких скважин, пробуренных из специально пройденных выработок и мелкошпуровым способом.

В процессе эксплуатации карьера и понижения работ возникает необходимость в периодическом погашении рудоспусков. Погашение рудоспусков требует выбора такого способа их срезки, который обеспечивал бы наименьшие затраты времени и безопасность работ. Наиболее простым способом является полное заполнение рудоспусков рудой с последующими буровзрывными и погрузочными работами в районе его расположения. Однако этот способ не применяется при высокой слеживаемости и смерзаемости руды, так как может привести к образованию зависаний руды в рудоспуске.

В последние годы более распространен способ погашения путем взрывания околоствольного целика без предварительной засыпки рудоспуска. Вначале к рудоспуску подводят выемку, оставляя вокруг него околоствольный целик, который потом ликвидируют последовательным бурением и взрыванием контурных скважин (по густой сетке) и мелкими шпурами. Взорванную горную массу убирают экскаватором и бульдозером. Около нового устья рудоспуска устанавливают оградительный брус из металлоконструкций или старых балок рукояти экскаватора, прикрепляя их к буровым штангам, посаженным в специально пробуренные скважины.

Одним из важных факторов, обеспечивающих бесперебойную и надежную работу карьерных рудоспусков, является режим работы при их эксплуатации. Основными элементами технологического режима работы рудоспуска являются интенсивность загрузки и выпуска горной массы, разрыв во времени между загрузкой и погрузкой и количество аккумулируемой руды в рудоспуске. Режим работы рудоспуска тесно взаимосвязан с принятым порядком работы карьерного и подземного транспорта.

Интенсивность загрузки (в т/ч)

$$\lambda_3 = Q_K / (NT_p h), \quad (95)$$

где Q_K — годовая производственная мощность карьера, т; N — число рабочих дней в году; T_p — число часов работы в сутки при добыче руды; n — число одновременно работающих рудоспусков.

Интенсивность погрузки

$$\lambda_n = (1 - t_n/24) \lambda_3, \text{ т/ч}, \quad (96)$$

где t_n — суточная продолжительность технологических перерывов при добыче руды, ч.

Исходя из интенсивности загрузки t_3' , грузоподъемности транспортных средств q_c и максимально допустимого времени перерывов при погрузке t_0 , необходимое время погрузки состава (в ч)

$$t_c = q_c / \lambda_3 - t_0. \quad (97)$$

Необходимая интенсивность погрузки из рудоспуска (в т/ч)

$$t_n = q_c / t_c. \quad (98)$$

Запас руды в рудоспуске (в т)

$$Q_p = q_c (1 - \lambda_3 / \lambda_n). \quad (99)$$

Применительно к средствам транспорта, применяющимся в карьерах, интенсивность загрузки (по В.А. Шелканову) может быть опре-

делена по формуле

$$\lambda_3 = P_3 / (NT_p), \quad (100)$$

где P_3 — пропускная способность рудоспуска при загрузке, млн. т, или

$$P_3^1 = 30/t_{об} - 2,5, \quad (101)$$

$$P_3^2 = 14,6/t_{об} - 0,88, \quad (102)$$

$$P_3^3 = 10,3/t_{об} - 0,85, \quad (103)$$

где P_3^1, P_3^2, P_3^3 — пропускная способность рудоспуска при загрузке с помощью автосамосвалов грузоподъемностью соответственно 75, 40 и 27 т; $t_{об}$ — продолжительность обмена автосамосвалов при загрузке рудоспуска, мин.

Интенсивность погрузки (в т/ч):
при железнодорожном транспорте

$$\lambda_{п.ж} = (0,25\lambda_{в} + 0,5) 10^6 / (NT_p), \quad (104)$$

где $\lambda_{в}$ — интенсивность выпуска, т/мин;
при конвейерном транспорте

$$\lambda_{п.щ.к} = (0,065B_{щ} - 3,05) / (NT_p), \quad (105)$$

$$\lambda_{п.к.к} = (0,00165D_{к} - 9,8) / (NT_p), \quad (106)$$

где $\lambda_{п.щ.к}$ и $\lambda_{п.к.к}$ — интенсивность погрузки при конвейерном транспорте соответственно при дроблении в щековых и конусных дробилках; $B_{щ}$ — ширина приемного отверстия щековой дробилки, мм; $D_{к}$ — диаметр основания конуса конусной дробилки, мм.

При обслуживании рудоспуска железнодорожным транспортом необходимое время перерывов (в ч)

$$t_{о.ж} = q_c (1/\lambda_3 - 1/\lambda_{п.к.}). \quad (107)$$

При обслуживании рудоспуска конвейерным транспортом необходимое время перерывов (в ч)

$$t_{о.к} = P_k (1/\lambda_3 - 1/\lambda_{п.к.}). \quad (108)$$

Время перерывов при погрузке может быть также определено по номограмме (рис. 86). Основной причиной простоев при эксплуатации рудоспусков является зависание перепускаемой руды в стволе и в выпускных устройствах.

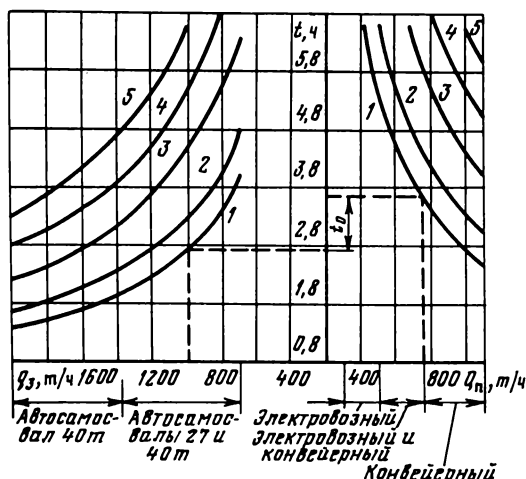


Рис. 86. Номограмма для определения интенсивности погрузки в транспортные средства из рудоспуска при максимальном допустимом времени перерывов (t_0): 1, 2, 3, 4, 5 — годовая производительность рудоспуска, соответственно 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 млн. т.

Значительное влияние на число зависаний оказывает высота рудного столба в рудоспуске, с его уменьшением число зависаний возрастает. Большое значение имеет непрерывность загрузки и выпуска. Установлено, что при непрерывном потоке загрузки динамические нагрузки на поверхность рудного столба уменьшаются почти в 5 раз. Поэтому наиболее рациональным режимом работы рудоспуска, обеспечивающим минимальное число зависаний, следует считать непрерывный режим, который достигается одновременной загрузкой и выпуском руды. Однако в карьерах для обеспечения ритмичности в работе бывает необходимо аккумулировать некоторый запас руды в рудоспуске. По данным производственного объединения "Апатит", максимальная высота заполнения рудоспуска, при которой не наблюдалось зависаний, на карьере Расвумчорр-Цирк составляет 15—20 м, а на карьере Центральный — 25—30 м. В исключительных случаях кратковременное заполнение достигало высоты 80 м.

Зависания руды в рудоспусках в основном происходят в зимнее время года. Экспериментальные исследования показали, что наиболее часто зависание в рудоспусках образуется при температуре воздуха в карьере от 0 до -7°C и содержании снега в рудной массе 5—7%. При температуре ниже -7°C снег становится более твердым и сухим и меньше спрессовывается. Зависания также увеличиваются при перепуске влажной рудной массы мелких фракций.

Зависания руды в рудоспусках чаще всего образуются непосредственно в стволе, приемном бункере или выпускном устройстве. К основным причинам зависаний относятся: смерзание руды, динамическое переуплотнение, заклинивание крупных кусков. В зависимос-

ти от места и причины образования зависания они ликвидируются путем: взрывания фугасных зарядов ВВ; использования реактивных снарядов; механического воздействия сжатым воздухом и др.

Наибольшее распространение получил взрывной метод ликвидации зависаний с помощью фугасных зарядов, вводимых в рудоспуск через выпускное отверстие или из смежных выработок. Ликвидация зависаний взрыванием фугасных зарядов небезопасна и приводит к большой загазованности и запыленности атмосферы.

Для ликвидации "высоких" зависаний используются заряды различных конструкций. Среди них различные динамореактивные системы ДРС (гранатометы). Ликвидация зависаний из крупных кусков руды производится после запуска трех-четырёх гранат (заряды массой от 2 до 12 кг).

Более безопасным является применяющийся в последнее время на некоторых предприятиях безвзрывной, так называемый пневмоимпульсный способ. В основу этого способа положено использование энергии сжатого воздуха под давлением 0,5—0,8 МПа, мгновенно выпускаемого из сосуда вместимостью 0,6—0,8 м³ через отверстие диаметром 200—250 мм. Управление работой пневмоимпульсной установки производится дистанционно. Направленный пневматический "взрыв" периодически разрыхляет и отбрасывает часть руды в пределах сферы действия потока, не загрязняя пылью атмосферу.

Кроме перечисленных, известны также способы ликвидации зависаний с помощью мощных струй воды, направленных сверху из карьера и одновременно снизу из подземных выработок. Испытывались также импульсные водометы (гидропушка). Эти средства целесообразны для применения в летнее время года. В зимних условиях испытания проводились путем отогревания смерзшейся руды электроэнергией с прокладкой вдоль ствола двух токопроводящих шин, с использованием лучевой энергии от квантовых генераторов (лазеров) и др.

Режим работы рудоспусков значительно зависит от особенностей их эксплуатации в различных горногеологических и климатических условиях. Немалое значение имеет организация загрузки рудоспусков. Устья капитальных рудоспусков для предотвращения попадания некондиционных кусков руды оборудуют колосниковыми грохотами, а в целях безопасности устраивают необходимые ограждения. Автосамосвалы большей частью разгружают руду около устья рудоспуска, а в рудоспуск руду сталкивают бульдозером. При этом автосамосвалы разгружаются со стороны наименее нарушенных пород. В суровые снежные зимы над устьями рудоспусков сооружают сборные шатры или навесы. Для перекрытия устьев рудоспусков служат металлические ляды и разгрузочные мосты. На рис. 87 показано ограждение устья рудоспуска, состоящее из металлической рамы, выполненной из швеллеров и двутавров № 30 и № 45, колосниковой решетки, прочных, полностью перекрывающих сечение рудоспуска двухстворчатых ляд и ограждения с двух нерабочих сторон рудоспуска. Ляды открываются с помощью двух электрических лебедок,

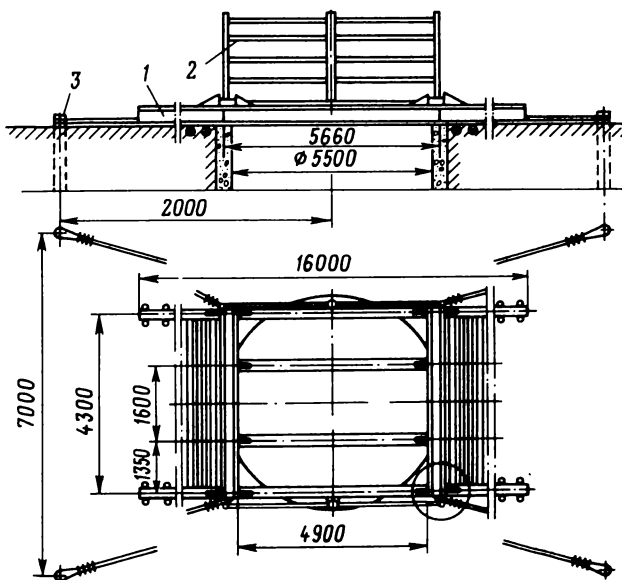


Рис. 87. Ограждение устья рудоспуска с металлическими лядами:

1 — рама; 2 — ограждение; 3 — растяжки, крепящие раму

установленных по краям рудоспуска. Устройство сплошных снегозащитных перекрытий имеет важное значение и должно быть обязательным в районах с большими снегопадами, метелями и буранами.

Размеры разгрузочных площадок принимаются не менее двух радиусов разворота автосамосвалов при тупиковой их подаче к рудоспуску и трех радиусов разворота при петлевом подъезде. В зависимости от расположения рудоспуска и мест разгрузки в него автосамосвалов подъезды устраивают с одной, двух или редко большего числа сторон. Площадка, на которой автосамосвалы маневрируют, предварительно выравнивается, планируется, укатывается или утрамбовывается. Иногда ее цементируют или обрабатывают с поверхности битумом.

Для постоянной очистки площадки от просыпающейся при разгрузке руды используют бульдозер.

Весьма ответственными элементами в эксплуатации рудоспусков являются выпускные устройства из рудоспусков в подземные транспортные средства (рис. 88).

Существует значительное число различных схем выпуска, отличающихся главным образом применяемыми средствами погрузки руды.

На выбор схем выпуска и его конструктивных параметров влияют гранулометрический состав перепускаемого материала, влажность,

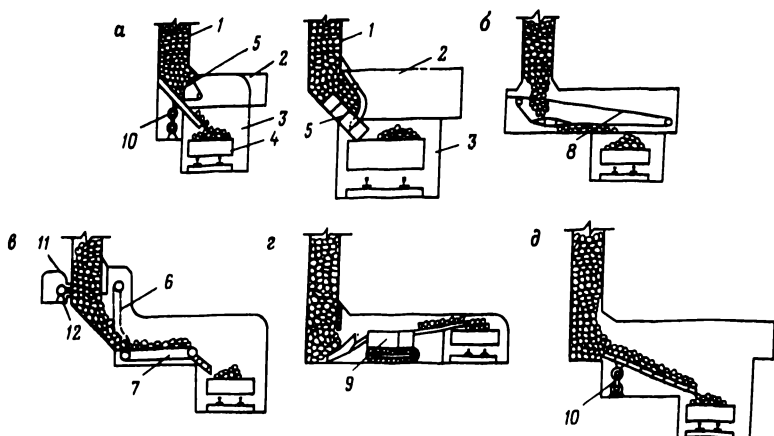


Рис. 88. Схемы выпуска и погрузки руды из рудоспусков:

a — гравитационная погрузка с механическим прерывателем потока; *б* — скреперная погрузка; *в* — погрузка с цепным затвором и пластинчатым питателем; *г* — погрузка механическим погрузчиком (экскаватор, погрузочная машина); *д* — погрузка вибропитателем; 1 — рудоспуск; 2 — погрузочная камера; 3 — откаточная выработка; 4 — транспортный сосуд; 5 — механический прерыватель потока; 6 — цепной затвор; 7 — пластинчатый питатель; 8 — скреперная установка; 9 — погрузочная машина; 10 — вибропитатель; 11 — камера; 12 — затвор

угол естественного откоса, склонность к слеживанию, а также вид транспорта и заданная производительность перегрузочного узла. При расчете конструктивных параметров выпускных устройств определяют ширину и высоту выпускного отверстия, тип затвора, вид оборудования для передачи горной массы до транспортного сосуда.

Наибольшее распространение получили схемы гравитационного выпуска с использованием различного типа механических затворов, отсекающих поток выпускаемого материала. Обычно при погрузке мелкокусковой руды в транспортные сосуды небольшой вместимости применяют секторные затворы, а при погрузке крупнокусковой руды и большой вместимости вагонов используют пальцевые затворы и вибраторы (рис. 89).

Параметры выпускного отверстия определяются по диаметру среднего куска крупной фракции руды. В практике размер отверстия принимают в 2,5—3 раза больше размера среднего куска руды. При этом рекомендуется принимать прямоугольную форму отверстия с соотношением его высоты h_0 к ширине b

$$h_0 = (0,6 \div 0,9) b. \quad (109)$$

Наиболее часто при эксплуатации карьерных рудоспусков применяют пальцевые затворы, изготавливаемые из рельсов (карьеры производственного объединения "Апатит"). Управление работой пальцевых затворов осуществляют дистанционно с использованием пневмоцилиндров.

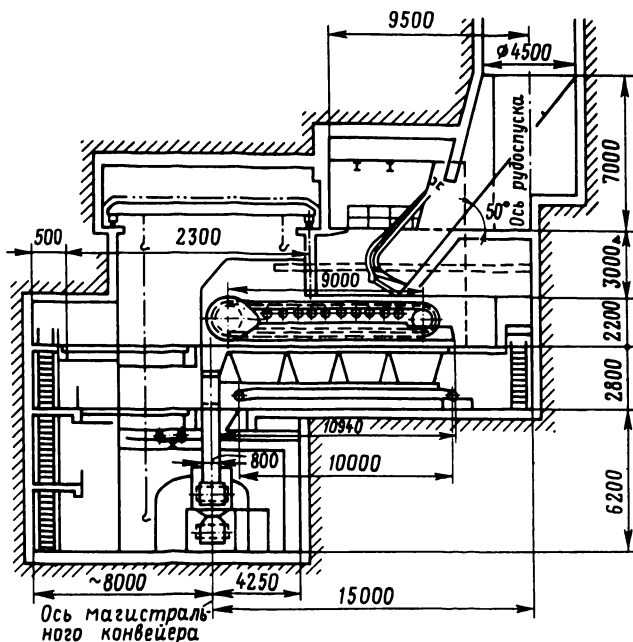


Рис. 89. Погрузка руды на конвейер с помощью пальцевого затвора и вибратора

Работоспособность люкового устройства значительно зависит от принятого угла наклона люка, который устанавливается экспериментально с учетом крупности, влажности, склонности руды к слеживанию, смерзанию и т. д. и, как правило, принимается равным около 45°

Для повышения интенсивности выпуска и предотвращения налипания мелкой руды на днище практикуют подогрев стенки или установку вибропитателя. Производительность таких люков достигает 0,7–1,0 млн. т в год. Использование вибропитателей на выпуске руды из рудоспуска позволяет упростить конструкцию выпускного устройства, выпускать различную по крупности горную массу с дроблением негабарита взрывами зарядов ВВ непосредственно на виброплощадке, сократить число зависаний в устье рудоспуска в связи с воздействием виброколебаний на столб руды. Обычно при установке вибропитателя глубина его заглубления составляет 0,5–1,2 м. Наиболее производительными и надежно работающими оказались выпускаемые в последнее время вибропитатели конструкции института Гипроникель.

Для весьма крупной руды выпуск и доставку ее из рудоспуска в дробилку наиболее часто производят с помощью пластинчатых питателей. Наиболее распространены пластинчатые питатели тяжелого типа, принимающие куски крупностью до 0,6 ширины полотна. При расчете номинальной производительности питателя предполагается

выход крупных кусков не более 10 % от общей массы поступающей руды. Весьма существенным недостатком пластинчатых питателей является значительная трудоемкость сооружения большой по размерам камеры и монтажа самого питателя.

§ 3. ПОДЗЕМНЫЕ ГРОХОТИЛЬНО-ДРОБИЛЬНЫЕ КАМЕРЫ И КОНВЕЙЕРНЫЕ СТОЛЫ

Разработка глубоких карьеров с применением подземных выработок и передачей руды через рудоспуски и наклонные столы может производиться по двум схемам. По первой схеме производятся грохотильно-дробильные работы в карьере и руда необходимой крупности подается в рудоспуски для транспортирования ее конвейерами или другим видом транспорта на поверхность. В этой схеме перегрузочный грохотильно-дробильный пункт ничем не отличается от рассмотренных выше, при автомобильно-конвейерном транспорте. Он размещается на одном из промежуточных горизонтов или в донной части карьера непосредственно над рудоспуском. Поступающая из рудоспуска руда питателем передается на конвейер.

По второй схеме в рудоспуск подается рядовая руда, которая доставляется из забоев автосамосвалами и разгружается без предварительного грохочения и дробления. В этом случае под рудоспуском (или рядом с ним) устраивается грохотильно-дробильный комплекс, представляющий собой ряд камер, в которых размещается грохотильно-дробильное оборудование. Далее дробленая руда транспортируется по наклонному столу конвейерами или другим видом транспорта. Капитальные затраты при этой схеме на сооружение грохотильно-дробильного комплекса обычно на 15—25 % выше, чем при сооружении перегрузочного пункта в карьере. Однако из-за сложности организации горных и транспортных работ в карьере часто предпочтение отдается второй схеме. По этой схеме производственная мощность карьера глубиной 200 м и более при наличии одного наклонного конвейерного ствола может достигать 30—35 млн. т в год.

Схема с размещением грохотильно-дробильного комплекса под землей в специально устроенных для этого камерах имеет следующие преимущества:

- 1) производство работ в карьере не связано с выполнением грохотильно-дробильных операций, устройством здания перегрузочного пункта, его последующим переносом и т. д.;
- 2) применяется упрощенная транспортная схема, а перемещение горной массы преимущественно производится вниз к устью рудоспусков, расположенных в донной части карьера;
- 3) отсутствует необходимость в оставлении целиков под перегрузочные пункты и перегрузочные площадки, не сокращается рабочая зона карьера для их размещения;
- 4) отсутствует опасность сейсмического воздействия взрывов на грохотильно-дробильное оборудование;
- 5) появляется возможность увеличения допустимых углов накло-

на бортов карьеров вследствие оставления на них лишь вспомогательных транспортных коммуникаций, которые могут быть совмещены с бермами безопасности. Так на Сарбайском карьере ССГОКа при переходе на эту схему с гор. —80 м было определено, что угол погашения борта карьера увеличивается на $3-5^\circ$, а объем вскрышных работ сокращается на 100—120 млн. м³ или при сохранении проектных контуров карьера предельная его глубина увеличивается с 625 до 700 м;

6) исключается опасность нарушения транспортных коммуникаций при оползневых явлениях, облегчается уход и содержание за коммуникациями при суровых зимах, сильном снеготаянии, ливнях и т. д.;

7) появляется возможность одновременно осуществлять комплекс других мероприятий: дренаж месторождения, упрощенную подготовку новых горизонтов, водоотлив из карьера, энергоснабжение глубоких горизонтов, сокращение длины линий электропередач и снижение аварийных простоев горного оборудования, обеспечение спуска и подъема людей и материалов и т. д.;

8) создаются благоприятные условия для последующей подземной доработки запасов. Так, на Сарбайском карьере при вскрытии нижних горизонтов подземными выработками в дальнейшем объем работ сократится на 120—140 тыс. м³, что позволит уменьшить капитальные затраты на 8—10 млн. руб., а также снизить сроки строительства подземного рудника на 3—5 лет.

Несмотря на это, разработка глубоких карьеров с использованием подземных выработок и устройством камер для грохочения и дробления руд имеет также ряд существенных недостатков:

большие капитальные затраты; сложность обслуживания комплекса и сложность грохочения и дробления в подземных условиях; необходимость перепуска по рудоспуску крупнокусковой руды и сложность ее выпуска и т. д.

Отличительной особенностью сооружения подземного грохотильно-дробильного комплекса (состоящего из ряда камер), предназначенного для дробления руды, поступающей в него из карьера, через капитальные рудоспуски, по сравнению с шахтным, располагаемым возле околоствольного двора, является отсутствие выработок, связанных с подземным транспортом, что приводит к изменению конструктивных параметров камер. Следует отметить, что на современных крупных рудниках, разрабатывающих месторождения крепких руд, накоплен богатый опыт и широко применяется подземное дробление в специальных дробильных установках. С увеличением глубины разрабатываемых карьеров создаются благоприятные условия для вскрытия и доработки запасов нижних горизонтов с использованием подземных выработок. В этом случае существующий подземный дробильный комплекс после определенной реконструкции может быть использован для дробления перепускаемой из карьера руды и последующей выдачи ее по конвейерному стволу на рудоподготовительный комбинат.

Сооружение подземных дробильных комплексов под карьерными

Таблица 56

Показатели	Дробилки			
	С-886	С-887	С-888	ККД-1200x150
Производительность, тыс.т/год	2200	3700	8100	8400
Объем горно-строительных работ, м ³	2300	4070	5500	10480
Общая стоимость комплекса, тыс. руб.	345	456	636	840

рудоспусками связано со значительными объемами горно-капитальных работ, так как при этом необходимо иметь камерные выработки больших размеров. В отечественной практике объемы камерных выработок в зависимости от числа и типоразмера дробилок составляют от 2,5 до 10—12 тыс. м³ (табл. 56).

Объем дробильных камер (в м³) сооружаемых под карьерными рудоспусками может быть определен по формуле

$$V_{д.к} = 5,35B_{щ} - 2500, \quad (110)$$

где $B_{щ}$ — ширина приемного отверстия щековой дробилки, мм.

Выработки дробильного комплекса включают камеры, в которых расположены дробилки, приводы, питатель, монтажный кран или лебедка. В нижней части камеры дробильной установки располагается собственно дробилка и ее привод, маслостанция и в отдельных случаях распределительная и пусковая электроаппаратура.

Под выпускным отверстием дробилки устраивается разгрузочная щель, ширина которой определяется размерами дробленого материала. Фундамент дробилки, боковые стенки и днище щели, а также остальные камеры крепятся бетоном.

Для удобства монтажа, демонтажа и выполнения ремонтных работ в камере дробильного комплекса размещаются мостовые краны грузоподъемностью от 10 до 50 т, имеются тали грузоподъемностью 5 т и монтажные лебедки.

К камере дробильной установки конструктивно примыкают следующие вспомогательные выработки: камера распределительного пункта, камера аспирационной установки и монтажно-ходовые выработки.

Компоновка технологического оборудования и конструктивные параметры грохотильно-дробильного комплекса показаны на рис. 90.

Техническая характеристика дробилок, устанавливаемых в подземных камерах, приведена в табл. 57.

В настоящее время при эксплуатации дробильных комплексов применяются в основном щековые дробилки, реже — конусные. Сопоставление их характеристик показывает, что при одинаковой ширине приемного отверстия конусные дробилки в 1,8—2,5 раза имеют большие размеры и в 1,9—2,6 раза дороже щековых дробилок.

Таблица 57

Показатели	Дробилки					
	щечковые			конусные		
	C-886	C-887	C-888	ККД-900/130	ККД-1200/150	ККД-1500Б/180
Производительность, м ³ /ч	130	220	450	320	560	1150
Размеры загрузочного отверстия, мм:						
ширина	900	1200	1500	900	1200	1500
длина	1200	1500	2100	—	—	—
Максимальный размер загружаемых кусков, мм	700	1000	1200	750	1000	1200
Ширина выпускной щели, мм	130	150	180	130	150	180
Эксцентриситет вала, мм	30	35	42	—	—	—
Число качаний дробящего конуса в 1 мин	—	—	—	140	120	80
Мощность электродвигателя, кВт	100	160	250	250	320	400
Частота вращения, мин ⁻¹	170	135	100	735	590	590
Размеры, мм:						
длина	4850	6400	7350	6940	12070	13410
ширина	5840	6550	6800	3940	4640	5894
высота	2970	3930	4800	5440	6545	7600
Масса без электрооборудования, т	69,6	137,0	235,0	134,5	228,2	393,0

В то же время производительность конусных дробилок в 2,5–3 раза выше производительности соответствующих типоразмеров щечковых дробилок. Целесообразность применения того или иного типа

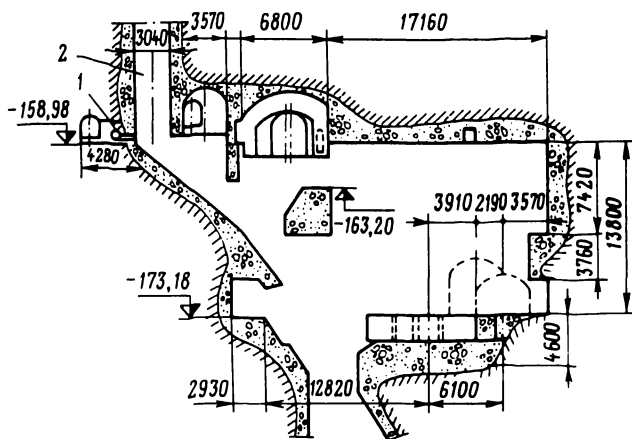


Рис. 90. Конструктивные параметры камер подземного грохотно-дробильного комплекса:

1 — пневмоустройство для ликвидации зависаний; 2 — рудоспуск

Таблица 58

Типоразмер питателя	Ширина полотна, дм	Длина питателя, дм	Скорость движения полотна, м/с	Масса, т
1-16-45	16	45	0,02—0,08	45
1-16-90	16	90	0,02—0,06	62
1-16-150	16	150	0,02—0,06	85
1-18-60	18	60	0,02—0,06	55
1-18-120	18	120	0,02—0,06	81
1-18-180	18	180	0,02—0,06	107
1-25-90	25	90	0,02—0,06	82
1-25-120	25	120	0,02—0,06	117
1-25-180	25	180	0,02—0,06	133

Таблица 59

Глубина карьера, м	Производственная мощность карьера, млн. т			
	5	10	20	30
200	0,95	1,90	3,82	5,72
400	2,38	4,76	9,53	14,29
600	4,76	9,53	19,05	28,58

дробильного оборудования устанавливается на основании технико-экономического анализа.

Технологически дробилки связаны с питателями, которые равномерно подают руду из карьерных рудоспусков в камеру дробления. В горнорудной промышленности наиболее распространены тяжелые питатели пластинчатого типа, предназначенные для транспортирования высокоабразивной крупнокусковой горной массы.

Характеристика пластинчатых питателей приведена в табл. 58.

В среднем затраты на проходку 1 м³ выработок дробильного комплекса, с учетом затрат на бетонирование фундаментов под технологическое оборудование, при крепости пород 8—10 по шкале проф. М.М. Протодяконова составляют 45—50 руб.

Ориентировочные капитальные затраты (в млн. руб.) на сооружение дробильных комплексов, оборудованных щековой дробилкой с приемным отверстием 1200х1500 мм, в зависимости от глубины карьера приведены в табл. 59.

Затраты на сооружение одного подземного дробильного комплекса (в руб.) .

$$K_{д.к} = (0,49V_{щ} - 90) \cdot 10^3 (П_{к} + 1) / П_{д.к}, \quad (111)$$

где $П_{к}$ — годовая производственная мощность карьера, млн. т;
 $П_{д.к}$ — годовая производительность дробильного комплекса, млн. т.

На действующих карьерах при переходе на автомобильно-конвейерный транспорт нередко, как было указано выше, возникает необходимость в прокладке конвейеров в наклонных стволах. Наклонные

стволы строятся таким образом, чтобы в них могли разместиться один или два конвейера. Вторым конвейер в большинстве случаев является резервным. Наиболее часто в конвейерных стволах предусматривается размещение одного конвейера. Но если по производственной мощности карьера требуется наличие двух конвейеров, то проходится второй ствол. Такие стволы строятся последовательно. В некоторых случаях они располагаются на определенном расстоянии друг от друга (в зависимости от целесообразности устройства грохотильно-дробильных пунктов и расстояний откатки автосамосвалами). В стволах укладывают ленточные и канатно-ленточные конвейеры с лентой шириной от 800 до 3000 мм. Угол наклона конвейеров достигает $16-18^\circ$. Площадь поперечного сечения ствола в проходке для одного конвейера составляет $15-18 \text{ м}^2$, в свету — $12-14 \text{ м}^2$. Площадь поперечного сечения стволов для двух конвейеров — соответственно $24-28 \text{ м}^2$ и $20-23 \text{ м}^2$.

Конвейерный ствол в процессе проходки покрывается торкрет-бетоном (толщина слоя до 50 мм). По кровле устанавливаются металлические полосы шириной 300—500 мм и толщиной до 10 см с шагом между ними в 3—4 м. В кровлю выработки с интервалом в 1000 м вводят штанги длиной 1,5—1,8 м. Затем их бетонируют. Для армирования железобетона используется горячекатаная сталь-5. Примерный расход бетона на 1 м ствола составляет $3,5-5 \text{ м}^3$. Толщина железобетонного крепления в зависимости от состояния пород принимается от 200 до 300 мм. Расход арматуры составляет от 130 до 180 кг/м³. Монолитное железобетонное крепление с повышенным до 180 кг/м³ расходом арматуры используется для участков нарушенных пород и устьев стволов.

Пол выработки бетонируется бетоном марки не ниже — 100. При бетонировании в пол закладывают шпалы для узкоколейного пути. Под конвейером устраивается двусторонний скат с канавкой посередине для сбора воды, с помощью которой смывается просыпанный транспортируемый материал.

Стволы для установки одного конвейера (рис. 91) имеют с одной стороны проходы для перемещения людей, осмотра и ремонта конвейера, с другой — для устранения неполадок на конвейере. В первом случае ширина прохода составляет 850—950 мм, во втором — 600—650 мм. Вдоль прохода для людей устраиваются металлические перила. Пол в проходах имеет небольшой до 2 % уклон к оси выработки. Сверху он покрывается сходящими из досок или брусьев.

При ширине ствола в проходке 4800—5000 мм и высоте до 4000 мм можно использовать конвейер с лентой шириной 1800 мм. В тех случаях когда при одном конвейере в стволе предусматривается размещение фуникулера, ширина ствола увеличивается до 6100—6400 мм, а высота до 4300 мм (рис. 92). Фуникулер служит для перемещения в стволе людей, различных материалов, запасных частей и агрегатов для конвейера. Вагон фуникулера движется по рельсовому пути (рельсы Р-33) с колеей, обычно равной 900 мм. Габарит фуникулера по ширине принимается 1450—1500 мм.

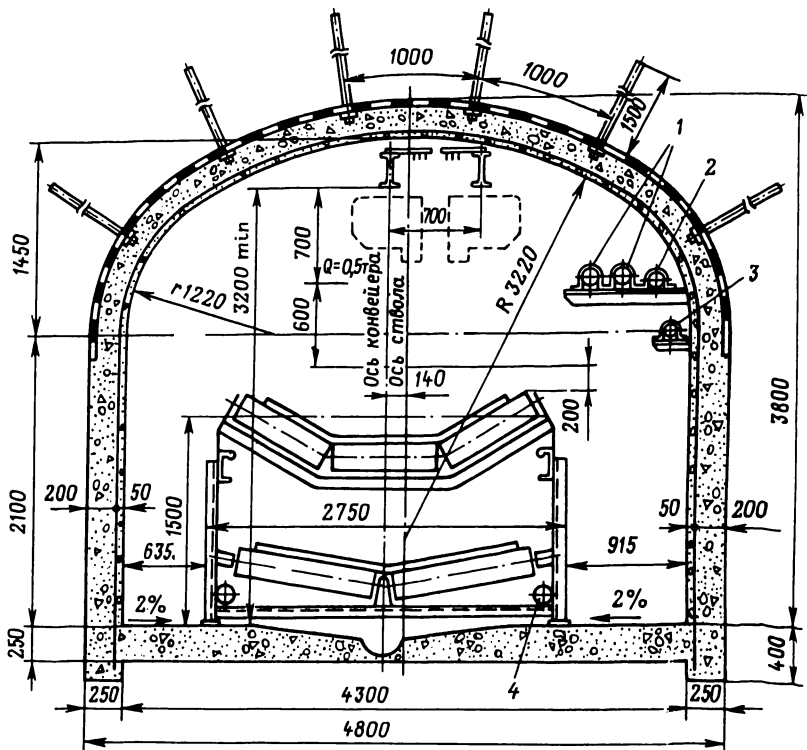


Рис. 91. Наклонный ствол для установки одного конвейера:

1 — трубопроводы водоснабжения; 2 — трубопровод сжатого воздуха; 3 — трубопровод кислорода; 4 — перфорированная труба для смыва

Над конвейером для облегчения его монтажа и демонтажа устанавливают монорельсы для движения талей грузоподъемностью до 0,5 т. Монорельсы крепятся к кровле ствола. Кроме того, в стволе укладывают трубопроводы для подачи воды, сжатого воздуха и кислорода, электрокабели, перфорированный трубопровод для смыва просыпи и т. д. В стволах, нуждающихся в обогреве, кроме того, прокладывают трубопроводы системы отопления. По оси конвейера на потолке ствола устанавливают светильники.

При размещении в стволе двух конвейеров (рис. 93) и необходимости устройства фуникулера последний обычно размещается между конвейерами. В некоторых случаях его заменяют монорельсовой грузоподъемной дорожкой. Монорельсы служат для движения по ним людских вагонов или грузовых платформ грузоподъемностью до 2 т. Ширина грузоподъемной дорожки обычно составляет 1400—1500 мм. Наличие в стволе двух конвейеров ведет к увеличению ширины ствола в проходке до 7500—8000 мм. При устройстве монорельсовой дорожки высота ствола может быть не более 4000 мм.

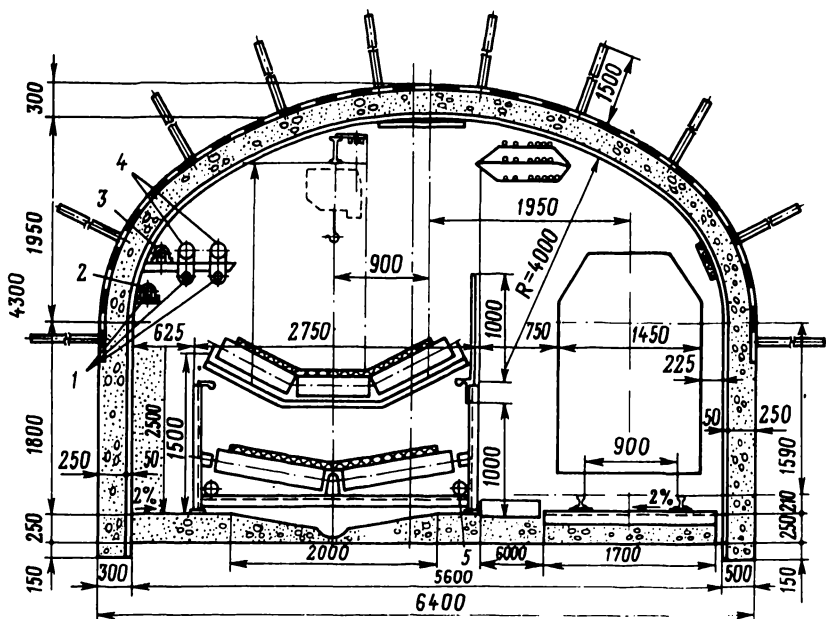


Рис. 92. Наклонный ствол для установки одного конвейера с фуникулером:
 1 — трубопроводы водоснабжения; 2 — трубопровод кислорода; 3 — трубопровод сжатого воздуха; 4 — трубопроводы системы отопления; 5 — перфорированная труба для смыва просыпи

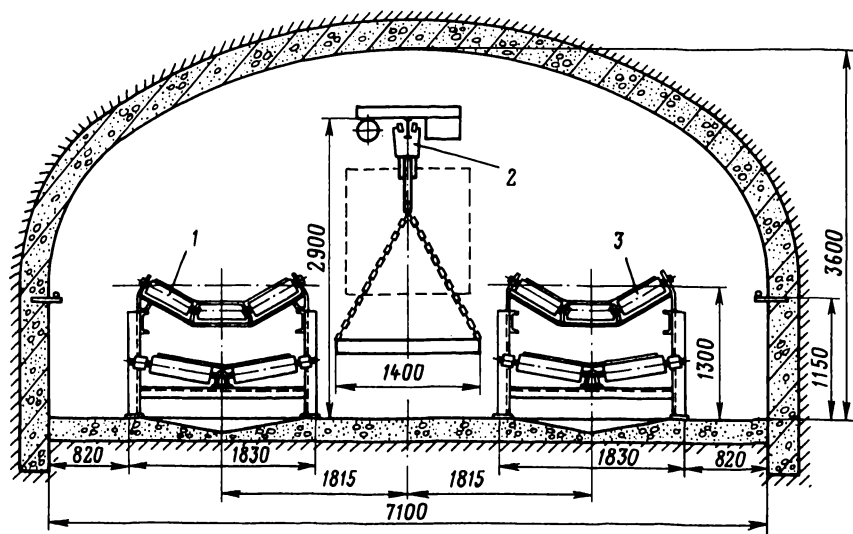


Рис. 93. Наклонный ствол для установки двух конвейеров:
 1, 3 — конвейеры; 2 — монорельсовая грузоподъемная дорожка

§ 4. ТОННЕЛИ И ШТОЛЬНИ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Тоннели и штольни позволяют расширить зону эффективного использования железнодорожного транспорта без дополнительного разноса бортов и интенсифицировать отработку месторождения. При этом обеспечивается оптимальная высота подъема горной массы с нижних горизонтов до внутрикарьерных перегрузочных и усреднительных складов, достигается увеличение углов погашения бортов карьера и соответствующее снижение коэффициента вскрыши. Постоянство транспортных коммуникаций создает условия для более производительной работы железнодорожного транспорта, благоприятствует применению средств автоматизации и внедрению средств СЦБ.

В практике открытых горных работ тоннели применяются сравнительно редко. В качестве примера тоннелей с выходом на поверхность (склона возвышенности) можно назвать тоннели наиболее глубокого карьера мира Бингхем Каньон (шт. Юта, США), имеющего глубину около 800 м. Из карьера на разных горизонтах пройдены три тоннеля для железнодорожного транспорта, длина которых составляет 971, 1859 и 5200 м. По тоннелям руда вывозится на обогатительную фабрику, а породы — в отвалы. Площадь сечения тоннелей в свету 4,87 x 5,48 м. Обделка тоннелей — железобетонная, толщина изменяется от 600 до 1200 мм. В тоннелях уложен одноколейный железнодорожный путь. Перед входом в тоннель имеется стопорная блокировка, позволяющая выключить контактную сеть в случае схода локомотивосостава с рельсов.

На карьерах производственного объединения "Апатит" для вскрытия месторождения пройдены капитальные штольни. Руда внутри карьеров транспортируется автосамосвалами до рудоспусков, которые в нижней части сбиты общей для обоих карьеров штольней (Расвумчоррский тоннель). Из карьера Центральный пройдены три рудоспуска высотой до 600 м, из карьера Расвумчорр-Цирк — два рудоспуска. На эту же штольню выведены два рудоспуска, которые относятся к Расвумчоррскому подземному руднику. Подземные рудники Юкспор и им. Кирова также вскрыты с помощью рудоспусков и самостоятельной штольни. Характеристика пути, расположенного в штольне производственного объединения "Апатит", представлена в табл. 60.

Общая протяженность штолен составляет 12227 м.

Уклоны, принятые в штольнях по продольному профилю, составляют от 2,5 до 10 %. Площадь сечения различных участков штолен в свету изменяется в зависимости от типа крепления и свойств пород от 37 до 44 м²

В последние годы институтом Гипроруда предложена проходка внутрикарьерных наклонных штолен, обеспечивающих использование железнодорожного транспорта на более глубоких горизонтах карьера.

В настоящее время заканчивается проходка наклонных двух соприлегающих штолен для выхода на нижние горизонты Сарбайского

Таблица 60

Путь	Тоннель		Путь	Тоннель	
	Рас- вум- чор- рский	Юкс- пор- ский		Рас- вум- чор- рский	Юкс- пор- ский
Главный, м	4662	2634	Нового участка штольни, м Улавливающего тупика "Юкспорского тоннеля", м	740	—
Станционный, м	869	539			
Обгонный №3, м	1413	—			
Станционный №2, м (ст. Центральная)	1285	—		—	85

карьера Соколовско-Сарбайского ГОКа (рис. 94). Устройство штолен позволяет увеличить глубину использования железнодорожного транспорта, сократить расстояние автомобильной откатки до перегрузочных пунктов в железнодорожный транспорт, создать условия для развития железнодорожных путей (с допустимыми радиусами закруглений), избежать большого разноса бортов карьера и т. д.

Штольни грузового и порожнякового направлений состоят из двух пар наклонных ветвей: верхних и нижних, которые сопряжены между собой вытяжными тупиками, расположенными на горизонтальных площадках. Руководящий уклон верхней и нижней ветвей каждого направления составляет 34 %. Ввод в эксплуатацию штолен первой очереди позволит увеличить глубину разработок на 70 м и использовать при этом железнодорожный транспорт. Кроме того, с помощью системы постоянных съездов транспортные коммуникации удастся опустить еще на 80 м. Общая протяженность однопутных штолен первой очереди составляет 5330 м. В перспективе намечается строительство второй очереди штолен с руководящим уклоном 34 %. Общая протяженность однопутных штолен второй очереди — 5663 м. С пуском второй очереди путевое развитие достигает своей окончательной глубины до отметки —200 м, т. е. порядка 400 м от уровня поверхности.

Штольни Сарбайского карьера (рис. 95) запроектированы для габарита подвижного состава 1Т и имеют высоту в свету 7650—8050 мм и ширину понизу 5100 и 6350 мм. Основанием для шпал служит бетонная подушка толщиной 900 мм, имеющая по краям канавки для отвода воды сечением 0,6 м². Рельсы предусмотрены типа Р-65 кг/пм. В проекте предложены три типа крепления: железобетонные штанги в кровле и набрызгбетон, железобетонные штанги, железобетонный свод и набрызгбетон стен и, наконец, железобетонные штанги в качестве временной крепи и в постоянном исполнении железобетон.

Железобетонные штанги имеют длину 1,8 и 2,5 м. Набрызгбетон применяется марки М-300, монолитный бетон марки М-150, для основания пути применяли бетон марки М-100. Площади сечения штолен приведены в табл. 61.

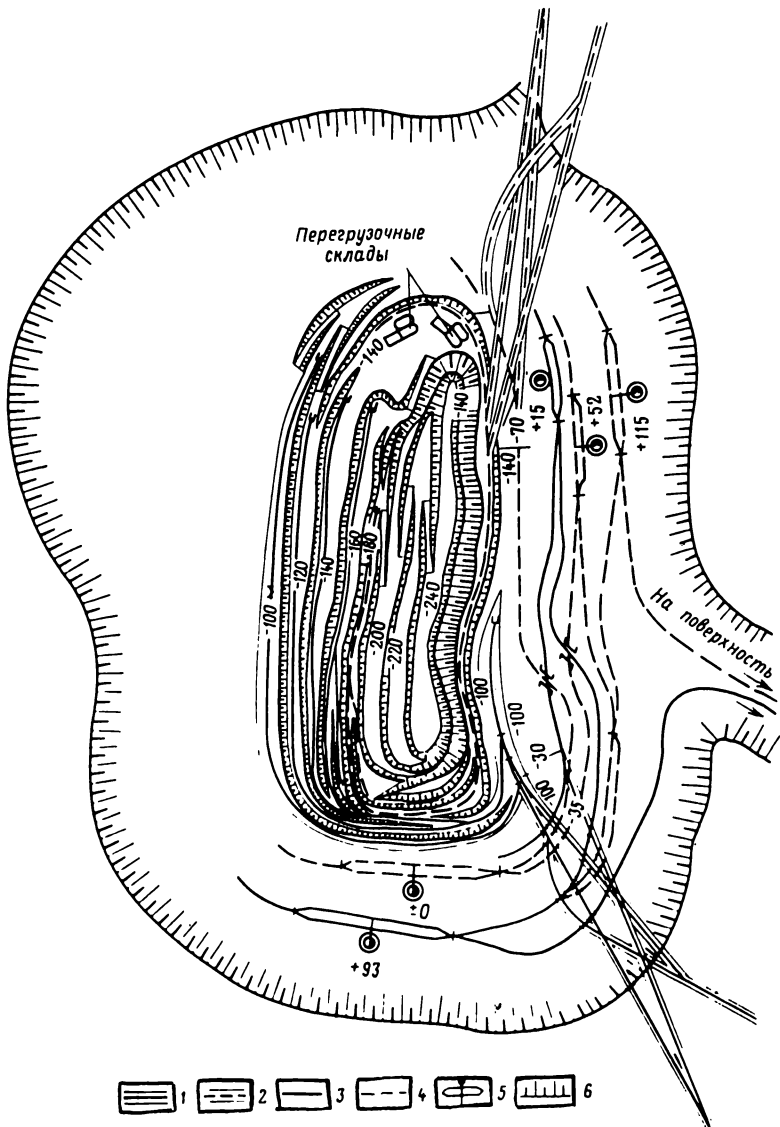


Рис. 94. Схема вскрытия глубинных горизонтов Сарбайского карьера ССГОКа наклонными штольнями:

1 — штольни I очереди с железнодорожными путями; 2 — штольни II очереди; 3 — железнодорожные пути для штолен I очереди; 4 — железнодорожные пути для штолен II очереди; 5 — железнодорожные станции; 6 — контур карьера

Таблица 61

Сечение	Крепи	Площадь сечения, м ²	
		в свету	в проходке
I	Железобетонные штанги и набрызгбетон	37,0	40,7
II	Железобетонные штанги, железобетонный свод и набрызгбетон стен	37,6	43,8
III	Железобетонные штанги и монолитный бетон	36,9	47,7

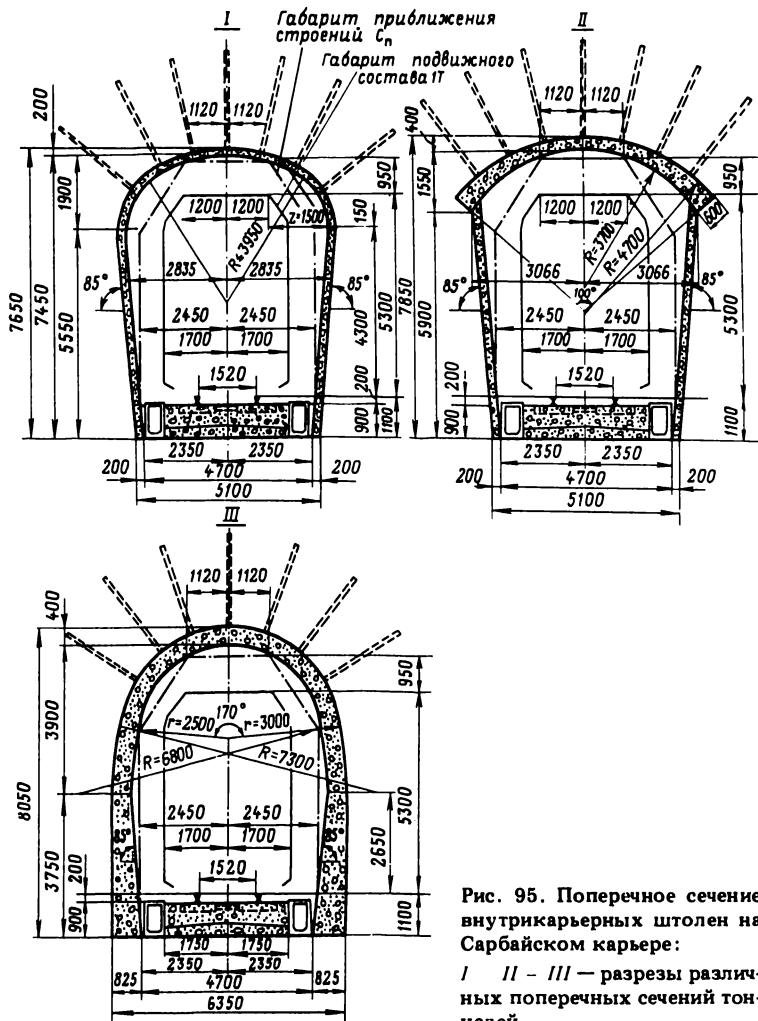


Рис. 95. Поперечное сечение внутрикарьерных штолен на Сарбайском карьере:

I II - III - разрезы различных поперечных сечений тоннелей

Опыт строительства карьеров показывает, что большинство штолен однопутные, они проходятся сечением в свету 35—45 м², а двухпутные — до 60—70 м². Руководящие уклоны железнодорожных трасс изменяются от 3 до 35 %, на магистральном транспорте — от 1,5 до 30 %.

Пропускная способность штолен (в сутки) при тупиковой форме трассы (типа Сарбайского карьера ССГОКа) при наличии грузового и порожнякового направлений составит:

для грузового направления

$$N_{\text{гр}} = \frac{60(T_{\text{р}} - T_{\text{п.з}})}{t_{\text{отп}} + 2t_{\text{гр}} + t_{\text{ост}} + t_{\text{пр}}}; \quad (112)$$

$$t_{\text{отп}} = t'_{\text{м}} + t_{\text{вых}}; \quad t_{\text{пр}} = t''_{\text{м}},$$

где $T_{\text{р}}$ — время работы транспорта в сутки, мин; $T_{\text{п.з}}$ — время на подготовительно-заключительные операции в сутки, мин; $t_{\text{отп}}$ — время на отправление поезда, мин; $t_{\text{гр}}$ — время движения в грузовом направлении (причем $V_{\text{гр}} \leq 15$ км/ч), мин; $t_{\text{ост}}$ — время остановки в вытяжном тупике, мин; $t_{\text{пр}}$ — время на прием поезда, мин; $t'_{\text{м}}$ — время подготовки стрелочного маршрута, открытия выходного сигнала, восприятия его показания машинистом, подачи сигнала отправления и приведения поезда в движение, мин; $t_{\text{вых}}$ — время прохода поездом расчетного расстояния, мин; $t''_{\text{м}}$ — время подготовки стрелочного маршрута и открытия входного сигнала, мин; $t_{\text{вх}}$ — время проезда поездом расчетного расстояния, мин;

для порожнякового направления

$$N_{\text{пор}} = \frac{60(T_{\text{р}} - T_{\text{п.з}})}{t_{\text{отп}} + 2t_{\text{пор}} + t_{\text{ост}} + t_{\text{пр}}}; \quad (113)$$

где $t_{\text{пор}}$ — время движения в порожняковом направлении, мин.

Большинство тоннелей и штолен проходятся буровзрывным способом.

Перспективные направления тоннелестроения свидетельствуют о целесообразности применения тоннелепроходческих комплексов, которые постепенно вытесняют буровзрывной способ. Скорость проходки тоннелей и штолен в зависимости от способа проходки, местных горнотехнических, климатических и других условий составляет от 50 до 400 м/мес. Большинство из них крепится набрызгбетоном, в более редких случаях используется железобетон. Для крепления порталов, припортальных участков, участков со слабыми породами и сопряжений с монолитной бетонной отделкой применяется бетон М-200—М-300. Затраты на проходку 1 м тоннелей и штолен изменяются от 2 до 10 тыс. руб.

Обычно тоннели и штольни имеют прямолинейное направление трассы. Людские ниши и камеры устраиваются в соответствии с действующими положениями: ниши по обеим сторонам располагаются

в шахматном порядке, через каждые 25 м, камеры через 50 м. Напряжение сети общего освещения 380/220 В. Минимальная освещенность на уровне головки рельсов принимается не менее 1 лк. Напряжение в контактной сети составляет 3300 В. Высота подвески контактного провода составляет 5300—5500 мм. Наиболее часто в качестве средств СЦБ в выработках и на поверхности применяется полуавтоматическая блокировка с релейно-маршрутной централизацией*

Железнодорожный транспорт в туннелях обслуживают: служба безопасности, служба пути, служба контактной сети, служба СЦБ и связи. На основании действующих ПТЭ в период непосредственной эксплуатации проведение каких-либо работ по обеспечению безопасности движения, профилактики, обследованию состояния горных выработок и обустройств исключено без предоставления специальных "окон". Обеспечение безопасной работы подвижного состава являет-

Таблица 62

Осмотр	Выполняемая работа	Периодичность	Применение
Постоянный технический	Визуальный осмотр состояния пути, контактной сети, свода и стен	Два раза в сутки	В междуменные перерывы
Текущий	Выявление и устранение дефектов в обделке и прочих обустройствах штолен	Один раз в неделю	В период проведения массовых взрывов
Периодический	Тщательный осмотр контактной сети, состояния пути с проверкой по уровню и шаблону и устранение неисправностей	Два раза в год	Весной и осенью
Специальный	Детальная проверка состояния штольни и всех ее обустройств, проверка состояния обделки. Проверка габарита	При возникновении серьезных нарушений в состоянии и обнаружении деформаций	Немедленно при обнаружении
Стационарный	Определение общего состояния штольни для составления заключения по характеру и способам устранения возникших дефектов и локализации происходящих деформаций	Постоянно в течение всего времени эксплуатации	Получение данных наблюдений и их анализ
	Наблюдения за состоянием воздуха, обводненностью, устранением деформации в обделке, коррозий рельсов и креплений и т. д.		

* Нижеследующий текст относится в основном к капитальным штольням.

ся основным требованием и в этой связи, при обнаружении неисправностей, угрожающих работе подвижного состава, эксплуатация тоннеля прекращается, независимо от других технологических процессов, с предоставлением на весь период нерегламентированных окон. Практически все основные работы по содержанию выработок (за исключением осуществляемых в нерегламентированные окна) проводятся во время массовых взрывов, в установленный на предприятии день каждой недели при полном прекращении технологических перевозок. В условиях производственного объединения "Апатит" продолжительность предоставляемого окна составляет около 6 ч.

При эксплуатации штолен особо важное значение имеет служба безопасности тоннелеобслуживания, в функции которой входят: текущее содержание и ремонт обделки, проверка состояния анкерной крепи, оборка заколов и их уборка, скалывание льда, чистка лотков, ремонт и замена надкуветных перекрытий, уборка просыпавшегося при транспортировании груза и др. Наиболее ответственной операцией является оборка заколов, образующихся обычно вследствие горного давления, сейсмичности, как результат проведения массовых взрывов в карьере, динамического воздействия подвижного состава на тоннелях. Обследование состояния крепи, незакрепленных участков штольни и оборка заколов производятся со специальной вышки, которая монтируется на железнодорожной платформе. Осуществляет оборку обычно специальная бригада, с использованием ряда ручных инструментов и приспособлений. Состав и периодичность работ по содержанию штолен приведены в табл. 62.

§ 5. УСТРОЙСТВО ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ В ШТОЛЬНЯХ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Строительство железнодорожных путей в тоннелях и штольнях имеет некоторые специфические особенности, отличные от строительства путей на поверхности. Предъявляемые к ним требования сводятся главным образом к повышению прочности, надежности и устойчивости. Используются рельсы только первого сорта, изготовленные мартеновским способом. Наиболее часто используются рельсы Р-65. Путь может быть звеньевой и бесстыковой. Для сокращения сроков ремонтных работ и улучшения условий работы верхнего строения пути укладываются рельсы длиной 25 м или сварные плети длиной 50—100 м. В выработках длиной более 300 м, как правило, укладывается бесстыковой путь, так как в них температурные колебания значительно меньше, чем на открытых участках.

Пути укладываются на деревянных и железобетонных шпалах и железобетонных плитах. Деревянные шпалы сосновые, обычно I типа, пропитываются креозотом. Рельсы со шпалами соединяются с помощью костыльных скреплений смешанного типа. Наиболее рациональными для подземных условий являются скрепления раздельного типа с упругими прокладками между подошвой рельса и подклад-

кой, а также подкладкой и верхней постелью шпалы. В последнее время в качестве материала для них используется кордрезина и различные синтетические материалы. Число шпал на 1 км пути в тоннелях больше, чем на поверхности, и достигает 2000.

Для обеспечения высокой надежности пути особые требования предъявляются к балласту. В качестве балласта применяют щебень из твердых пород с пределом прочности не менее 8 кН/см^2 . Крупность зерен составляет 25—70 мм. Загрязненность балласта глинистыми примесями не должна превышать 1 %. Для защиты балласта от загрязнения и лучшей подбивки под шпалы в верхней части балластной призмы укладывается щебень мелких фракций, обычно от 10 до 25 мм. Толщина щебеночного балласта под шпалой в тоннелях и на подходах к ним принимается не менее 25 см. Общая толщина балластного слоя, как правило, составляет 45 см.

В последнее время в железнодорожных тоннелях и штольнях применяется устройство пути на жестком бетонном основании с водоотводным лотком посередине или с обеих сторон у стен тоннеля. При этом типе верхнего строения пути основанием рельсо-шпальной решетки служит бетон М-100 и М-150 толщиной слоя не менее 40 см, укладываемый на подготовку из тощего бетона. Общая толщина бетонного слоя, включая подготовку, составляет 80—90 см. Поверхность бетонного слоя выполняется ровной с общим уклоном в сторону водоотливных лотков не менее 2 %. Внутренние размеры водоотливных лотков рассчитаны на максимально возможный приток воды, но не менее 30х30 см.

Для установки противоугонов вдоль шпал со стороны ожидаемого угона устраиваются приямки. Во избежание утечки тяговых и сигнальных токов металлические части верхнего строения пути не должны соприкасаться с путевым бетоном, кроме того, при применении деревянных шпал необходимо, чтобы верх балластной призмы был на 3 см ниже их поверхности.

В действующих штольнях производственного объединения "Апатит" применяются две конструкции пути. Одна на деревянных полшпалах, уложенных в бетон, другая — на деревянных шпалах, уложенных на балласт. В результате многолетней эксплуатации железнодорожных путей на комбинате установлено, что железнодорожный путь на балласте позволяет легко проводить текущий ремонт.

Для обеспечения большей надежности и долговечности рельсо-шпальной решетки и обеспечения безаварийности движения составов в тоннелях применяется путевой бетон с железобетонными элементами: шпалами, полушпалами и плитами.

Из различных существующих конструкций железобетонных шпал рекомендуются шпалы С-56-2М с промежуточными скреплениями КБ65, с упругими прокладками и подкладками. Еще более надежным может быть признан путь на железобетонных плитах. Особенно целесообразно применение такой конструкции в однопутных выработках с длительным сроком существования, где большое значение приобретает прочность и надежность пути. В качестве железобетонных

шпал могут использоваться плиты ПДЖК-72. Основными преимуществами пути на жестком бетонном основании являются: сокращение времени, необходимого для текущего содержания пути по сравнению с укладкой пути на балласт и при деревянных шпалах, отсутствие загрязнений, неизбежных при наличии балласта, возможность очистки пути промывкой и его устойчивость. К недостаткам пути на жестком основании относятся большая жесткость, а также сложность замены шпал, втопленных в бетон.

Скорость движения поездов при жесткой бетонной подготовке пути принимается не более 25 км/ч.

Особое внимание при эксплуатации железнодорожных путей в штольнях должно уделяться его содержанию, регулярному осмотру перед каждой сменой, проверке качественного его состояния. Основными дефектами пути обычно являются просадка шпал и нарушение бетонного основания, различные дефекты рельсов, подверженность их коррозии. Из-за последней причины рельсы на производственном объединении "Апатит" работают не более 2,5—3 лет.

Наиболее радикальным средством улучшения условий содержания пути в штольнях являются хорошая вентиляция и полный водоотвод. От химической коррозии, помимо рельсосмазываний, применяются предохранительные покрытия из краски, асфальтового лака, смолы, известкового молока, смеси мазута и отработанных масел или специальных антикоррозионных паст. Используются также металлизированные антикоррозионные покрытия (цинковые). Для борьбы с электрохимической коррозией металлических частей верхнего строения путей существует ряд мероприятий, направленных, с одной стороны, на улучшение проводимости рельсовых цепей и, с другой, на повышение электрической сопротивляемости переходных скреплений и балластной призмы. Для текущего ремонта пути в штольнях служат электрошпалоподбойки, электрорезные и электросверлильные станки, гидравлические домкраты и другое путевое оборудование и инструмент.

Глава VII ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

§ 1. ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТА С ГЛУБИНОЙ РАЗРАБОТКИ

На большинстве глубоких карьеров с понижением горных работ горно-геологические, организационные и технико-экономические условия разработки ухудшаются.

Наибольшее влияние на изменение технико-экономических показателей транспорта оказывают объем перевозок, расстояния транспортирования и глубина разработки. В зависимости от этого изменяются производительность транспортных средств, трудоемкость транспортных операций и затраты на перевозку. В большинстве случаев, чем глубже становится карьер, тем ниже производительность транспортных средств.

В этих случаях производительность транспортных средств циклического действия подчиняется следующей зависимости и определяется на глубине H :

$$P_H = P_0 K_{иH} K_{гH}, \quad (114)$$

где P_0 — производительность на глубине 0 м; $K_{иH}$ — коэффициент использования транспортных средств в течение смены по организационному фактору на глубине H ; $K_{гH}$ — коэффициент усложнения горно-геологических условий.

Производительность транспортных машин циклического действия снижается с глубиной из-за увеличения расстояния транспортирования, уменьшения скоростей движения, изменяясь в соответствии со следующей закономерностью

$$P_H \approx P_0 (L_0 + HK_{р.т}/i)^n - mH, \quad (115)$$

где L_0 — расстояние транспортирования при $H_0 = 0$ м; i — уклон транспортных коммуникаций; $K_{р.т}$ — коэффициент развития трассы; n, m — эмпирические коэффициенты.

Для машин и подъездов коэффициент влияния глубины на их производительность

$$K_H \approx (L_0 + HK_{р.т}/i)^{-n} - mH/P_0. \quad (116)$$

Зависимости изменения технико-экономических показателей практически учитывают дальность транспортирования и не в полной

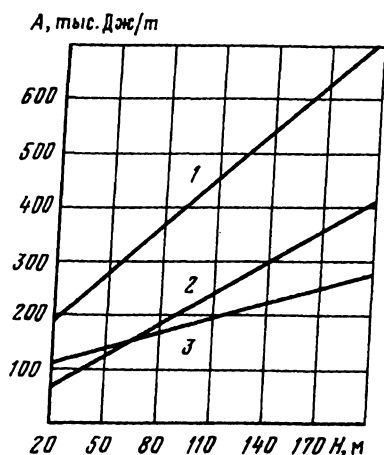


Рис. 96. Зависимость удельной работы A при доставке горной массы из карьера от его глубины H при: 1 — автомобильном; 2 — железнодорожном; 3 — конвейерном видах транспорта

дит непропорциональное увеличение удельной работы (рис. 96) по сравнению с ростом дальности транспортирования.

В качестве комплексного показателя сложности и трудоемкости транспортирования горной массы различными видами транспорта, который бы учитывал одновременно дальность транспортирования и высоту подъема горной массы, предлагается приведенный тонно-километр, определенный с учетом приведенной избыточной высоты подъема к эквивалентному расстоянию транспортирования (по В.Л. Яковлеву).

$$l_H = l_0 + K_{\text{п}}H, \quad (117)$$

где l_H — приведенное расстояние транспортирования, м; l_0 — фактическое расстояние транспортирования, м; H — высота подъема (разность отметок между точками погрузки и разгрузки), м; $K_{\text{п}}$ — коэффициент пропорциональности, зависящий от вида транспорта.

Коэффициент пропорциональности для приведения к эквивалентному значению рекомендуется принимать при:

- автомобильном транспорте — 0,03;
- железнодорожном транспорте — 0,22;
- конвейерном транспорте — 0,015.

С понижением горных работ длина активного фронта в карьере снижается, что ведет к уменьшению длины экскаваторных блоков и, как следствие, усложнению транспортной схемы автомобильных дорог и железнодорожных путей. Это приводит к снижению скорости

мере высоту подъема горной массы на поверхность и ее влияние на производительность и себестоимость транспортирования.

При небольшой глубине карьера (до 80—100 м) для автомобильного и железнодорожного транспорта это не имеет столь большого значения.

Поэтому до последнего времени определение производительности этих видов транспорта и затрат на перевозку горной массы происходило исходя из дальности транспортирования с учетом в отдельных случаях дифференцированного учета скоростей движения транспортных средств в грузовом и порожняковом направлениях, на постоянных и временных коммуникациях.

В процессе исследований было установлено, что при глубинах карьеров до 200 м и более происхо-

движения автосамосвалов, весовой нормы поезда и влияет на производительность транспортных средств. С увеличением глубины горных работ уменьшается ширина рабочих площадок, что также вызывает снижение производительности оборудования. По данным исследований, выполненных для карьеров Кривбасса, градиент снижения производительности автосамосвалов и локомотивосоставов на каждые 100 м глубины в диапазоне глубин 50—259 м составит до 10—15 % и в диапазоне глубин 250—400 м — до 20—25 %.

Усложнение транспортных операций с ростом глубины карьеров ведет к увеличению затрат на перевозку. В среднем затраты на разработку 1 м³ горной массы на каждые 100 м увеличения глубины карьера возрастают на 40—80 коп. Причем увеличение затрат на 70—80 % происходит за счет удорожания транспортирования горной массы, так как этот процесс становится наиболее трудоемким, а его доля в затратах на разработку горной массы составляет 50—60 %. Увеличение затрат на транспортирование наблюдается главным образом с увеличением высоты подъема (свыше 200 м), когда затраты на доставку горной массы на поверхность достигают 18—20 коп/т·км (табл. 63).

Для определения и сопоставления затрат на транспортирование горной массы из глубоких карьеров предлагаются следующие зависимости.

При доставке из глубокого карьера горной массы каждым из видов транспорта

$$C = C_1 \frac{H_x^2}{4i} K_{\text{тp}} S_0 (1 + K_1) \gamma + C_2 \frac{(H - H_x)^2}{4i_{\text{p1}}^2} K_{\text{тp}} S_0 K_1 (1 + K_1) \gamma + C_2 \frac{H_x(H - H_x)}{2i_{\text{p2}}} K_{\text{тp}} S_0 K_1 (1 + K_2) \gamma. \quad (118)$$

Когда доставка горной массы производится комбинированным транспортом, включающим два звена и больше, зависимость представляется в следующем виде:

$$C = C_1 \frac{H^2}{4i} K_{\text{тp1}} S_0 (1 + K_1) \gamma + C_1 \frac{H_x(H - H_x)}{2i_{\text{p1}}} K_{\text{тp}} S_0 K_1 (1 + K_2) \gamma + C_2 \frac{(H - H_x)^2}{4i_{\text{p2}}} K_{\text{тp2}} S_0 K_1 (1 + K_2) \gamma + C_{\text{п}} \gamma (H - H_x) \frac{S_0 K_1 (1 + K_2)}{2}, \quad (119)$$

где C — себестоимость подъема горной массы на поверхность с определенной глубины, руб.; C_1, C_2 — затраты на 1 т·км при рассматриваемых видах транспорта, руб.; H, H_x — границы по высоте для рассматриваемых видов транспорта, м; S_0 — площадь карьера на поверхности, м²; $K_{\text{тp1}}, K_{\text{тp2}}$ — коэффициенты развития трассы при рассматриваемых видах транспорта; $C_{\text{п}}$ — затраты на перегрузку горной мас-

Таблица 63

Показатели	Годы эксплуатации						
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	7-й
Средняя дальность транспортирования, мм	4,4	4,1	4,3	4,9	4,2	3,8	5,0
Средневзвешенная глубина карьеров, м	84	95	97	136	114	140	200
Затраты на перевозку 1 т горной массы (фактические), руб.	0,55	0,51	0,53	0,66	0,58	0,65	0,88

сы с одного вида транспорта на другой, руб/т; K_1, K_2 — коэффициенты уменьшения площади поперечного сечения карьера с уходом горных работ на глубину; γ — плотность горных пород, т/м³; i_p — руководящий уклон при использовании данного вида транспорта.

На рис. 97 показана зависимость затрат C на доставку полезного ископаемого от вида применяемого транспорта и от глубины карьера, предельная величина которого составляет 600 м. Как видно из рисунка, увеличение затрат происходит неравномерно для основных видов транспорта и их комбинаций. При изменении глубины карьера от 100 до 600 м затраты на транспортирование полезного ископаемого на поверхность увеличиваются в 2—3 раза почти пропорционально глубине разработки. Это увеличение вызвано в основном увеличением расстояний транспортирования. В меньшей степени затраты растут при автомобильно-железнодорожном транспорте, что обусловливается сокращением длины откатки автотранспортом до перегрузочных пунктов. При комбинированном автомобильно-скиповом и автомобильно-конвейерном транспорте затраты на доставку горной массы на поверхность при больших допустимых уклонах трассы с ростом глубины карьера увеличиваются незначительно. В общем виде ухудшение экономических показателей с ростом глубины разработки показано на рис. 98. Не менее важным показателем, изменяющимся с увеличением глубины карьеров, является трудоемкость (рис. 99).

Удельный вес трудоемкости карьерного транспорта на современных карьерах, использующих автомобильный и железнодорожный транспорт, достигает 40—50 % общих трудовых затрат. С увеличением глубины разработки он значительно возрастает и при достижении карьером глубины 300—400 м составляет не менее 65—70 %. Наименьшей трудоемкостью характеризуется комбинированный транспорт, особенно автомобильный с ленточными конвейерами, что объясняется главным образом незначительным числом обслуживающего персонала и возможностью автоматизации доставки горной массы на поверхность при конвейерном подъеме. Наибольшие трудовые затраты имеют место при железнодорожном транспорте, трудоемкость которого резко возрастает с увеличением глубины разработки. Если при глубине карьера 50 м на транспортирование 1000 т руды затрачено

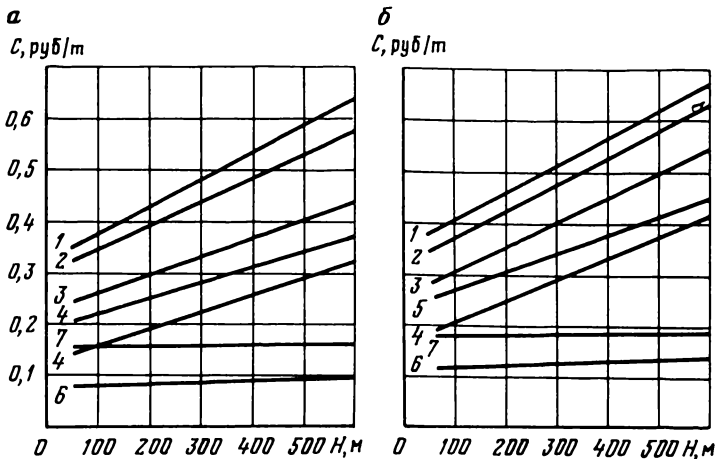


Рис. 97. Зависимость затрат C на транспортирование 1 т полезного ископаемого от глубины карьера H (а), то же с учетом процессов, зависящих от применения видов транспорта (б):

1, 2, 3 — автотранспорт; 4 — железнодорожный транспорт; 5 — автомобильно-железнодорожный транспорт; 6 — автомобильно-конвейерный; 7 — автомобильно-скиповый

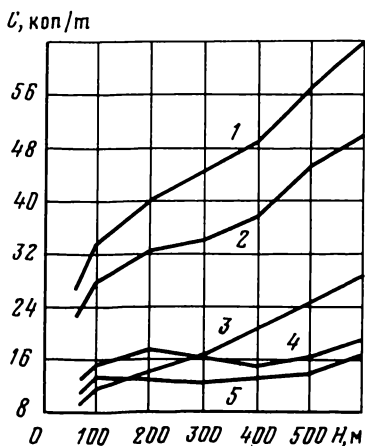


Рис. 98. Зависимость экономических показателей карьерного транспорта от глубины карьера:

1 — автотранспорт (БелАЗ-540);
2 — автотранспорт (БелАЗ-549);
3 — железнодорожный транспорт;
4 — автомобильно-конвейерный транспорт;
5 — автомобильно-скиповый транспорт

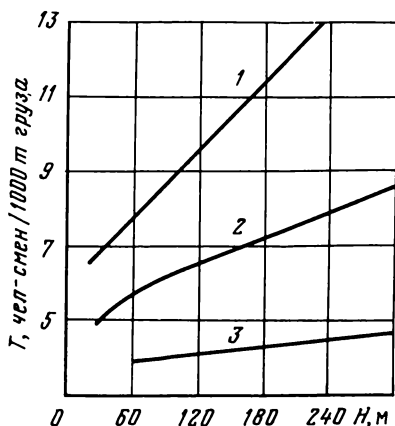


Рис. 99. Зависимость удельной трудоемкости транспортирования T от глубины карьера:

1 — железнодорожный транспорт;
2 — автотранспорт; 3 — автомобильно-конвейерный транспорт

7,6 чел.-смен, то при глубине карьера 250—300 м будет затрачено 13,6—15,5 чел.-смен. С глубиной карьера резко возрастают трудовые затраты на обслуживание и эксплуатацию сети железнодорожных путей, управление транспортом и др.

Основным путем уменьшения отрицательного воздействия глубины карьера на технико-экономические показатели транспорта являются его реконструкция, применение рациональных схем вскрытия глубоких горизонтов, замена другим более эффективным видом транспорта, частичное или полное его перевооружение более современными и производительными транспортными средствами. Например, замена электровозов тяговыми агрегатами, автосамосвалов малой грузоподъемности автосамосвалами особо большой грузоподъемности, введение непрерывного транспорта вместо цикличного и т. д.

Резервом улучшения технико-экономических показателей транспорта является усовершенствование действующих видов транспорта: перестройка транспортных коммуникаций, увеличение скоростей движения и обмена транспортных средств в карьере, механизация вспомогательных работ, организация и управление транспортом и др.

§ 2. УВЕЛИЧЕНИЕ УКЛОНОВ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

При развитии горных работ в глубоких карьерах стремятся к минимальному разносу бортов и интенсивному понижению в глубину. Однако при этом встречается ряд трудностей, особенно сказывающихся на возможностях эксплуатации железнодорожного транспорта. Установлено, что увеличение глубины карьеров в 1,5—2 раза значительно осложняет работу железнодорожного транспорта. На 35—45 % увеличиваются расстояния транспортирования, до 50—60 % повышается удельный вес участков путей с руководящими подъемами, возникает проблема провозной и пропускной способности транспортных коммуникаций, их размещения, а также устройства пунктов обмена и формирования составов на нижних горизонтах и т. д.

Одной из кардинальных мер наиболее интенсивного понижения горных работ и создания условий для применения этого транспорта на большой глубине разработок при отработанной, в основном верхней, зоне является строительство в карьерах железнодорожных путей с большими уклонами.

Пути с повышенными уклонами строят только с определенной глубины карьера, что вызвано ограниченными размерами карьера по глубине и необходимостью сокращения расстояния откатки автомобилями при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте. Однако это приводит к снижению весовой нормы поезда и необходимости сооружения станции для формирования поездов (с полным сцепным весом), что бывает затруднительно на нижних горизонтах.

Пониженная весовая норма поездов является основным недостатком

ком применения крутых уклонов. Снижение производительности локомотивосоставов по этой причине компенсируется сокращением длины транспортных коммуникаций (главных и приемо-отправочных путей раздельных пунктов) и возможным сокращением времени оборота поезда.

Повышенный уклон позволяет сократить объемы горно-капитальных работ по строительству внешних траншей и увеличить глубину их заложения, обеспечивая непосредственные (без тупиков) заезды с поверхности на большее число горизонтов.

Для достижения конечной глубины карьера при больших величинах руководящих уклонов, в сопоставлении с применяемыми в практике проектирования и эксплуатации, требуется организация меньшего числа внутрикарьерных раздельных пунктов, что несомненно упрощает общую схему транспортных коммуникаций. При сокращении же протяженности основных выездов и соединительных путей уменьшаются объемы путепереукладочных работ.

В настоящее время в большинстве случаев применение крутых уклонов является или вынужденным явлением, или обусловливается технико-экономическим эффектом, получаемым при ведении горных работ. Целесообразность перехода на глубине к устройству железнодорожных съездов с уклонами более 40 % вызвана следующими причинами:

ограниченные параметры карьера в плане (или отдельных его участков) при использовании уклонов 40 % не позволяют вписать транспортные коммуникации для отработки нижних горизонтов карьера без большого разноса бортов;

применение крутых уклонов позволяет резко сократить объемы вскрышных работ, интенсифицировать ввод нижележащих горизонтов в эксплуатацию с использованием железнодорожного транспорта, перераспределить объемы извлечения вскрышных пород во времени.

Кроме того, уменьшается расстояние транспортирования за счет преодоления необходимой высоты подъема с большей величиной уклона, а это в свою очередь приводит к сокращению транспортных средств, затрат на устройство транспортных коммуникаций и т. д.

Все это в целом не только перекрывает указанный недостаток, вызываемый снижением весовой нормы поезда, но и дает определенный экономический эффект.

Чтобы увеличение уклонов не столь существенно отражалось на весовой норме поезда, сцепной вес и мощность электровозов и тяговых агрегатов должны выбираться с учетом сохранения полезного веса поезда при изменении уклона (рис. 100, 101).

Полезная мощность тяговых двигателей локомотивов (в кВт)

$$P = 10^3 Fv / (367 \eta_{з.п}), \quad (120)$$

где F — сила тяги, Н; v — скорость движения локомотива, км/ч; $\eta_{з.п}$ — к. п. д. зубчатой передачи.

Расчетная мощность на руководящем подъеме определяется по

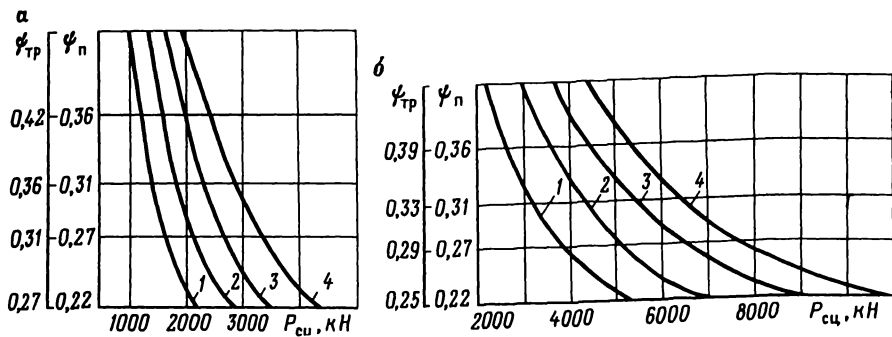


Рис. 100. Зависимость сцепного веса от коэффициента тяги локомотива $\psi_{тр}$ при больших уклонах:

$a - i_p = 40 \text{ ‰}$; $b - i_p = 80 \text{ ‰}$; 1, 2, 3, 4 — сцепной вес локомотивосостава при весе поезда 9000, 12 000, 15 000 и 18 000 кН

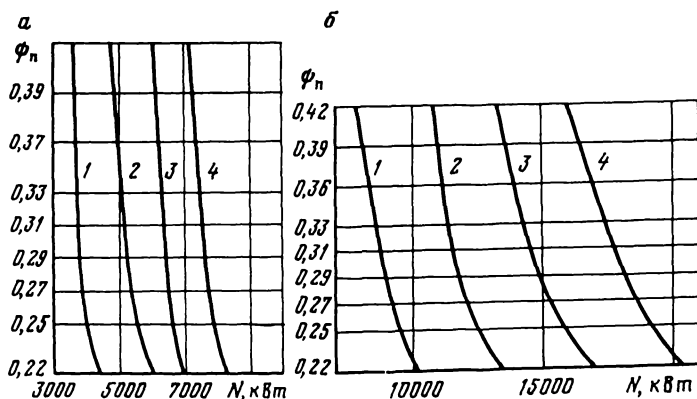


Рис. 101. Зависимость расчетной мощности от коэффициента тяги локомотива при больших уклонах:

$a - i_p = 40 \text{ ‰}$; $b - i_p = 80 \text{ ‰}$; 1, 2, 3, 4 — сцепной вес локомотивосостава при весе поезда 9000, 12 000, 15 000, 18 000 кН

этой же формуле подстановкой соответствующих значений максимальной силы тяги локомотива F_{max} , реализуемой на руководящем подъеме, при установившейся скорости v .

Максимальная сила тяги локомотива (в кН) определяется его сцепным весом g_0 и фактическим коэффициентом сцепления для установившейся скорости движения по следующей формуле:

$$F_{max} = \psi_{max} g_0. \quad (121)$$

Сцепной вес локомотива (в кН) рассчитывается для различных

весовых норм и реализуемых коэффициентов сцепления ψ_{\max} :

$$g_0 = \frac{Q (W'_0 + i_p)}{1000 \psi_{\max} - (W''_0 + i_p)}, \quad (122)$$

где W'_0 — основное удельное сопротивление движению вагонов, Н/кН; W''_0 — основное удельное сопротивление движению локомотива, Н/кН; i_p — руководящий уклон, ‰.

Однако эта формула не может быть применена для расчета сцепного веса карьерного локомотива из-за специфических условий, характеризующихся частыми троганиями поезда с места на руководящих подъемах. Поэтому применяется формула

$$g = \frac{Q [W'_0 + W_{\text{тр}} + i_p + 102a (1 + \gamma_d)]}{1000 \psi_{\text{тр}} - [W''_0 + W_{\text{тр}} + i_p + 102a (1 + \gamma_z)]}, \text{ т}, \quad (123)$$

где Q — вес состава, кН; W'_0 , W''_0 — основное удельное сопротивление движению вагонов и локомотивов (тягового агрегата), Н/кН; $W_{\text{тр}}$ — дополнительное сопротивление движению при трогании с места, Н/кН; a — ускорение движения карьерного подвижного состава, м/с ($a = 0,05$ м/с); γ_d , γ_z — коэффициенты, учитывающие влияние инерции вращающихся масс двигателя и электровоза; $\psi_{\text{тр}}$ — коэффициент тяги при трогании с места.

Создание новых средств подвижного состава предусматривает сохранение, а в ряде случаев увеличение полезных весовых норм поездов, особенно имея в виду значительные резервы по реализации силы тяги.

Наиболее существенным сдерживающим фактором широкого применения уклонов железнодорожных трасс до 60 ‰ является обеспечение безопасности эксплуатации подвижного состава и различного вспомогательного оборудования, перемещающегося по путям. Разрешение этой задачи связано с созданием быстродействующего тормозного оборудования, разработкой надежной конструкции верхнего строения путей и исключения явлений их угона. В последние годы проводились большие исследовательские работы для создания быстродействующего тормозного оборудования, новых типов подрельсового основания, специальных устройств для стабильного положения путевых машин на уклоне и др. Практическим результатом проводимого комплекса работ явилось создание быстродействующих воздухораспределителей, обеспечивающих высокие тормозные качества пневматических тормозов. Тормоза с такими воздухораспределителями являются высоконадежными, позволяющими останавливать поезда его работы на уклонах 60 ‰. Разработаны также новые типы тормозных колодок из чугуна с повышенным содержанием фосфора, срок службы которых в два раза выше, а износ колесных пар на 35—38 % ниже при одновременном повышении фрикционных свойств по сравнению с обычными чугунными колодками.

В перспективе при освоении уклонов 70—80 ‰ поезда будут оснащаться комплексом тормозных средств: пневматическим, реостат-

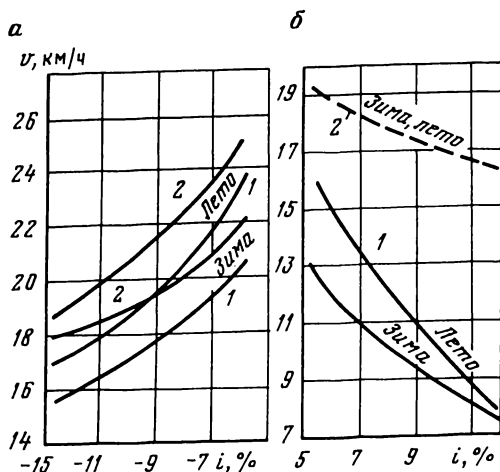


Рис. 102. Зависимость скорости движения автосамосвала БелАЗ-548А от уклона трассы:

a — под уклон; b — на подъем; 1 — с грузом; 2 — порожняком

Интенсивное внедрение подвижного состава с осевыми нагрузками 250—320 кН, при укладке путей на уклонах 60 % и более усложняет условия эксплуатации и предъявляет ряд повышенных требований к верхнему строению пути.

Эксплуатация на таких уклонах тяговых агрегатов сцепным весом 3600 кН при существующей интенсивности грузопотоков на крупных горнорудных карьерах и скоростях движения 25—30 км/ч требует применения рельсов Р-65 и Р-75, железобетонных шпал и железобетонных плит. Наряду с этим необходимо применение разработанных специально для крутых уклонов противоугона, подкладок замкового типа и др. Вспомогательная техника также должна быть оборудована для возможности ее эксплуатации на крутых уклонах. Шпалоподбивочные, путеремонтные машины, путепереукладчики, дрезины, переносчики опор контактной сети и другое путевое оборудование должно иметь специальные типы тормозных и стопорных устройств.

Тяговыми расчетами установлено, что наиболее распространенные тяговые агрегаты ПЭ-2М при работе на уклонах 60 % должны иметь оптимальные весовые нормы поездов, составляющие 8600 кН. Допустимые скорости движения поездов на передвижных путях должны составлять 15—20 км/ч, на долговременных — до 25 км/ч и на постоянных — до 35 км/ч. Предельно допустимая скорость движения одиночных локомотивов должна достигать 25 км/ч.

Повышенные уклоны иногда целесообразно применять при использовании автотранспорта при временных съездах, при заездах на

ным, рекуперативным, магнито-рельсовым и др. Для обеспечения безопасности движения будут дополнительно устанавливаться напольные тормозные средства со специальными замедлителями и т.д.

Для достижения высокой надежности при движении на больших уклонах необходимо повышение коэффициента сцепления колес с рельсами, что возможно при применении группового привода в тяговых агрегатах. Для создания силы тяги независимо от коэффициента сцепления возможно использование линейных двигателей, реактивной тяги и др.

перегрузочные склады и особенно при доработке месторождений или их отдельных участков. Необходимость ускоренного понижения горных работ также часто служит причиной введения повышенных уклонов.

Зависимости скоростей движения от величины уклонов показаны на рис. 102.

В карьерах наиболее распространены уклоны, обусловливаемые тяговыми, динамическими и скоростными параметрами применяющихся двухосных автосамосвалов. Они обычно составляют 6—8 % и лишь в отдельных случаях достигают 9 %. Намеченная модернизация автосамосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548 предусматривает установку на них двигателей повышенной мощности, что позволит увеличить их мощность на 1 т полной массы автомобиля, а это будет способствовать движению автосамосвалов с повышенной скоростью или преодолению более крутых уклонов. Автосамосвал БелАЗ-540 (БелАЗ-7540) будет иметь грузоподъемность 30 т и удельную мощность 6,04 кВт/т вместо 5,52 кВт/т в настоящее время, а автосамосвал БелАЗ-548А (БелАЗ-7548) — грузоподъемность 42—45 т и удельную мощность 6,4 кВт/т вместо 5,74 кВт/т. Преодолеваемые руководящие уклоны благодаря этому смогут составить 10—12 %.

Величина удельного уклона по тяговым условиям при автомобильном транспорте (в %) может быть определена по следующей формуле:

$$i_{\max} = \frac{270N_{\text{э.в}}\eta_{\text{т}}\eta_{\text{к.в}}}{g_{\text{п}}v} - w_0, \quad (124)$$

где $N_{\text{э.в}}$ — эффективная мощность двигателя, кВт; $\eta_{\text{т}}$, $\eta_{\text{к.в}}$ — к. п. д. трансмиссии и ведущих колес; $g_{\text{п}}$ — полный вес автомобиля с нагрузкой, кН; v — скорость движения автомобиля, км/ч; w_0 — удельное сопротивление качению автомобиля.

Величина удельно допустимого уклона автодороги должна удовлетворять двум основным условиям:

$F_{\text{с}} \geq F_{\text{к}}$ — т. е. сила тяги по условию сцепления колес с дорогой должна быть не меньше касательной силы тяги, развиваемой автомобилем на подъеме; $S_{\text{о}} < S_{\text{в}}$ — т. е. по условию безопасности движения остановочный путь автомобиля должен быть меньше расстояния видимости автодороги или равен ему.

Возможности повышения уклонов при конвейерном транспорте пока весьма ограничены. Как известно, допустимые углы подъема конвейерами от характера и физико-химических свойств транспортируемой горной массы. Для большинства пород и руд, угля и других твердых видов минерального сырья углы подъема ленточных и ленточно-канатных конвейеров принимаются близкими к предельным, обеспечивающим необходимую степень материала о ленту и сохранение его в устойчивом состоянии при движении ленты. Эти углы, как правило, составляют 16—18°. Увеличение их с помощью различных конструкций — карманов, выступов, перегородок на лентах, не оправ-

дало себя на подъемных конвейерах большой длины. По-видимому, с созданием и внедрением новых типов конвейеров увеличение углов подъема станет возможным.

§ 3. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ, УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ И ОБОРАЧИВАЕМОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

С возрастанием глубины карьеров не только увеличивается расстояние транспортирования, снижается производительность и растет трудоемкость железнодорожного транспорта, но и резко возрастают энергозатраты. Увеличение высоты подъема 1 т горной массы железнодорожным транспортом на каждые 100 м повышает энергозатраты на 2,5 кВт. Этот же показатель для остального имеющегося в карьере оборудования, занятого в других технологических процессах (экскавация, бурение, водоотлив, освещение и т. д.), составляет всего 1,03—1,05 кВт. Возрастание с глубиной энергозатрат отрицательно влияет на эффективность железнодорожного транспорта. Для снижения трудовых затрат, уменьшения себестоимости транспортирования большое значение имеет, в частности, совершенствование схем путевого развития.

Наибольшее влияние на глубину отработки оказывают принятые начальные контуры карьера, имеющие непосредственное отношение к выбранной схеме путевого развития и последовательности отработки месторождения. Специфика эксплуатации карьерного железнодорожного транспорта, заключающаяся, прежде всего, в замкнутости и "маятниковом" характере перевозок, наличии пересечений маршрутов рудных и породных грузопотоков, в разветвленной сети путей, в незначительной длине перегонов между отдельными пунктами, в применении кривых малого радиуса и крутых уклонов, при вскрытии глубоких горизонтов определяет долговременность транспортных коммуникаций, время существования которых зависит от очередности отработки месторождения, периодов реконструкции и происходящих перестроек в карьере. В свою очередь, постоянство транспортных коммуникаций во многом зависит от принятой схемы путевого развития, при которой обеспечивается расположение долговременных элементов путевого развития в контурном положении нерабочего борта (или временно законсервированного).

Исходя из практики, наиболее предпочтительным является срок службы долговременных элементов путевого развития, равный 15—20 годам. В течение всего периода эксплуатации путевое развитие должно быть в рабочем состоянии, обеспечивая вскрытие последующих, более глубоких горизонтов, удовлетворять текущему изменению функций строящихся станций до полного их развития к установленному сроку.

При вскрытии глубоко залегающих месторождений значительных размеров в плане капитальными траншеями с уклонами 50—60 ‰

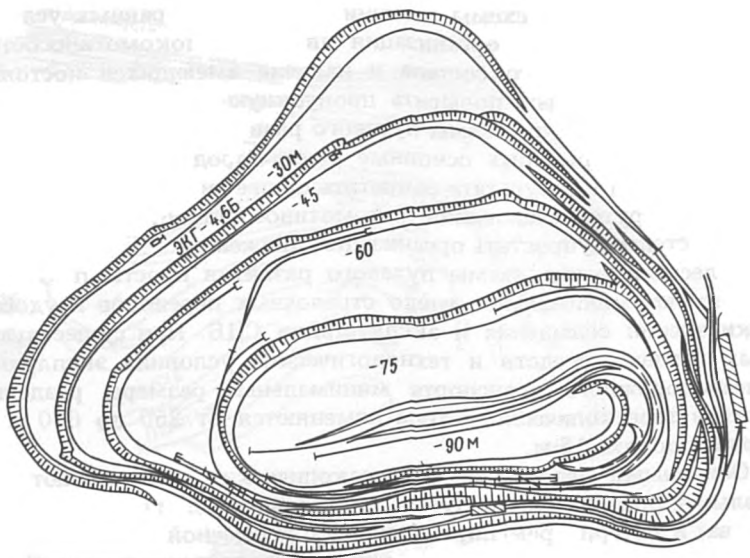


Рис. 103. Сквозные схемы путевого развития на гор. —30 и —45 м карьера ЮГОКа

целесообразно использование сквозных схем (рис. 103); основным достижением которых является снижение времени обмена поездов в забоях, сокращение влияния переукладки путей на использование экскаваторов и др.

При вскрытии глубоких горизонтов особое значение имеет принятая организация движения железнодорожного транспорта. Наличие у диспетчера своевременной информации от машинистов электровозов, экскаваторов и дежурных промежуточных постов позволяет максимально обеспечить транспортом места погрузки и разгрузки, ускорить оборачиваемость составов.

Рудные и породные грузопотоки определяют путевое развитие внутрикарьерных станций с распределительными функциями для наименьшего числа взаимных пересечений маршрутов следования локомотивосоставов. В связи с этим внутрикарьерные станции должны независимо и параллельно выполнять приемо-отправочные операции. Путевое развитие внутрикарьерных станций должно быть компактным ввиду ограниченных пространственных параметров карьеров на нижних горизонтах.

Для стабильной работы транспорта важно также отсутствие раздельных пунктов на рабочем борту карьера.

Созданию перечисленных условий во многом способствуют телескопические схемы путевого развития внутрикарьерных станций и петлевые трассы, которые исключают операции по перемене направления движения, снижение скоростей движения и увеличивают пропускную способность пути.

Телескопические схемы станций, при прочих равных условиях, таких, как принятая организация движения локомотивосоставов, мощность подвижного состава и наличие имеющихся постоянных устройств, позволяют повысить пропускную способность в 2,0—2,5 раза. Телескопические схемы путевого развития отдельных пунктов позволяют распределить основные рудно-породные грузопотоки по направлению и в результате сократить общее число взаимных пересечений маршрутов следования локомотивосоставов, а также в значительной степени упростить организацию движения.

Телескопические схемы путевого развития просты по исполнению, имеют минимальное число стрелочных переводов и удобны с точки зрения оснащения и эксплуатации СЦБ. При существующих типах тяговых средств и технологических условиях эксплуатации железнодорожного транспорта минимальные размеры отдельных пунктов телескопического типа изменяются от 250 до 600 м, при ширине порядка 16 м.

Основными недостатками телескопических схем являются значительная протяженность путей, определяемая длиной локомотивосостава, и потери времени, связанные с переменной направлением движения поезда. Непосредственное влияние на полезную весовую норму локомотивосостава и, таким образом, на его длину оказывает принятый руководящий уклон железнодорожных выездов, который воздействует на общую схему транспортных коммуникаций карьеров. Увеличение руководящего уклона при эксплуатируемых и перспективных типах тяговых средств ведет к некоторому сокращению полезной длины главных приемо-отправочных путей отдельных пунктов. Кроме того, увеличение руководящих уклонов позволяет значительно уменьшить длину основных выездных путей без дополнительного разноса бортов карьера под рабочие площадки.

В результате, для достижения конечной глубины карьера потребуются организация меньшего числа внутрикарьерных отдельных пунктов, что является несомненным наряду с упрощением и усовершенствованием общей схемы транспортных коммуникаций. При сокращении же протяженности основных выездов и соединительных путей уменьшаются объемы путепереуладочных работ.

Динамика геометрических параметров карьеров в течение всего периода эксплуатации и понижение центра тяжести объемов перевозок горной массы железнодорожным транспортом позволяют сделать вывод о зональном размещении внутрикарьерных отдельных пунктов по глубине и специализации их функций в зависимости от предъявляемых требований. Внутрикарьерные станции верхних горизонтов несут основную нагрузку по обеспечению пропускной и провозной способности, формированию грузопотоков, выполнению накопительных функций всех горизонтов карьера, находящихся в эксплуатации. Станциям этого типа характерны сложность путевого развития, стационарность, размещение на значительной части площадок (в зависимости от конкретных условий).

Станции средней зоны находятся в пределах центра тяжести объе-

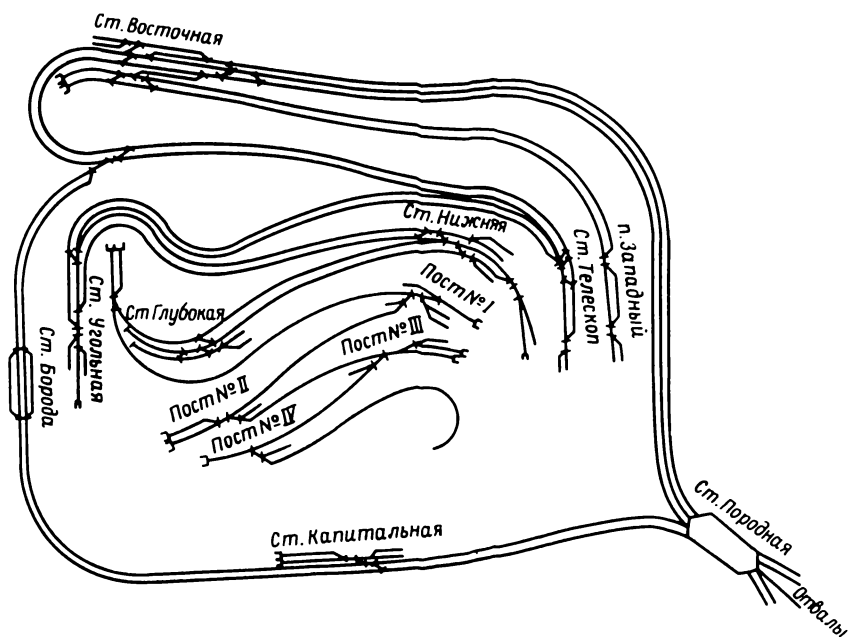


Рис. 104. Схема транспортных коммуникаций Коркинского угольного разреза

ма перевозок горной массы. Их функции — пропуск необходимого числа локомотивосоставов и формирование грузопотоков. В средней и нижней зонах предпочтительно применение телескопических схем путевого развития внутрикарьерных станций. Кроме того, для обработки нижних горизонтов характерно использование тупиковых станций (типа обменных постов). Как правило, для перевозки горной массы с нижних горизонтов требуются отдельные пункты с простейшим путевым развитием, обеспечивающим обменные операции. В качестве примера рассмотрена общая схема транспортных коммуникаций Коркинского угольного разреза (рис. 104). В табл. 64 приведено распределение объемов горной массы по глубине Коркинского разреза.

С ростом глубины карьеров снижается также эффективность сборочного автомобильного транспорта. Более сложные горнотехнические условия эксплуатации, характеризующиеся: небольшим расстоянием транспортирования, значительными величинами средств движения, уклонов трасс, большим удельным весом временных автодорог в общем расстоянии транспортирования (до 50—60 % и более), частыми кривыми малых радиусов, минимальными размерами маневровых площадок, приводят к увеличению продолжительности рейса, снижению среднетехнических и эксплуатационных скоростей движения, а вследствие этого и к снижению производительности автосамосвалов.

Таблица 64

Горизонты	Объем горной массы нарастающим итогом, млн. м ³	Примечание
Нижние (посты №1—4)	9,0	Посты тупикового типа Станции телескопического типа Станции проходного типа
Средние (ст. Телескоп, Угольная, Нижняя, Глубокая)	20,5	
Верхние (ст. Восточная, Капитальная, пост Западный)	28,0	

Для обеспечения необходимой эффективности работы транспорта на глубоких горизонтах карьеров предпочтение отдается преимущественно петлевым трассам с временными скользящими съездами. Наклонные автомобильные трассы устраиваются с горизонтальными площадками на рабочих площадках и соединительных участках дорог.

Большое значение для улучшения оборачиваемости автосамосвалов имеет качество временных автодорог, на которых скорости движения как груженых, так и порожних автосамосвалов зависят не столько от тягово-динамических особенностей автосамосвалов, сколько от состояния автодорог, их ровности, микропрофильности и характера пород в основании уступа. Обычно скорости движения груженых автосамосвалов на подъеме составляют 12—25 км/ч в зависимости от величины продольного уклона и длины участка дороги. На горизонтальных участках дорог глубинных горизонтов скорости движения редко превышают эти значения более чем на 10—15 %. Средние скорости порожних автосамосвалов при движении на спуск ограничиваются условиями безопасности и существенно не различаются.

Работа автосамосвалов при повышенных скоростях движения требует устройства трасс с рациональным построением продольного профиля, соблюдения оптимальных размеров рабочих (30—40 м) и маневровых площадок (18—20 м), достаточных размеров боковых и тупиковых подъездов к экскаваторам, постоянной очистки и планировки автодорог. Временные дороги должны подсыпаться щебнем, хвостами обогащения, шлаками и другими подобными материалами с последующей обработкой вяжущими веществами. Опыт показывает, что улучшение состояния трасс и подъездных дорог позволяет улучшить оборачиваемость подвижного состава автотранспорта и увеличить скорость его движения на 5—7 % и более.

В случае эксплуатации автотранспорта в качестве сборочного звена при комбинированных видах транспорта большое значение для повышения их общей производительности и эффективности имеют автоматизированное управление, организация движения по открытому циклу, использование внутрикарьерных открытых площадок для стоянки автомобилей и пересмены водителей на рабочих местах с целью снижения нулевого перепробега, экономии расхода эксплуатационных материалов и другие организационные мероприятия.

Интенсификация работы конвейерных лент при комбинированном транспорте возможна за счет увеличения скорости ее движения. Обычно транспортирование крупнодробленых пород и руд на конвейерах с жесткими роликоопорами по условиям динамических нагрузок и поведению отдельных крупных кусков на линейном ставе ограничивается скоростями движения 2,2 м/с (при лентах 1000 мм), 3,25 м/с (при лентах 1200 мм) и 3,5–4 м/с (при лентах 1500–2000 мм).

Повышение скоростей движения ленточных конвейеров возможно за счет увеличения ширины лент на 15–20 % по сравнению с расчетными величинами. При этом достигается большая устойчивость транспортируемого материала на ленте, уменьшается возможность его просыпания на перегрузках и более равномерное распределение по ширине ленты в процессе движения. Все это позволяет в свою очередь увеличить скорость движения лент, сократить их износ, повысить производительность конвейера и тем самым компенсировать затраты, связанные с увеличением ширины ленты.

Еще одним существенным мероприятием, способствующим увеличению скорости движения ленты в 1,3–1,5 раза, является оснащение конвейеров шарнирными (гирляндными) и податливыми роликоопорами.

Установлено, что дальнейшее совершенствование пунктов питания и перегрузки конвейеров, полная автоматизация их управлением, включая запуск, остановку и выключение при возникающих поломках, перегрузках и неисправностях, а также сигнализацию о других нарушениях режима работы конвейера, позволяет иметь еще более высокие скорости движения лент, достигающие 8–10 м/с.

§ 4. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

При достижении карьерами глубины 150–200 м и более система электроснабжения технологического электрооборудования должна учитывать: сокращение площади и протяженности фронта работ и забоев в карьере и, как следствие, увеличение концентрации технологического оборудования на единицу площади. Это усложняет конфигурацию воздушных линий электропередач и увеличивает вероятность их повреждения при ведении взрывных работ.

Структура системы электроснабжения определяется видами технологического оборудования и в первую очередь видом транспорта, его технико-экономическими показателями, от которых зависит целесообразность освоения глубинных горизонтов открытым способом.

Основным потребителем электроэнергии на горнорудных предприятиях является электровозный железнодорожный транспорт. Он потребляет до 85 % общего расхода электроэнергии по предприятию.

Непрерывный рост сцепного веса и единичной мощности электровозов и тяговых агрегатов ведет к увеличению электрических нагрузок в контактной сети и мощности тяговых подстанций. Установлено, что для каждого уровня напряжения в тяговых сетях карьеров существуют предельные значения основных параметров электровоза, превышение которых ухудшает тяговые и эксплуатационные показатели работы транспорта в целом.

Уровень напряжения тяговых сетей карьеров должен определяться на основе экономических расчетов путем сопоставления стоимостных параметров системы тягового электроснабжения с учетом конкретных горно-геологических и горнотехнических условий горнодобывающего предприятия.

Значительные преимущества по капитальным и эксплуатационным затратам имеет система тягового электроснабжения, работающая на переменном токе при напряжении 25 кВ. Если суммарные годовые потери электроэнергии в тяговой сети (без учета потерь в электровозах) при работе на постоянном токе и при напряжении 3,3 кВ принять за 100 %, то при работе на переменном токе при напряжении 10 кВ потери снизятся на 30 %, а при напряжении 25 кВ — на 85 %. При напряжении 25 кВ мощность локомотива может быть увеличена до 10—15 тыс. кВт, а радиус питания сетей от одной тяговой подстанции доведен до 20—25 км. Существенное значение имеет экономия дорогостоящих цветных металлов. При применении напряжения 25 кВ только по Качканарскому ГОКу экономится 7 т алюминия и 8 т меди.

Одним из вариантов внедрения в карьерных тяговых сетях напряжения 25 кВ является предложенная институтом ВНИПИтяжпром-электропроект схема питания локомотивов на двух уровнях напряжения 25 и 10 кВ при применении тяговых агрегатов ОПЭ-2 и на одном уровне напряжения 25 кВ при использовании тяговых агрегатов ОПЭ-1А и ОПЭ-1Б, оборудованных автономным источником питания.

При работе на переменном токе и напряжении 25 кВ значительно снижаются нагрузочные токи в контактных сетях, что в свою очередь в 2,0—2,5 раза уменьшает их магнитное влияние на инженерные сооружения и линии электропередачи, расположенные вблизи контактной сети. Надежной защитой от наведенных потенциалов являются временные и постоянные защитные заземления.

Кроме железнодорожного транспорта потребителями электроэнергии высокого напряжения в карьерах являются экскаваторы, буровые станки, конвейеры, дробилки и другое горнотранспортное оборудование. С увеличением глубины карьеров возникает необходимость в сооружении на горизонтах передвижных подстанций напряжением 35/6 кВ для питания электроэнергией экскаваторов и буровых станков (табл. 65). Это позволяет максимально приблизить высокое напряжение к потребителю и уменьшить потери электроэнергии, а также сократить протяженность распределительной сети в карьере. Дальнейшее улучшение электроснабжения возможно при освоении пере-

Таблица 65

Показатели	Подстанции			
	КТТП-35/10	ПКТПА-110/10	ПС-110/6	Т-7-35/6 (35/10)
Напряжение, кВ:				
максимальное	35	110	110	35
минимальное	10	10	6	6 (10)
Мощность, кВ. А	10000	2500	10000	4000 (6300)
Силовой трансформатор	ТД-10000	ТДМТ-2500	—	—
Число силовых трансформаторов	1	1	1; 2; 3; 4	1; 2
Число блоков в одното трансформаторном варианте	3	1	6	5
Трансформатор для собственных нужд	ТМ-25/10	ТМ-25/10	Сухой мощностью 40 кВ.А	—
Число фидеров	3	3	7	6 (12)
Комплектное распределительное устройство наружной установки, серия	К-34	К-30	—	—
Напряжение цепей управления, В	220	220	110	220
Температура окружающей среды, °С	± 40	± 40	—	± 40
Стоимость подстанции, тыс. руб.	32,0 (без трансформатора)	39,7	—	—
Вид передвижения	На металлических салазках	На автомобильном ходу	На металлических салазках	

движных трансформаторных подстанций напряжением 35/6 кВ, гибких кабелей и передвижных опор, рассчитанных на напряжение 35 кВ.

Отечественный и зарубежный опыт эксплуатации показывает преимущества кабельного исполнения распределительной сети напряжением 6 кВ, особенно передвижной. В последнее время научно обоснована и доказана экономическая целесообразность замены воздушных линий в карьере кабельными (рис. 105).

Для повышения надежности и экономичности систем электроснабжения можно использовать подземные горные выработки, сооружаемые в зоне карьера для железнодорожного и конвейерного транспорта или дренажного комплекса.

Так, например, выполненные расчеты показали высокую эффективность использования подземных выработок дренажного комплек-

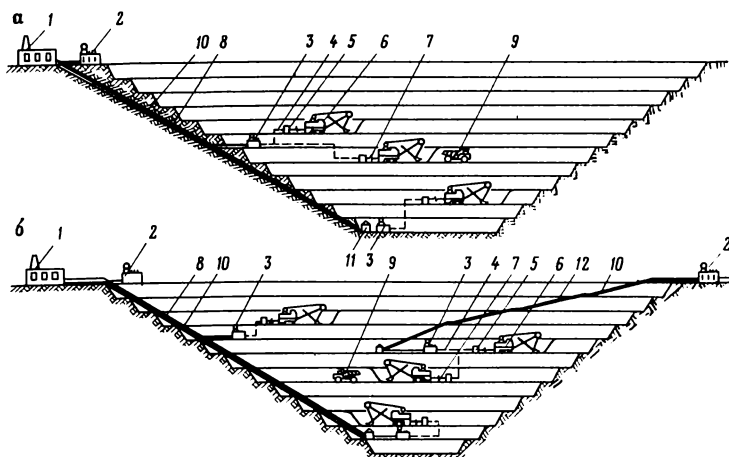


Рис. 105. Схема электроснабжения глубоких горизонтов карьеров с использованием передвижных понизительно-разделительных подстанций (ППРП) при автомобильно-конвейерном транспорте:

а — с общим грузопотоком; *б* — с разделением грузопотоков; 1 — обогатительная фабрика; 2 — главная понизительная подстанция; 3 — передвижная подстанция 35/6—10 кВ; 4 — распределительная линия 6—10 кВ; 5 — приключательный пункт; 6 — экскаватор типа мехлопаты; 7 — экскаваторный кабель напряжением 6 кВ; 8 — конвейерная линия для руды; 9 — автомобиль; 10 — питающая кабельная линия напряжением 35 кВ; 11 — полустационарная дробильно-грохотильная установка; 12 — конвейерная линия для вскрышных пород

са для энергоснабжения Сарбайского карьера и целесообразности ввода напряжения 35 кВ в карьер. Длина передвижных воздушных линий уменьшается в 3 раза, стационарных — более чем в 4,5 раза, потери электроэнергии снижаются в 3,8 раза, затраты на эксплуатацию уменьшаются на 42 %. Однако для ввода в карьер напряжений 25 и 35 кВ переменного тока необходимо разработать директивно-нормативные и конструктивно-технические документы по устройству тяговых сетей, выбору типов и местоположения тяговых подстанций, безопасной эксплуатации и обслуживанию самих электровозов и тяговых агрегатов.

§ 5. СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ, ШУМОВЫХ И ДРУГИХ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОТАЮЩИХ В КАРЬЕРАХ

Загрязнение атмосферы карьеров пылью и газами происходит за счет интенсификации и концентрации работ, прогрессирующего с глубиной снижения активности естественного воздухообмена и увеличения содержания вредных аэрозольных и газообразных примесей на рабочих местах и в атмосфере карьеров в целом.

По данным метеорологических наблюдений, периоды неудовлетворительного естественного воздухообмена в глубоких карьерах в настоящее время составляют в среднем 10—12 % рабочего времени, а простой экскаваторного и транспортного парка по этой причине достигают 450—500 ч/год.

Таким образом, проблема оздоровления атмосферы на открытых горных разработках может и должна рассматриваться не только в гигиеническом и социальном, но и в экономическом аспектах.

Для нормализации атмосферы в карьерах используются следующие основные направления:

интенсификация естественного воздухообмена в карьерном пространстве;

создание эффективных средств подавления пыли и газов у мест их образования;

разработка эффективных систем кондиционирования воздуха в кабинах горных машин;

изыскание рациональных способов и средств искусственной вентиляции застойных зон и карьеров в целом.

Исчерпывающее решение проблемы оздоровления атмосферы может быть достигнуто только при комплексном использовании всех мероприятий.

Исследования показывают, что как современное, так и проектируемое горнотранспортное оборудование характеризуется высокой интенсивностью выделения вредных примесей.

В карьерах, использующих автотранспорт, последний является основным источником загрязнения атмосферы не только газообразными, но и пылеобразными веществами. Как показывают расчеты, для карьеров КМА, например, на долю автотранспорта приходится 70—90 % пылевых загрязнений атмосферы и более 90 % суммарных, причем на нижних горизонтах эти величины возрастают. Что касается газообразных загрязнителей, то все они практически приходятся на автотранспорт.

К наиболее перспективным средствам снижения токсичности отработавших газов (ОГ) дизельных двигателей карьерных автосамосвалов относятся повышение полноты сгорания топлива в цилиндрах (улучшение смесеобразования, турбонаддув с резервом мощности, предкамерный тип двигателя, добавки легких топлив, антидымные присадки и т. п.). Известны положительные результаты по снижению концентрации окислов азота в продуктах сгорания за счет добавки (рециркуляции) части ОГ в воздух, подаваемый в цилиндры. Известны проводимые с той же целью опыты по подмешиванию воды к дизельному топливу или всасываемому воздуху.

В СССР и за рубежом на практике применяются каталитические и жидкостные нейтрализаторы ОГ. Каталитические нейтрализаторы наиболее просты в эксплуатации. При благоприятных условиях (температуре ОГ выше 400 °С, удовлетворительном техническом состоянии двигателя) они могут обеспечить снижение концентрации СО, углево-

дородов, альдегидов и других горючих составляющих до 90 %, значительно (до полного исчезновения) ослабить запах и раздражающие свойства ОГ. Но каталитические нейтрализаторы практически мало эффективны по отношению к окислам азота и саже.

За рубежом известны конструкции двух- и трехступенчатых нейтрализаторов, последовательно воздействующих на различные компоненты ОГ, включая окислы азота. Известны катализаторы, содержащие смесь платины с рублидием, активные в отношении окислов азота. Разработка катализаторов, снижающих содержание окислов азота в ОГ, ведется и в СССР. В последнее время серийно выпускаются каталитические нейтрализаторы выхлопных газов НКД-241М для автосамосвалов БелАЗ-540А.

Одним из эффективных способов снижения загрязнения атмосферы автосамосвалами является также устройство вертикального (над кабиной) выпуска ОГ. При этом увеличение грузоподъемности (а следовательно, и мощности двигателя) карьерных автосамосвалов способствует забросу ОГ в более высокие слои атмосферы и уменьшению загрязнения глубинной наиболее опасной в санитарно-гигиеническом отношении части карьера.

Несмотря на указанные меры усиление воздухообмена (особенно на нижних горизонтах глубоких карьеров) с помощью средств искусственного проветривания остается совершенно необходимым.

Средства искусственного проветривания, рассчитанные только на разжижение вредных примесей в пределах атмосферы карьеров, имеют весьма ограниченные возможности, а на глубоких карьерах наряду со средствами пылегазоподавления и местного проветривания необходимо иметь и системы вентиляции, способные обеспечивать в периоды длительных штилей подавление вредных примесей в масштабе всего карьерного пространства или вынос их с предварительным многократным разбавлением.

Выбор способа искусственного проветривания в любом случае должен производиться с учетом характера загрязнения, параметров карьера и метеорологических условий. Предпочтение отдается способам, предусматривающим активное подавление вредных примесей, загрязняющих атмосферу карьера. Воздушно-водяные струи обеспечивают не только местное и общеобменное проветривание, они активно подавляют вредные примеси в атмосфере карьеров, предотвращая загрязнение пылью и газами окружающей территории.

Для карьеров, имеющих значительные размеры в плане, предпочтительно использование изотермических вентиляционных струй, так как они обладают наибольшей горизонтальной дальностью, что часто имеет решающее значение.

Анализ показал, что при любых метеорологических условиях преимущество по энергетическим затратам имеют изотермические вентиляционные струи, а экономичность струйных вентиляторов находится в прямой зависимости от диаметра ротора. Отсюда следует, что для искусственного проветривания карьеров необходимы специ-

альные струйные вентиляторы с максимально возможным диаметром ротора, определяемым условиями эксплуатации.

Сопоставление параметров промышленных вентиляторов и вентиляторов на базе авиационных винтов (по единым критериям сравнения) показало, что энергетические и аэродинамические характеристики струйных вентиляторов на базе авиационных винтов находятся на уровне современных низконапорных осевых вентиляторов, а масса и габариты позволяют создавать на их основе передвижные (в том числе самоходные) агрегаты, что исключается при использовании мощных промышленных вентиляторов, предназначенных исключительно для работы в стационарных условиях.

Для решения проблемы проветривания глубоких карьеров необходимо создание ряда специализированных мобильных струйных вентиляторов-оросителей с регулируемыми в широких пределах аэродинамическими и гидравлическими параметрами. Для местного и общего проветривания карьеров применяются вентиляторные установки трех типов (по С.С. Филатову):

самоходные вентиляторно-оросительные установки для местного проветривания и гидрообеспыливания с начальным расходом до $250 \text{ м}^3/\text{с}$ и рабочей дальностью от 50 до 200 м;

мощные вентиляторно-оросительные установки для создания воздушных и воздушно-водяных горизонтальных и наклонных струй с начальным расходом $1200\text{--}1500 \text{ м}^3/\text{с}$ и рабочей дальностью от 600 до 1200 м;

вентиляторные установки для создания восходящих воздуховыдающих струй с начальным расходом до $2500\text{--}3000 \text{ м}^3/\text{с}$ и рабочей дальностью от 50 до 700 м (при интенсивном состоянии атмосферы).

Наряду с серийно выпускаемыми самоходными и передвижными вентиляторами-оросителями на базе авиационных винтов изменяемого шага УМП-1 и УМП-14 для проветривания карьеров глубиной 350—400 м разрабатывается вентиляторная установка УМП-21 на базе несущего винта вертолета МИ-4 с электроприводом мощностью 1200 кВт. Для ликвидации загрязнений большого объема, а также подавления пылегазового облака, образующегося при массовых взрывах, создан мощный вентилятор-ороситель НК-12КВ на базе турбовинтового двигателя самолета АН-22. Системы вентиляции с использованием вентиляторов-оросителей НК-12КВ внедрены на двух крупных карьерах.

Наряду с перечисленными на карьерах могут также применяться вспомогательные установки для конвективного проветривания. Наиболее вероятная область их применения — ограниченные в плане карьеры в районах Крайнего Севера.

В большинстве случаев в зависимости от интенсивности загрязнения атмосферы, климатических условий и геометрических параметров карьера искусственная вентиляция необходима с глубины 100—150 м.

Таблица 66

Вентиляционная установка	Двигатель	Создаваемая струя	Начальный диаметр, м	Начальный расход струи, м ³ /с	Мощность, кВт	Параметр активного участка струи		Часовой расход топлива, кг
						дальностью	расход в конце участка	
УМП-1	Дизельный	Изотермическая	3,6	220	364	350	7500	75
УМП-14	Электрический	„	14,4	1160	320	570	27 700	—
УМП-21	Турбовинтовой	„	21,0	3770	1200	1000	78 500	—
НК-12КВ		Неизотермическая и изотермическая	5,6	1300	11 000	1300	89 000	2300

Технические характеристики серийных и подготавливаемых к массовому выпуску карьерных вентиляторов приведены в табл. 66.

Одним из неблагоприятных факторов является шум, создаваемый при работе горного оборудования. При отработке глубинных горизонтов карьеров вследствие концентрации оборудования на относительно небольших площадях и многократного отражения звуковых волн общий уровень шума существенно увеличивается, достигая на дне карьера 85—90 дБ (в сравнении с 72—80 дБ на верхних горизонтах). В наиболее неблагоприятных условиях находятся водители большегрузных автосамосвалов. Так, уровень шума в кабинах автосамосвала БелАЗ-548 превышает предельно допустимые значения во всем диапазоне спектра частот на 5—12 дБ. Поэтому при модернизации выпускаемых автосамосвалов предполагается герметизировать кабины и снабжать их кондиционерами. Стенки кабин будут обрабатываться звукопоглощающими материалами, например покрытиями на основе вспененных пластмасс. Хороший эффект дает обработка стенок кабин вибродемпфирующей мастикой ВД-17.

§ 6. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТОМ

Современные методы ведения работ в глубоких карьерах предполагают применение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). АСУТП — это системы, обеспечивающие автоматизированное управление в реальном масштабе времени технологическими комплексами по заданным технологическим и технико-экономическим критериям, определяющим качественные и количественные показатели производства продукции, включающие вычислительные устройства, средства контроля и автоматики, математическое (программное) обеспечение и операторов.

Для карьерного транспорта создание АСУТП ведется в двух независимых направлениях: системы управления атомобильным транспортом и железнодорожным, или иначе АСУТП-АТ и АСУТП-ЖТ. Наиболее разработанными являются системы АСУТП-АТ.

Некоторые из них, такие, как "Карат", "Пуск", "Томусинский", "Кварцит", "Гранит", относятся к информационно-советующим. Они реализуют некоторые из полного арсенала информационно-вычислительных функций, связанных с учетом работы погрузочно-транспортного оборудования. Более совершенными системами, прошедшими опытно-промышленную эксплуатацию, являются "Комплекс-АТ" и "Гермес". Они относятся к классу информационно-управляющих систем, реализуют как информационно-вычислительные функции, так управляющие и вспомогательные.

Одной из первых была создана система "Карат". Функциональная емкость системы ограничивается сбором и регистрацией информации о состоянии экскаваторов, о количестве горной массы, погружаемой каждым забойным экскаватором, перевезенной каждым из автосамосвалов на обогатительную фабрику, в отвалы или на перегрузочный пункт. Работа автотранспорта была организована по закрытому циклу. Характер возложенных на систему функций определил комплекс технических средств: датчика номера автосамосвала, аппаратуры опознавания, автомобильных весов, диспетчерского пульта.

Перед началом смены в соответствии с планом работы карьера на смену автосамосвалы закрепляют за экскаваторами, результаты закрепления фиксируются на наборном поле диспетчерского пульта. Таким же образом фиксируются пункты разгрузки (обогатительные фабрики, отвалы, пункты перегрузки). На автомобильных весах опознается номер автосамосвала, определяется его масса и полученная информация передается в запоминающий регистр диспетчерского пульта, в котором она дополняется информацией о закреплении данного автосамосвала на текущий момент времени и выводится на индикацию, печать и перфорацию. Накопленные учетные данные на перфоленте обрабатываются в ВЦ. При резких изменениях производственной ситуации (выход из строя погрузочных экскаваторов, перегрузочных пунктов, обогатительных фабрик, изменение процентного содержания руды в забоях и т. д.) производится перезакрепление автосамосвалов, которое отражается на наборном поле.

После разгрузки водителю порожнего автосамосвала на табло адресования высвечиваются номер опознаваемого автосамосвала, адрес погрузки и номера неработающих экскаваторов.

Система "Кварцит" внедрена на Ингулецком ГОКе. Наряду с функциями учета работы экскаваторов и автосамосвалов в системе производится ручное адресование автосамосвалов на погрузку и разгрузку в соответствии с планом-графиком, рассчитанным на ИВЦ. В состав системы входят автомобильные весы, датчик номера автосамосвала, устройство опознавания и диспетчерский пульт. На запоминающий регистр диспетчерского пульта поступает информация о количестве горной массы с автомобильных весов, о номере автосамо-

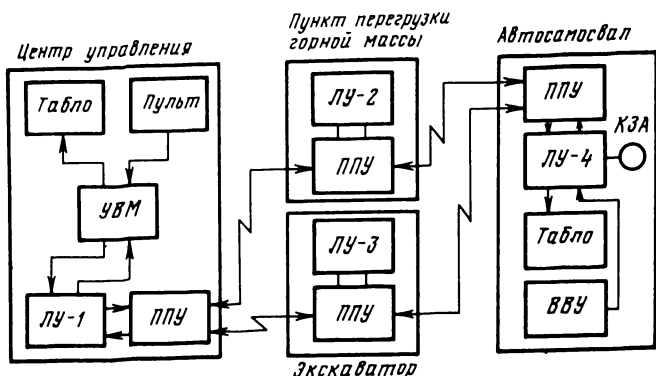


Рис. 106. Структура технических средств АСУТП экскаваторно-автомобильным комплексом "Гермес" (Первомайский карьер СевГОКа) :

УВМ — управляющая вычислительная машина; ЛУ — логическое устройство; ПЛУ — приемно-передающее устройство; КЗА — кнопка запроса адреса; ВВУ — встроенное взвешивающее устройство

свала с устройства опознавания, о номере погрузочного экскаватора и о месте разгрузки с наборного поля диспетчерского пульта. Сформированная информация выводится на перфоленту и на световое табло автомобильных весов. При въезде в карьер автосамосвала на световом табло высвечивается адрес погрузки и разгрузки, набираемый вручную диспетчером на наборном поле пульта. Перфолента с данными периодически обрабатывается на ВЦ, и диспетчеру выдается скорректированный план-график закрепления автосамосвалов за погрузочными экскаваторами. Управляющие функции полностью возложены на диспетчера, призванного поддерживать заданное "фиктивное" число автосамосвалов в "кольце" у погрузочного экскаватора.

В системе отсутствует контроль правильности выполнения маршрута водителем автосамосвалов.

Система "Гермес" (рис. 106) внедрена на СевГОКе, реализует широкий спектр информационно-вычислительных функций: сбор информации о массе грузов, перевозимых автосамосвалами и погруженными экскаваторами, о состоянии экскаваторов и технических средств АСУТП; расчет технико-экономических и эксплуатационных показателей комплекса; подготовку информации для АСУ верхнего уровня; контроль и регистрацию отклонений от заданного режима; отображение информации. Из управляющих функций система включает в себя поддержание интенсивности транспортного потока автосамосвалов на заданном уровне, оптимальное управление автотранспортом в режиме усреднения качественного состава руды на перегрузочных пунктах.

Материальная часть системы состоит из устройств, расположенных на автосамосвалах, экскаваторах, перегрузочных пунктах, диспетчерского пульта, ЭВМ М-6000, радиоканала ближней и дальней связи, светового табло, общего для всех автосамосвалов.

Система функционирует следующим образом. В момент проезда автосамосвала у одного из пунктов разгрузки водитель нажимает кнопку запроса адреса. С автосамосвала на устройство перегрузочного пункта по радиоканалу ближней связи передается его номер и дальше с устройства перегрузочного пункта ретранслируется на диспетчерский пункт и по радиоканалу дальней связи вводится на ЭВМ. После отработки программы выбора адреса информация о номере экскаватора в обратной последовательности: "диспетчерский пульт — радиоканал дальней связи — устройство перегрузочного пункта", поступает на световое табло, расположенное при въезде в карьер от перегрузочного пункта.

После погрузки экскаватором с автосамосвала на экскаваторное устройство по радиоканалу ближней связи передается его номер, в экскаваторном устройстве к нему приформировывается номер экскаватора и код его состояния. По радиоканалу дальней связи через диспетчерский пульт полученная информация вводится в ЭВМ.

В системе осуществляется программный контроль правильности выполнения маршрута.

Автоматизированная система управления погрузочно-транспортными работами "Комплекс-АТ" на Соколовском карьере ССГОКа предназначена для решения следующих транспортных задач (рис. 107):

рационального адресования транспортных средств к погрузочно-оборудованию и перегрузочным пунктам;

адаптации системы управления к внешним возмущениям (выход из строя экскаваторов, функциональные возможности машинистов экскаваторов, состояние забоя, дорожного покрытия и др.);

коррекции сменных заданий забойным экскаваторам и числа транспортных единиц, фиктивно закрепляемых за погрузочным оборудованием.

Материальная часть системы включает в себя управляющую вычислительную машину "Днепр" (в перспективе СМ-2), нестандартную систему сбора и передачи информации, состоящую из одного центрального устройства, экскаваторных устройств, автомобильных устройств и устройств распределительных пунктов.

Система функционирует следующим образом. Перед началом смены транспортный диспетчер автотранспортного цеха передает на ИВЦ необходимую информацию о плановых заданиях экскаваторно-автомобильному комплексу. Перед выездом из гаража водитель автосамосвала воздействием на рычаг подъема кузова включает в работу автомобильное устройство, с которого через устройство распределительного пункта, установленное в здании диспетчерской, и центральное устройство вводятся в вычислительный комплекс информация о номере автосамосвала и адрес запроса. После отработки программы выбора адреса по обратному каналу связи на автосамосвал передается и высвечивается на табло, помещенном в кабине, номер забойного экскаватора.

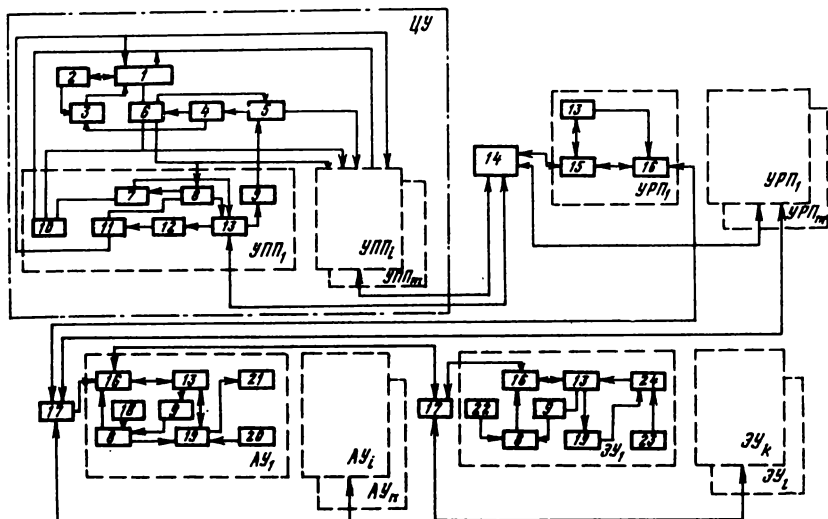


Рис. 107. Структура технических средств АСУТП "Комплекс-АТ" (Соколовский карьер ССГОКа):

ЦУ — центральное устройство; УРП_{*i*} — *i*-й узел приемо-передачи (*i* = 1, *m*); УРП_{*i*} — *i*-е устройство распределительного пункта (*i* = 1, *m*); АУ_{*j*} — *j*-е автомобильное устройство (*j* = 1, *n*); ЭУ_{*k*} — *k*-е экскаваторное устройство (*k* = 1, *l*); 1 — управляющая вычислительная машина; 2 — пульт оператора; 3 — регистр прерываний; 4 — решающий блок; 5 — регистр заявок; 6 — регистр считывания информации, поступающей из УВМ; 7 — передающий регистр; 8 — блок программного управления; 9 — блок контроля кода; 10 — блок считывания управляющих данных; 11 — блок защиты учетных данных; 12 — приемный регистр; 13 — узел преобразования сигналов; 14 — комбинированный канал связи (дальняя связь); 15 — коммутирующий узел; 16 — управляющий приемо-передатчик; 17 — радиоканал ближней связи; 18 — датчик загрузки и разгрузки автосамосвала; 19 — узел памяти; 20 — датчик номера автосамосвала; 21 — узел индексации маршрутного задания; 22 — датчик открытия ковша; 23 — датчик номера экскаватора; 24 — узел сравнения

При погрузке автосамосвала срабатывает сигнализатор загрузки, и вводится в работу автомобильное устройство. По радиоканалу ближней связи на экскаваторное устройство с автомобильного передается номер экскаватора, рекомендованного системой. На перегрузочном пункте от рычага подъема кузова срабатывает датчик разгрузки и запускается в работу автомобильное устройство. Через устройство распределительного пункта, расположенное в карьере, а также через радиоканалы дальней связи и центральное устройство сообщение с контрольным признаком и номером автосамосвала вводится в вычислительный комплекс, программные модули которого распознают по контрольному признаку правильность выполнения маршрута, накапливают учетные данные о работе экскаваторов и автосамосвалов. На автосамосвал передается номер экскаватора, к которому рациональнее осуществить езду в соответствии со сложившейся в данный момент ситуацией. После накопления статистической информа-

ции о работе комплекса осуществляется адаптация системы, выражающаяся в корректировке начальных интервалов посылки и необходимого числа автосамосвалов забойным экскаваторам. При выходе их из строя вычислительный комплекс на основании плановых объемов до конца смены корректирует режим работы комплекса.

В конце смены результаты работы автоматически отражаются в виде машинограммы — сводки о работе экскаваторов, автосамосвалов и устройств материальной части.

Системы "Карат" и "Пуск" целесообразно применять на карьерах производственной мощностью 5—10 млн. т сырой руды; системы "Комплекс-АТ" и "Гермес" — свыше 10 млн. т в год.

Наряду с применением АСУТП-АТ ведутся работы по применению комплексного управления — АСУТП-ЖТ.

Эффективное управление экскаваторно-железнодорожным комплексом невозможно без достоверной и своевременной информации о таких множественных характеристиках материальных потоков, технологического и вспомогательного оборудования, как объемные показатели, режимные факторы, качественные показатели и состояние производства (размещение погрузочных экскаваторов, приемных складов, сведения о местонахождении локомотивосостава, отключениях контактной сети и ремонтных работах, состоянии забоя, экскаваторов, локомотивосоставов, путевого развития и др.), в каждый отдельно взятый момент времени.

С одной стороны, для получения информации о процессе требуются специальные датчики, с другой — для передачи информации со стационарных и мобильных объектов, рассредоточенных в пространстве, необходима аппаратура, обеспечивающая высокую помехозащищенность в условиях карьера.

Неполнота информационного обеспечения лимитирует возможности структурно-алгоритмической части, поэтому во всех внедренных системах есть определенный компромисс между решениями в материальной и структурно-алгоритмической частях. Компромиссное решение иногда находят, применяя ручной сбор информации, но это приводит к системам, которые становятся слабонаблюдаемыми, неуправляемыми и неидентифицируемыми.

Ленинградским горным институтом и Северо-Кавказским филиалом ВНИКИЦМА внедрена на Оленегорском ГОКе система "Руда".

Система определяет экскаваторы, готовые грузить руду или породу, а затем из их числа выбирает для порожнего состава экскаватор, время хода к которому минимально. Далее устанавливается маршрут следования состава. Специализированное вычислительное устройство выдает рекомендации в такой последовательности: номер забоя, место разгрузки, маршрут следования. График исполненного движения ведется автоматически.

Материальная часть системы включает в себя вычислительное устройство ("советчик диспетчера"), устройство сбора и передачи информации о номере экскаватора и его состоянии, о занятости разъездов и станций.

Разрабатываемая институтом Гипроруда АСУТП-ЖД для Соколовско-Сарбайского горно-обогатительного комбината предназначена для управления движением локомотивосоставов и учета работы экскаваторно-железнодорожного комплекса.

Задача управления движением сводится к определению адреса погрузки путем двухэтапного распределения составов и реализации выбранного маршрута с помощью устройства автоматического задания маршрутов (АЗМ). На первом этапе решения задачи определяется пункт распределения (круг, пост, обменный пункт), для которого выполняется по приоритету одно из условий: минимальный запас порожних составов, максимальное число работающих экскаваторов, наибольшее отклонение по времени от момента отправления предыдущего состава. На втором этапе решения отыскивается экскаватор, для которого максимально плановое задание до конца смены или максимально время в ожидании порожнего состава.

Поэтапная процедура поиска пункта назначения "зона карьера — узел (станция или пост) — забой" требует незначительной вычислительной работы и эффективна для крупных карьеров со сложными транспортными коммуникациями.

Материальная часть системы является трехступенчатой: местная электрическая централизация, устройство АЗМ и управляющий вычислительный комплекс (УВК). УВК предназначен для планирования работы локомотивосоставов и выбора маршрута их следования. Адрес назначения определенному локомотивосоставу передается в устройство АЗМ, которое определяет вариант пропуска состава через станцию и выдает команды в устройство электрической централизации для реализации маршрута.

Наибольшая трудоемкость при внедрении системы даже с упрощенной структурно-алгоритмической частью связана с получением информации с локомотивосоставов, экскаваторов и элементов путевого развития.

Институтом кибернетики АН УзССР совместно с Северо-Кавказским филиалом ВНИКИЦМА на Кальмакырском карьере Алмалыкского горно-металлургического комбината внедрена система управления горнотранспортными работами, в которую входят задачи управления подачей руды на фабрику и вывозом вскрышных работ на отвалы, управления средним содержанием металла в отгружаемой руде, загрузкой погрузочных экскаваторов, регулирования движением транспорта и управления отстоем составов.

Управление подачей руды на фабрику заключается в адресовании порожнего состава в один из забоев, либо груженого — на разгрузку или в отстой. Цель управления — минимальное отклонение от темпа выполнения плана по подаче руды на фабрику. Исходная информация для принятия решения: наличие свободных забоев, качество руды в забоях, число составов в отстое, объем руды, принятой фабрикой.

Управление добычей вскрышных пород производится для обеспечения минимального рассогласования между плановым и фактическим объемами отгрузки к концу смены.

Управление загрузкой забойных экскаваторов предназначено для обеспечения равномерного хода выполнения сменного плана по всем экскаваторам.

Регулирование движением транспорта заключается в выборе адреса зоны, ближайшей к местонахождению состава в данный момент. Цель — минимизация простоев локомотивосоставов. При выборе адреса учитывается враждебность маршрутов, время хода между контрольными пунктами, состояние забоев, отвалов, приемных бункеров фабрик, путевого развития, профилактические работы на подвижном составе.

Материальная часть системы включает в себя устройства передачи кода станции, передачи информации с электровозов, приема информации от электровозов, определения состояния экскаваторов, автоматической печати графика горнотранспортных работ, специализированное вычислительное устройство, пульт транспортного диспетчера и ЭВМ.

Информация преимущественно формируется ручным способом, полуавтоматизирована только ее передача или автоматизированы ее отдельные фрагменты (местоположение локомотивосостава).

Для Лебединского ГОКа институтом ПромтрансНИИпроект разрабатывается система управления экскаваторно-железнодорожным комплексом. Однако разработки, насыщенные развитой многофункциональной структурно-алгоритмической частью, надежной материальной частью, еще не вышли из стадии проектирования, а поэтому использовать их в качестве образца без промышленной апробации, опыта эксплуатации пока не представляется возможным.

Кроме рассмотренных комплексов автоматизация управления осуществляется и на других видах транспорта, применяемого в глубоких карьерах (конвейерном, скиповом и др.). Системы управления ими обычно представляют самостоятельное звено автоматизации, включаемое в общую систему АСУ карьера.

В заключение необходимо отметить, что методологические аспекты проблемы управления карьерным транспортом еще не несут в себе обобщенности, законченности и завершенности. Каждая из систем в большей степени имеет частный, индивидуальный характер, привязана к конкретной технологической схеме и не является универсальной.

Глава VIII ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ НА БЛИЖАЙШЕЕ БУДУЩЕЕ

Существенная особенность технической революции на транспорте заключается не только в значительных преимуществах современных силовых установок, но и в пока практически неограниченных возможностях дальнейшего увеличения тягово-мощностных параметров применяемой и проектируемой транспортной техники, что создает предпосылки для полноценного и эффективного ее использования в обозримой перспективе, в том числе и в глубоких карьерах.

Однако к концу столетия выявятся различия в технологических транспортных схемах между давно действующими и новыми предприятиями. Во-первых, будут в основном продолжаться использоваться действующие виды транспорта с внедрением на отдельных участках работ, главным образом на глубинных горизонтах, новых транспортных систем, во-вторых, получают более современное к тому времени оборудование. Поэтому прогресс будет происходить как по пути совершенствования существующих транспортных средств, так и по линии создания новых типов оборудования с внедрением в обоих случаях достижений в области организации управления, механизации и автоматизации основных и вспомогательных транспортных процессов.

Как было сказано выше, большинство крупных рудных карьеров к тому времени достигнут глубины 300—350 м и более. Около 10 % из них будут близки к 400 м. На глубоких карьерах в основном будут применяться известные менее традиционные виды транспорта. Предполагается, что в ведущих отраслях горнодобывающей промышленности доля автомобильного транспорта возрастет за счет большего применения в транспортных комбинациях. Удельный вес железнодорожного транспорта несколько снизится за счет увеличения глубины карьеров. Значительно возрастет доля комбинированных видов транспорта. Автомобильно-конвейерный транспорт будет иметь удельный вес порядка 15 %, а вместе с собственно конвейерным транспортом — свыше 20 %.

Стремление к переводу транспортного процесса на поток будет проявляться во все возрастающей степени.

С достижением больших глубин и применением поточных видов транспорта будут разрабатываться Ингулецкий, Сарбайский, Качарский, Северный, Южный и Ново-Криворожский карьеры черной металлургии, Каджаранский, Жайренский, Кальмакырский, Печенганикель и другие карьеры цветной металлургии, ряд карьеров горной химии и нерудного сырья (Каратау, Ураласбест) и другие, угольные: им. 50-летия Октября, Сибиргинский и др.

Основные пути развития отдельных видов транспорта представляются в следующем виде.

Железнодорожный транспорт будет по-прежнему использоваться в крупных карьерах, главным образом при разработке верхних горизонтов и транспортировании вскрышных пород в отвалы. Глубина ввода железнодорожного транспорта в карьерах достигнет 350—400 м, где он преимущественно будет применяться в комбинациях с автомобильным и конвейерным транспортом. Этому в большей степени будет способствовать внедрение на железнодорожных путях уклонов 60—80 ‰, а также вскрытие глубинных горизонтов карьеров наклонными железнодорожными штольнями. В глубоких карьерах в качестве тяговых средств железнодорожного транспорта доминирующее положение займут тяговые агрегаты "второго поколения", которые почти полностью вытеснят применяющиеся в настоящее время на некоторых карьерах электровозы. Это будут агрегаты постоянного тока напряжением 1,5/30 кВ и переменного тока напряжением 10 кВ с источником автономного питания и без него. Уже к концу восьмидесятых годов будут применяться два типа агрегатов: ОПЭ-1 переменного тока и ПЭ-3Т постоянного тока с тиристорно-импульсной системой управления. Введение тиристорно-импульсного управления позволит увеличить тяговые и тормозные возможности локомотивов на 10—12 %.

Последующее развитие электрической тяги пойдет по пути сохранения основных конструктивных особенностей при условии дальнейшей модернизации тяговых средств, заключающейся в увеличении на 20—30 % устойчиво реализуемой силы тяги и до 7000—9000 кВт мощности локомотивов, а также в дальнейшем совершенствовании автономных источников питания. Напряжение в контактной сети постоянного тока будет увеличено с 3000 до 6000 В, переменного — с 10000 до 25000 В. Повышение напряжения в контактной сети приведет к некоторому удорожанию ее конструкции и в некоторой степени усложнит условие ее эксплуатации. Для этого на нижних горизонтах карьеров необходимо будет исключить участки передвижной контактной сети, а локомотивы оснастить автономными источниками питания мощностью 1104—2208 кВт.

Для более отдаленного времени ставится задача применения на глубоких горизонтах железнодорожного транспорта при уклонах 150—200 ‰. Это потребует создания специальных карьерных электропоездов, оборудованных вращающимися короткозамкнутыми асинхронными двигателями (на каждом вагоне по четыре двигателя) и особыми тормозными средствами.

Следует заметить, что для движения на крутых уклонах будет целесообразно применять моторвагонную тягу и специальные средства, способствующие повышению коэффициента сцепления колес с рельсами.

Кроме указанных систем, для железнодорожного транспорта в глубоких карьерах предусматривается освоение автоматизированных систем управления движением поездов на замкнутых маршрутах

(например, на участках перегрузочный склад — фабрика), дистанционного управления стрелочными переводами с локомотива, создание комплекса вспомогательных машин автономного действия для резкого сокращения трудоемкости путевых работ.

Путевые машины будут в основном самоходные, многооперационные, составляющие комплексы для выполнения укладки, выправки, постановки на балласт, текущего содержания и ремонта пути, полностью высвобождающие ручной труд. Для работ на крутых уклонах они будут оснащены усиленными тормозными средствами.

Необходимое развитие получит также карьерное вагоностроение. В основу создания карьерного парка будут положены два принципиальных требования: специализация для доставки различных грузов и соответствие типу применяемых экскаваторов. В связи с этим наибольшее внимание будет уделено созданию ряда модификаций восьмиосных думпкаров, приспособленных для транспортирования мягких пород и руд. Последние должны будут выпускаться усиленной конструкции с особо прочным, амортизирующим днищем кузова.

Пневматическая система управления разгрузкой будет заменяться дистанционно управляемой электрогидравлической системой, обеспечивающей более быструю индивидуальную или групповую разгрузку и дающую снижение массы думпкаров.

Для увеличения грузоподъемности думпкаров свыше 220—240 т и рационализации их погрузки ставится вопрос о введении для замкнутых карьерных маршрутов негабаритной ширины, а также применения четырехниточной колеи, позволяющей снизить предельное давление на колеса.

Среди многих предложений дальнейшего развития карьерного железнодорожного транспорта могут рассматриваться принципы применения воздушной подушки высокого давления между опорными скользунами подвижного состава и рельсами, магнитной подвески за счет мощного электромагнитного поля, взаимодействующего с рельсами, и др. Однако возможности применения новых принципов для движения железнодорожных составов, особенно в глубоких карьерах, оценить пока еще очень трудно.

Автомобильный транспорт. С ростом глубины значение автотранспорта будет непрерывно возрастать. Наряду с самостоятельным использованием автотранспорт будет неизменным звеном всех транспортных комбинаций.

При использовании автотранспорта с увеличением его грузоподъемности будут снижаться общие затраты на транспортирование. Грузоподъемность автосамосвалов будет значительно увеличена. Кроме серийно выпускаемых автосамосвалов грузоподъемностью 180 т намечается создание и производство автосамосвалов грузоподъемностью 220—240 т и более. Такие машины получат преимущественное применение на вскрышных работах в верхней зоне карьеров. Для работы на глубоких горизонтах с целью уменьшения ширины рабочих площадок, автодорог и радиусов закруглений и, как следствие, для уменьшения угла откоса бортов карьера, а также для большей потен-

циальной надежности всей транспортной системы будут применяться автосамосвалы грузоподъемностью 110—150 т.

Рациональное расстояние транспортирования автосамосвалами особо большой грузоподъемности увеличится примерно до 5 км.

Автосамосвалы грузоподъемностью 75 т и более будут снабжены электрической трансмиссией, эффективной электродинамической системой торможения, гидропневматической подвеской передних и задних колес, кузовами из специальных сталей и алюминия. Автосамосвалы будут оснащены быстроходными дизельными двигателями мощностью 956,8—1690 кВт. Машины грузоподъемностью свыше 180 т будут выпускаться в трехосном исполнении.

Ориентация на специализацию карьерных автомобилей позволит выпускать на базе создаваемых машин полуприцепы или самосвалы для транспортирования мягких пород, в том числе с донной разгрузкой для транспортирования мягкого угля. На базе автосамосвалов грузоподъемностью 70 т будут выпускаться автопоезда грузоподъемностью 120 т.

Особое внимание при производстве и эксплуатации автосамосвалов большой грузоподъемности будет уделено повышению их надежности и уровня их использования. Автосамосвалы грузоподъемностью 110—180 т и более будут эффективны при сроке их службы не менее 10—12 лет (при круглосуточной работе). Для облегчения их нормальной эксплуатации должны быть построены хорошо оснащенные ремонтные базы, созданы оборудование для технического обслуживания и ремонта, заправки топливом и смазкой, приборы для диагностического обследования состояния машин, а также приспособления для контроля и учета их работы.

Немалое значение будет иметь обеспечение карьеров типовыми комплектами дорожной техники для строительства, содержания и ремонта дорог с улучшенными покрытиями (щебеночных, обработанных битумными эмульсиями, бетонных и асфальто-бетонных с добавками крошеной резины и др.).

Одним из существенных недостатков применения автотранспорта в его современном виде на глубоких горизонтах является загазованность атмосферы.

Проблема эта в связи с углублением карьеров будет усугубляться и к исходу столетия приобретет первостепенное значение. Поэтому одной из основных задач дальнейшего развития автомобильного карьерного транспорта следует считать создание принципиально новых, "бездымных" типов двигателей и видов топлива.

Эта проблема будет решаться путем создания контактно-аккумуляторных автомобилей, движение которых в глубинной части карьеров и в забоях должно осуществляться с помощью аккумуляторных батарей, а при выезде из карьера по траншеям с помощью контактной сети. Для карьеров более отдаленного будущего наряду с аккумуляторными автономными источниками питания перспективно применение топливных элементов, в которых газообразное или жидкое топливо подвергается электрохимическому окислению (водород + кислород).

Конвейерный транспорт наиболее соответствует требованиям современных глубоких карьеров, обеспечивая непрерывность, высокую производительность и крутизну подъема из карьера транспортируемой горной массы. С помощью конвейерного транспорта будет осуществляться частичная или полная конвейеризация карьеров. При частичной конвейеризации конвейерный транспорт, как правило, будет использоваться только при подъеме и выдаче горной массы на поверхность. При полной конвейеризации весь транспортный процесс от погрузки в забоях до пунктов приема горной массы на поверхности будет выполняться конвейерами. Наряду с ленточными конвейерами большой длины в рабочей зоне карьера будут широко применяться мобильные короткозвенные конвейеры, отличающиеся легкостью перемещения и служащие связующими элементами между более длинными и реже перемещаемыми конвейерами. Однако основными функциями конвейерного транспорта будет бесперегрузочный подъем горной массы из карьера независимо от его глубины. Это потребует применения вспомогательных промежуточных приводов, передающих тяговую силу трения на одну расположенную по всей длине подъема грузонесущую ленту. Расширится применение двухбарабанных приводов блочного типа, оснащенных усовершенствованной пуско-регулирующей аппаратурой. На конвейерах малой мощности будут использоваться преимущественно мотобарабаны.

В качестве новых средств повышения фрикционного взаимодействия ленты и барабана будет испытываться вакуум, избыточное давление воздуха, магнитные силы и др. Наряду с вакуумбарабанами будут применяться различные присасывающие элементы, устанавливаемые на обечайке барабана.

Особое значение в передаче больших тяговых усилий будут иметь высокопрочные резиновые ленты. Возрастет использование лент из синтетических волокон. В основном будут распространены ленты с многоосновными и многослойными прокладками. Но на подъемных конвейерах будут преимущественно использоваться резинотросовые ленты, предельная прочность которых будет достигать 60 кН на 1 см ширины, а упругая вытяжка не будет превышать 0,25 % длины. Ширина резинотросовых лент будет достигать 3000 мм; длина подъемных ставов — 1000—1200 м.

Широко распространенные роlikоопоры жесткого типа будут заменены более податливыми шарнирно-подвесными роlikоопорами, допускающими более глубокий лоток роlikоопор, укрепляемых на жестких или канатных секциях. Такие роlikоопоры будут иметь противокоррозионные покрытия или будут выполняться из пластмассовых материалов с долговременной закладной смазкой, обеспечивающей длительный безремонтный срок службы.

В глубоких карьерах значительно расширится область применения ленточных конвейеров для транспортирования крупнокусковых руд и вмещающих скальных пород. При этом для транспортирования дробленой горной массы будут применяться особо податливые роlikоопоры с роliками, подвешенными в шахматном порядке на до-

полнительных продольных канатах с автоматической регулировкой их натяжения, а для транспортирования недробленой взорванной массы — ленточно-тележечные конвейеры. Дальнейшая задача будет заключаться в создании изгибающихся ленточных конвейеров с углом наклона до $40-45^\circ$, а также приспособленных для работы в условиях низких температур Крайнего Севера. Возможно промышленное освоение конвейеров на воздушной подушке, где поддержание ленты осуществляется слоем воздуха повышенного давления.

Большое внимание будет уделяться конструкциям перегрузочных устройств для снижения износа лент и роликов. Амортизирующие свойства роликоопорам будут сообщать: упругая подвеска, футеровка эластичными материалами и др. Предполагается использование авиационных и автомобильных шин, насаженных на вращающиеся оси, применение лотков криволинейного профиля на упругих опорах и других устройств, обеспечивающих плавную перегрузку материала, транспортируемого конвейерами. В более редких случаях возможно применение на перегрузочных конвейерах вибрационных питателей и питателей-грохотов с лотковыми и колосниковыми грузонесущими органами.

При транспортировании налипающих материалов наиболее радикальным средством, по-видимому, будет зарекомендовавшее себя переворачивание холостой ветви конвейерных лент. Кроме ленточных конвейеров при большой дальности транспортирования на поверхности возможно применение ленточно-канатных конвейеров. Для успешного осуществления полной конвейеризации глубоких карьеров особое значение приобретает комплексная механизация технического обслуживания и ремонта мощных конвейерных установок. Значительно должны быть усовершенствованы средства автоматики конвейерных весов и способы автоматического регулирования скорости ленты в зависимости от величины грузопотока.

Комбинированный транспорт. Комбинированные виды транспорта будут наиболее распространенными в глубоких карьерах. В комбинациях будут участвовать несколько видов транспорта и вспомогательных средств, ибо чем глубже карьер, тем сложнее его разработка, тем больше требуется гибкости и приспособленности транспорта к возникающим трудностям эксплуатации.

Наибольшее развитие получит автомобильно-железнодорожный транспорт. С увеличением глубины карьера применение крупных внутрикарьерных перегрузочных складов, а также бункерной перегрузки будет все более затруднительно ввиду ограниченности размеров рабочих площадок и транспортных берм. В связи с этим наибольшее распространение должны получить временные склады, создаваемые путем отсыпки с верхней бровки уступа перегружаемой горной массы объемом на одну-две заходки стоящего у подошвы погрузочного механизма. Такие склады можно быстро создать по мере опускания железнодорожных путей на ниже расположенные горизонты; на их устройство потребуется мало времени и небольшие затраты средств. Погрузку горной массы с такого склада наряду с экскавато-

рами будут выполнять мощные колесные и гусеничные погрузчики.

Получат также распространение перегрузочные пункты устраиваемые в теле уступа, снабженные вибропитателями для подачи разгружаемой горной массы из автосамосвалов в думпкар. Основным требованием для организации таких перегрузочных пунктов будет несложность их создания и возможность быстрого переноса.

С ростом глубины разработок автомобильно-железнодорожный транспорт на многих карьерах будет вытесняться автомобильно-конвейерным. В некоторых случаях автомобильно-конвейерный транспорт, а иногда и железнодорожно-конвейерный будут вводиться на вновь осваиваемых участках месторождения.

Во всех комбинациях конвейерный транспорт будет преимущественно использоваться в виде конвейерных подъемников. Если расширение области применения конвейерных подъемников для руды и других твердых полезных ископаемых не подлежит сомнению, то эффективность перемещения конвейерами пустых пород зависит от экономичности их дробления и, в частности, от создания специальных отвалообразователей для скальных пород. Процесс дробления скальных пород только для их дальнейшего транспортирования, в принципе, не рационален. Кроме того, значительные трудности с переносом дробильных установок в карьере и монтажом их в зоне взрывных работ приводят к неизбежному отставанию их размещения во времени и пространстве от мест добычных работ и периодическому ухудшению показателей работы сборочного (как правило, автомобильного) транспорта. Поэтому основное внимание в глубоких карьерах будет уделено совершенствованию способов разрушения горных пород в карьерах, а также применению эффективных грохотильных устройств на перегрузочных пунктах для отделения негабарита.

Для дробления руды и, в исключительных случаях, пустых пород на перегрузочных пунктах будут преимущественно использоваться конусные дробилки, работающие "под землей". Применение грохотов-питателей будет, по-видимому, зависеть от усовершенствования их конструкции и повышения надежности в работе.

Комбинированный автомобильно-скиповой транспорт в связи с углублением карьеров и возможностью подъема недробленого материала под углом до 40—45° к исходу столетия возможно будет эксплуатироваться на трех-пяти рудных карьерах. Его применение будет перспективно на глубине, не превышающей 350—400 м; грузоподъемность скипов будет достигать 75 т и более.

Большие возможности совершенствования этого вида оборудования заключаются в применении для тяги транспортных сосудов специального индивидуального привода (В.С. Берсенева). В этом случае на трассе крутонаклонного подъема одновременно сможет находиться несколько скипов, что позволит резко повысить производительность установки, при этом отпадет необходимость в приводных станциях и т. д.

При доработке рудных месторождений открытым способом не исключается возможность применения вертикальных подъемных ство-

лов для выдачи горной массы на поверхность. При этом перепуск руды будет производиться через рудоспуски на горизонт откаточной штольни, и далее после перегрузки в скипы руда будет подаваться на поверхность.

Специальные виды транспорта. Среди специальных видов карьерного транспорта наиболее перспективны конвейерные поезда. Особенностью их является то, что они сочетают принципы действия и положительные конструктивные качества традиционных видов транспорта — конвейерного и железнодорожного. Большие достоинства их заключаются в том, что они могут транспортировать недробленый скальный материал по борту карьера и на поверхности до отвалов или обогатительных фабрик при углах наклона трассы до 20° , при радиусах закруглений до 25 м, способствуя при этом автоматизации работы всей транспортной системы. Конвейерные поезда будут создаваться с фрикционными и линейными двигателями в зависимости от условий эксплуатации и характеристики приводов. Для оптимальных условий использования конвейерных поездов в глубоких карьерах, по-видимому, можно признать рациональными следующие их параметры: сечение груза на полотне 1,7—2 м; грузоподъемность 300—400 т; скорость движения с грузом 7—10 м/с.

Из других специальных видов транспорта в глубоких карьерах можно отдать предпочтение монорельсовым дорогам для перемещения кубелей, а также съемных кузовов колесных транспортных средств. Не исключается возможность транспортирования в карьере и особенно на поверхности в контейнерах по трубам (пневмо-контейнерный транспорт). Однако при этом необходимо решить вопросы дозировки груза в контейнерах сравнительно малой емкости, а также об уплотнении движения контейнеров в трубе и о быстрой и полной их разгрузке на приемных пунктах.

Применение воздушного транспорта в глубоких карьерах, в частности вертолетов, маловероятно из-за создающихся сложных потоков воздуха в ограниченном замкнутом пространстве карьера, затрудняющих управление вертолетом.

Для доставки людей и материалов в глубокий карьер помимо колесных видов транспорта (автомобилей, железнодорожных вагонов) будут применяться канатные дороги, фуникулеры, эскалаторы.

В итоге можно отметить, что в перспективе на ближайшие 15—20 лет не следует ожидать больших принципиальных изменений в способах транспортирования горной массы из глубоких карьеров. В различных горнотехнических условиях будут применяться в той или иной степени все выше рассмотренные способы транспортирования горных пород и полезных ископаемых. Неизбежен лишь рост объемов технологических перевозок, особенно вторичных (после перегрузок), и повышенное внимание, которое будет уделяться транспортным процессам для стабилизации себестоимости продукции и увеличения производительности труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев А.В., Дьяков В.А., Шешко Е.Е.* Транспортные машины и автоматизированные комплексы открытых разработок. М., Недра, 1975.
2. *Васильев М.В.* Комбинированный транспорт на карьерах. М., Недра, 1975.
3. *Васильев М.В., Волотковский В.С., Кармаев Г.Д.* Конвейеры большой протяженности на открытых работах. М., Недра, 1977.
4. *Васильев М.В., Яковлев В.Л.* Научные основы проектирования карьерного транспорта. Под ред. Н.В. Мельникова. М., Наука, 1972.
5. *Васильев М.В., Смирнов В.П., Кулешов А.А.* Эксплуатация карьерного автотранспорта. М., Недра, 1979.
6. *Виницкий К.Е.* Оптимизация технологических процессов на открытых разработках. М., Недра, 1976.
7. *Виноградов В.С.* Горнорудная промышленность на пороге завершающего года десятилетия пятилетки. — Горный журнал, 1980, №1, с. 3—8.
8. *Внедрение больших уклонов на железнодорожном транспорте карьеров / М.В. Васильев, С.Л. Фесенко, Е.Д. Яковлев и др.* М., Недра, 1975.
9. *Волков В.П.* Тоннели и метрополитены. М., Транспорт, 1975.
10. *Выбор вида карьерного транспорта (методика) / М.В. Васильев, В.Л. Яковлев, В.Б. Демкин и др.* М., Недра, 1973.
11. *Глубокие карьеры.* Материалы Второго Всесоюз. науч.-техн. сов. по проблемам разраб. глубоких горизонтов карьеров. Киев, Наукова думка, 1973.
12. *Конвейерные поезда в горной промышленности / Б.Н. Тартаковский, Б.З. Палей, Л.М. Солодовников и др.* Киев, Наукова думка, 1974.
13. *Логинов А.И., Афанаскин Н.Е.* Вагоны-самосвалы. М., Машиностроение, 1975.
14. *Медведев И.Ф., Абрамов А.В., Нефедов А.П.* Ликвидация зависаний и вторичное дробление руды. М., Недра, 1975.
15. *Мельников Н.Н., Потапов М.Г.* Опыт работы карьеров США и Канады с транспортной системой разработки. М., изд. ЦНИИЭИуголь, 1977.
16. *Мельников Н.В., Трубецкой К.Н.* Одноковшовые погрузчики на открытых горных разработках. М., Недра, 1971.
17. *Мостков Б.М.* Подземные сооружения большого сечения. М., Недра, 1974.
18. *Нечитайло А.А., Блайвас М.С.* Экономическая эффективность применения автомобильного транспорта на открытых горных работах. М., Недра, 1978.
19. *Носырев Б.А.* Схемы наклонных подъемных карьерных установок, их оценка и области применения. — Труды Свердл. горн. ин-та. Свердловск, 1972, вып. 97, с. 52—57.
20. *Полушин В.Т., Гуленко Г.Н.* Конвейеры для горных предприятий. М., Недра, 1978.
21. *Поточная технология открытой разработки скальных горных пород / А.О. Спиваковский, В.В. Ржевский, М.В. Васильев и др.* М., Недра, 1970.
22. *Проблемы работы карьеров Севера.* — Сб. трудов. Л., изд. ЛГИИ, 1968.
23. *Разработка глубоких горизонтов карьеров.* Материалы третьего Всесоюз. науч.-техн. сов. Киев, Наукова думка, 1977.
24. *Ржевский В.В.* Процессы открытых горных работ. М., Недра, 1978.
25. *Ржевский В.В.* Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., Недра, 1980.
26. *Руководство по выбору и эксплуатации конвейерных лент на горнорудных предприятиях Министерства черной металлургии СССР / Б.В. Фадеев, В.С. Волотковский, Е.Г. Нохрин и др.* М., Недра, 1972.
27. *Селянин В.Г.* Интенсификация горных работ в глубоких карьерах. М., Недра, 1977.
28. *Симкин Б.А.* Технология и процессы открытых горных работ. М., Недра, 1970.

29. *Системы разработки и транспорт на карьерах*. Под ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1974.
30. *Скоростное тротильство и освоение глубоких карьеров* / А.М. Мустафина, Б.А. Гурьевский, Ю.Ф. Долгов и др. Алма-Ата, Наука, 1977.
31. *Спиваковский А.О.* Бесперегрузочный крутонаклонный конвейерный подъем на глубоких карьерах. — Горный журнал, 1978, №5, с. 24—25.
32. *Спиваковский А.О., Потанов М.Г.* Транспортные машины и комплексы открытых горных разработок. М., Недра, 1974.
33. *Спиваковский А.О., Потанов М.Г., Приседский Г.В.* Карьерный конвейерный транспорт. М., Недра, 1979.
34. *Теория и практика открытых разработок*. Под ред. Н.В. Мельникова. М., Недра, 1979.
35. *Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых*. Под ред. М.Г. Новожилова. М., Недра, 1971.
36. *Томаков П.И.* Структуры комплексной механизации карьеров с техникой циклического действия. М., Недра, 1976.
37. *Томаков П.И., Наумов И.К.* Технология, механизация и организация открытых горных работ. М., Недра, 1978.
38. *Транспорт на горных предприятиях*. Под ред. Б.А. Кузнецова. М., Недра, 1976.
39. *Фадеев Б.В.* Конвейерный транспорт на рудных карьерах. М., Недра, 1972.
40. *Циклично-поточная технология добычи руд на карьерах Кривбасса* / Б.Н. Тартаковский, В.С. Вишняков, И.И. Гаврилок и др. Киев, Техника, 1978.
41. *Щелканов В.А.* Комбинированная разработка рудных месторождений. М., Недра, 1974.
42. *Экономико-математическое моделирование и проектирование карьеров* / В.С. Хохряков, Г.Г. Саканцев, А.З. Яшкин и др. М., Недра, 1977.
43. *Юдин А.В.* Применение полустационарных перегрузочных грохотильных и дробильных пунктов на горнорудных карьерах СССР. М., изд. Черметинформация, 1978.
44. *Юматов Б.П., Бунин Ж.В.* Строительство и реконструкция рудных карьеров. М., Недра, 1978.
45. *Шахтный и карьерный транспорт*. Под ред. А.О. Спиваковского. М., Недра, 1980, вып. 1—6.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Транспортирование горной массы при разработке глубоких карьеров	4
§ 1. Параметры глубоких карьеров	4
§ 2. Специфика горно-геологических и горнотехнических условий использования транспорта в глубоких карьерах	8
§ 3. Основные виды применяемого транспорта и размещение транспортных коммуникаций	11
§ 4. Выбор вида транспорта для глубоких карьеров	19
§ 5. Реконструкция карьеров и переход с глубиной на другие виды транспорта	24
Глава II. Автотранспорт в глубоких карьерах	34
§ 1. Зоны применения автотранспорта	34
§ 2. Технические средства автомобильного транспорта	39
§ 3. Устройство автомобильных дорог	49
§ 4. Ремонт, обслуживание и заправка автосамосвалов внутри карьера	56
Глава III. Внутрикарьерный железнодорожный транспорт	64
§ 1. Особенности применения железнодорожного транспорта в глубоких карьерах и его комбинация с автотранспортом	64
§ 2. Подвижной состав железнодорожного транспорта	70
§ 3. Тяговые средства железнодорожного транспорта	76
§ 4. Железнодорожные коммуникации и их устройство	89
§ 5. Перегрузочные устройства при автомобильно-железнодорожном транспорте	95
§ 6. Перегрузочные склады в карьере	106
Глава IV. Комбинированное использование конвейерного транспорта с автомобильным и железнодорожным транспортом	113
§ 1. Условия и особенности применения	113
§ 2. Выбор места заложения конвейерных подъемников	120
§ 3. Виды конвейерных подъемников	123
§ 4. Подъемные и магистральные ленточные конвейеры	130
§ 5. Конвейеры специальных типов	139
§ 6. Конвейерные ленты для наклонных подъемников	144
§ 7. Отвальные, передаточные конвейеры и отвалообразователи, используемые при транспортировании скальных пород	148
§ 8. Мобильные перегрузочные пункты и короткозвенные мобильные ленточные конвейеры	154
§ 9. Устройство несущих сооружений и укрытий для конвейеров	159
§ 10. Перегрузочные пункты автомобильно-конвейерного транспорта	162
Глава V. Скиповые подъемники и другие виды подъема	199
§ 1. Условия и особенности применения скиповых подъемников	199
§ 2. Конструкция скиповых подъемников	203
§ 3. Эксплуатация скиповых подъемников	208

§ 4. Другие виды подъема горной массы	210
§ 5. Устройство наклонных трасс для подъемников . .	217
Глава VI. Внутрикатьерные подземные транспортные выработки	221
§ 1. Условия и особенности применения комбинированных видов транспорта с подземными выработками . .	221
§ 2. Эксплуатация рудопусков в глубоких карьерах	224
§ 3. Подземные грохотильно-дробильные камеры и конвейерные стволы	236
§ 4. Тоннели и штольни для железнодорожного транспорта	244
§ 5. Устройство транспортных коммуникаций в штольнях и их содержание	250
Глава VII. Повышение эффективности работы транспорта на больших глубинах .	253
§ 1. Изменение основных технико-экономических показателей транспорта с глубиной разработки	253
§ 2. Увеличение уклонов транспортных коммуникаций	258
§ 3. Совершенствование транспортных коммуникаций, увеличение скоростей движения и оборачиваемости транспортных средств	264
§ 4. Особенности электроснабжения транспортных средств и пути его улучшения	269
§ 5. Снижение воздействия пылегазовых, шумовых и других вредных факторов на работающих в карьерах	272
§ 6. Совершенствование комплексного управления транспортом	276
Глава VIII. Проблемы транспорта глубоких карьеров на ближайшее будущее	284
Список литературы	292

Михаил Владимирович Васильев

ТРАНСПОРТ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

Редактор издательства А.П. Крылова
Художественный редактор О.Н. Зайцева
Переплет художника В.У. Полякова
Технический редактор О.А. Колотвина
Корректор Е.В. Мухина
Оператор Г.Г. Алексеева

ИБ № 4185

Подписано в печать 23.08.82 Т—15351 Формат 60x90 1/16 Бумага офсетная.
Набор выполнен на наборно-печатающей машине типа ИБМ "Композер". Печать
офсетная. Усл.печ.л. 18,5 Усл.кр.-отт. 18,5 Уч.-изд.л. 21,3 Тираж 2600 экз.
Заказ 32/8290-10 Цена 1р. 40к.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра", 103633, Москва, К-12, Третьяковская проезд, 1/19

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР
по делам издательства, полиграфии и книжной торговли,
г. Тула, проспект Ленина, 109.