

СА.БАЙМОНУРОВ  
А.Т.ФИПИМОНОВ  
С.Г.КАЛОШИН

КОМПЛЕКСНАЯ  
МЕХАНИЗАЦИЯ  
ПОДЗЕМНОЙ  
РАЗРАБОТКИ РУД



611.08

Б.18

О.А.БАЙКОНУРОВ  
А.Т.ФИЛИМОНОВ  
С.Г.КАЛОШИН

КОМПЛЕКСНАЯ  
МЕХАНИЗАЦИЯ  
ПОДЗЕМНОЙ  
РАЗРАБОТКИ РУД



4342

~~8228~~  
N 8728



Москва  
«НЕДРА»  
1975

Байконуров О. А., Флимонов А. Т., [Калошин С. Г.].  
Комплексная механизация подземной разработки руд. М.,  
«Недра», 1975, 303 с.

В книге изложены технологические основы комплексной механизации очистных работ и подземного транспорта.

Рассмотрены наиболее распространенные системы разработки, различные типы применяемых машин, составы комплексов. Приведены расчеты производительности отдельных машин и комплексов.

Основное внимание уделено забойным комплексам, составленным из самоходных машин и конвейерных установок. Сделано обобщение отечественного и зарубежного опыта комплексной механизации очистных работ и подземного транспорта (локомотивного, конвейерного, самоходными машинами и комбинированного). Изложены принципы подбора комплексов, а также организации механизированного производства.

Книга предназначена для широкого круга инженерно-технических работников горнорудной промышленности, сотрудников научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов. Она может быть полезна студентам горных вузов и факультетов в качестве учебного пособия.

Табл. 67, пл. 106, список лит. 20 назв.

Б 30703—489  
043(01)—75 332—75

© Издательство «Недра», 1975

## ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние двадцать лет как на отечественных, так и на зарубежных подземных рудниках идет качественное изменение парка горных машин, что способствует комплексной механизации подземных работ. На очистных работах применяются высокопроизводительное буровое, погрузочно-доставочное и вспомогательное оборудование, очистные комплексы, забойные конвейеры и гидромеханизмы. На магистральном транспорте внедряются мощные локомотивы со сцепным весом 25—40 тс, большегрузные тележечные вагоны вместимостью до 15 м<sup>3</sup>, конвейерный транспорт, самоходные транспортные машины, дистанционное и автоматическое управление работой целых комплексов, системы СЦБ, диспетчеризация. Широко внедряется механизация вспомогательных работ: созданы машины для укладки рельсовых путей, очистки и ремонта откаточных выработок, ремонта транспортных машин.

Созданы шахты нового типа, где автоматизирована работа подъемных, водоотливных и вентиляторных установок; осуществлено программное и телеуправление поездами на локомотивном транспорте, комплексами самоходных забойных машин, управление работой всего предприятия с помощью автоматических систем. На подземной добыче мягких и сыпучих материалов широко применяются комплексная конвейеризация, добычные комплексы с гидрофицированными крепями, гидромеханизация.

В связи с внедрением мощных забойных механизмов, средств автоматики и телемеханики меняется облик самих шахт, изменяются системы разработки и создаются новые их варианты, происходит концентрация горных работ, интенсификация выемки шахтных полей. Внедрение мобильного самоходного оборудования преобразует вид забоев, транспортных выработок, схемы транспортирования горной массы, людей, материалов, запасных частей. Подземными дорогами могут быть соединены все забои горизонта, подземные склады, ремонтные мастерские, а подземные трассы с помощью наклонных транспортных выработок могут иметь сообщение с поверхностью.

Внедрение комплексной механизации и автоматизации на подземных рудниках повышает производительность труда, облегчает его и в то же время требует более высокого общеобразовательного и профессионального уровня горнорабочих.

Комплексная механизация и автоматизация горных предприятий имеет и большое социальное значение. С повышением производительности труда сокращается продолжительность рабочей недели. Свободное время используется для самообразования, отдыха, духовного и физического развития человека в социалистическом обществе.

В области механизации горных работ особые заслуги принадлежат акад. А. М. Терпигореву. Он вместе со своими учениками в середине двадцатых годов создал научное направление «Механизация горных работ», разработал классификацию горных машин и написал учебник по горным машинам. Большой вклад в механизацию горных работ, совершенствование технологических процессов внесли академики А. А. Скочинский, Л. Д. Шевяков, А. П. Герман и М. М. Федоров.

В последние годы в нашей стране выросла целая плеяда советских ученых, занимающихся проблемами комплексной механизации горных работ. Особенно следует отметить многолетнюю и плодотворную деятельность чл.-кор. АН СССР А. О. Спиваковского в области рудничного транспорта.

Обширная и плодотворная научная работа по коренному усовершенствованию технологии и внедрению комплексной механизации, повышению интенсификации производства на горных предприятиях страны и, в частности, на открытых горных работах ведется группой специалистов под руководством акад. Н. В. Мельникова и чл.-кор. АН СССР В. В. Ржевского.

Большая заслуга в разработке современных основ технико-экономического анализа технологических схем горного производства и механизации работ принадлежит акад. АН КазССР А. С. Попову. В области рудничного транспорта широко известны труды акад. АН УССР Н. С. Полякова, профессоров Б. А. Кузнецова, А. А. Ренгевича, И. Г. Штокмана и др. Много труда в развитие комплексной механизации очистных работ угольных шахт вложили проф. А. В. Толчинов и проф. В. И. Солод. Созданием шахтных погрузочных машин и разработкой теории их расчета занимаются крупные ученые нашей страны профессор Н. В. Тихонов, Г. В. Родионов, Я. Б. Кальницкий и другие.

Комплексная механизация и автоматизация требуют перееоснащения промышленных предприятий новыми орудиями труда, дальнейшего роста машиностроительной промышленности, увеличения основных производственных фондов. Выпуск автоматического оборудования ныне обгоняет рост машиностроения и еще в большей степени производство всей промышленной продукции, что является основой дальнейшего постоянного роста парка

горных машин и средств комплексной механизации и автоматизации.

В настоящее время вопросами внедрения горных машин, средств механизации и автоматизации подземных рудников в нашей стране занимаются вузы, научно-исследовательские и проектные институты, машиностроительные заводы. Экономическая эффективность внедрения во многом зависит от горно-геологических условий и специфики разработки рудных тел. Нарушение комплексности может свести на нет эффект механизации отдельных процессов, поэтому работу машин необходимо рассматривать в тесной связи с технологией производства. В этом плане большое значение имеют изучение и распространение опыта механизированной добычи руды на отечественных и зарубежных предприятиях, изыскание наиболее эффективных технологических схем и комплексов.

Несмотря на бурное развитие комплексной механизации на подземных рудниках, эта тема еще недостаточно освещена в отечественной литературе. Настоящая работа является попыткой заполнить в определенной мере этот пробел.

Книга написана по материалам научно-исследовательской и педагогической деятельности ее авторов. Первые четыре главы содержат описание наиболее распространенных систем разработки в преломлении механизации основных и вспомогательных процессов. Для удобства изложения, чтобы каждый раз не приводить развернутое название системы, приняты условные обозначения. Зная условное обозначение системы с помощью матрицы, помещенной в начале первого раздела, легко установить класс системы по способу управления кровлей и типу фронта работ.

В пятой и шестой главах отдельно рассмотрены средства механизации взрывных и закладочных работ.

Учитывая важность подбора типов и количества транспортных машин, входящих в общий комплекс механизированной выдачи руды, в VII, VIII и IX главах приводится методика выбора рельсовых, конвейерных и самоходных средств механизации.

В последних главах книги изложены общие принципы проектирования комплексов механизации и основы организации работ. Глава VII монографии написана доц., к. т. н. А. Д. Спицыным.

Авторы книги выражают искреннюю благодарность рецензенту проф. Д. М. Броиникову за ценные советы и замечания, сделанные при рецензировании рукописи.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

При рассмотрении механизации очистных работ пользуемся классификацией систем разработки (табл. 1).

Таблица 1

Типы	Классы							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
A	+	-	-	+	+	+	+	+
B	+		+	+	+	+		
B	+	-	+	+	+	-		
Г		+	+		+	+		

В этой таблице столбцы выражают классы систем по способу управления кровлей выработанного пространства: I — с открытым выработанным пространством, II — с частичной закладкой, III — с закладкой, IV — с креплением, V — с креплением и закладкой, VI — с обрушением, VII — с частичным обрушением, VIII — с плавным опусканием кровли.

Тип систем определяет фронт работы этажа, пространственное расположение и последовательность проведения подготовительных и очистных выработок: A — сплошной, B — камерный, B — блокочный, Г — комбинированный.

В ячейках классификационной таблицы знаком «+» отмечается наличие систем разработки. Если клетка свободная (не обозначена знаком «+»), это означает, что системы такого типа и класса в настоящее время отсутствуют.\* Так, шифр AI обозначает группу сплошных систем с открытым выработанным пространством и т. д.

\* Подробно см. работу: О. А. Байковуров «Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений». Алма-Ата, «Наука», 1969, 605 с.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ СПЛОШНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

### § 1. ПРИМЕНЕНИЕ СПЛОШНЫХ СИСТЕМ

Сплошными системами (тип A) [1] разработка ведется без предварительной нарезки этажа на выемочные поля блока или камеры, когда фронт очистных работ представляет сплошную линию забоя, которая может быть ориентирована в любом направлении, в зависимости от геологических условий и особенностей подготовки к очистной выемке.

Сплошные системы применяются преимущественно при разработке залежей малой и средней мощности. В рудной промышленности при разработке сплошными системами определилась тенденция применять комплекс самоходных буровых и погружочно-доставочных машин (ПДМ). Преимущество указанных систем заключается в концентрации работ, небольшом объеме подготовительных выработок, быстром вводе месторождения в действие, простой схеме транспорта и вентиляции очистных забоев, что очень важно при разработке месторождений, содержащих рудничный газ и опасных в пожарном отношении.

Сплошные системы разработки в зависимости от угла падения залежи делятся на две группы: безэтажно-сплошные, применяемые при пологом падении, и этажно-сплошные — при наклонном и крутом падении.

На предприятии «Ожел Бялы» (Польша) разрабатываются сульфидные и окисленные свинцово-цинковые руды, представленные пластообразной залежью с углом падения 8—10°. Мощность залежи от 0,5 до 14 м. Вмещающие породы — доломиты и известняки. Коэффициент крепости руд и вмещающих пород 6—8.\*

Выемка панелей ведется короткими заходками (системы группы A VI) с обрушением налегающих пород и длинными заходками с закладкой выработанного пространства.

При разработке первым способом панели подготавливаются разрезными штреками шириной 3,4 м, высотой 2,7 м, пройденными через 30 м один от другого (рис. 1). Высота концевых участков штреков на протяжении 12 м равна мощности залежи — 5,5 м;

\* Здесь и далее коэффициент крепости указан по шкале проф. М. М. Протодьяконова (старшего).

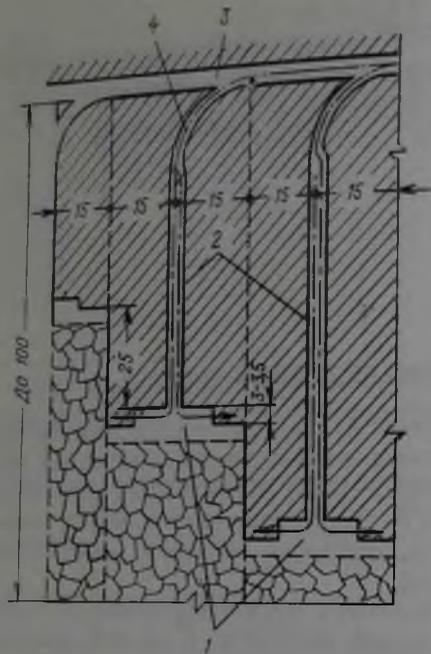


Рис. 1. Сплошная система разработки заходками с обрушением налегающих пород:  
1 — двусторонние заходки; 2 — разрезные штреки; 3 — откаточный штрек; 4 — разминовка

при проведении применяется усиленное крепление. Для уменьшения объемов ручной доставки в разрезных штреках настилается два рельсовых пути с шириной колеи 500 мм. Разминовка укладывается на расстоянии 15 м от забоя. Отработка панелей ведется двусторонними заходками, размеры которых при мощности залежи до 4,5 м составляют: ширина 3,5 м, высота 4,5 м и длина 15 м. Заходки крепятся деревянными рамами вразбежку через 0,9 м. Бурение шпуров производится ручными перфораторами ВУП-22 с пневмоподдержками. Одновременно в забое работает два перфоратора. Погрузка руды в вагонетки осуществляется погрузочными машинами ЛЗК-1 и ЛЗК-3п. Уровень механизации этих работ достигает 95%. Грузенные вагонетки по заходке откатывают вручную до разрезного штрека. Кровлю обрушают путем извлечения крепи.

Три человека, работая в двух противоположных заходках, выполняют бурение, крепление, ручную доставку руды и дают один цикл с продвижением забоя на 1 м. При этом производительность забоя составляет 58 т/сут, а средняя длина откатки вручную — 15 м и длина штреков на 1000 т добычи — 8 м.

Группа этажно-сплошных систем разработки (А I) более обширна, и в ней используются все известные способы поддержания выработанного пространства, разнообразные типы очистных забоев и последовательность выемки.

К первой подгруппе этой группы относятся этажно-сплошные системы с открытым выработанным пространством, применяемые

при разработке пологопадающих, наклонных и крутопадающих залежей.

На руднике «Бракпан» (Южно-Африканская Республика) при разработке пологопадающих (7°) золоторудных жил мощностью 1,5—1,8 м применяется этажно-сплошная система. При этой системе можно использовать конвейерный транспорт, погрузку руды самоходными погрузочными машинами непрерывного действия и самоходные буровые каретки, что очень важно, так как сравнительно узкий фронт работы этажа сдерживает увеличение мощности шахты (участка).

Очистные работы при этажно-сплошных системах в закладке ведутся с полной закладкой выработанного пространства. Эти системы применяются преимущественно при разработке наклонных и крутопадающих месторождений сравнительно малой мощности при различных типах вмещающих пород, хотя иногда используются и для разработки мощных залежей ценных руд, когда необходимо до минимума снизить потери руды и металла. Полная закладка применяется также для защиты поверхности рудника от обрушения и при разработке руд, опасных в пожарном отношении.

При разработке, например, пластов медистых сланцев мощностью 15—40 см на мансфельдских рудниках (ГДР) применялась сплошная система с раздельной выемкой полосами по восстанию безуступным забоем. Наряду с указанной применялась также система наклонных лав с раздельной выемкой и закладкой. В США при разработке довольно мощных (более 6 м) медных руд применялась этажно-сплошная система с потолкоуступной выемкой. Аналогичная система применялась при разработке крутопадающих (65—70°) золотосодержащих жил мощностью от 1 до 6 м в округе Зарума (Чили).

Сплошные системы с закладкой применяются как в рудной, так и в угольной промышленности благодаря простоте конструкции, небольшому количеству подготовительных выработок, хорошим условиям проветривания очистных забоев, высокому извлечению полезного ископаемого. При этих системах разработки в зависимости от горно-геологических условий может применяться механизация как очистных, так и закладочных работ.

В группу этажно-сплошных систем с креплением (А IV) включаются системы: с выемкой лавой — сплошным безуступным забоем по всему этажу, с выемкой горизонтальными слоями потолкоуступным и пирамидальным забоями, с креплением квадратными окладами с выемкой горизонтальных слоев потолкоуступным забоем. Последняя применялась при разработке жилы с недостаточно устойчивой рудой и относительно устойчивыми боковыми породами при угле падения в пределах 20—70°. В этом случае, когда на одном уступе идет бурение, на следующем, расположенном ниже, осуществляется крепление. Станковая крепь служит для поддержания отслаивающейся руды и породы и является

платформой для рабочих. Эта система используется довольно редко.

Этажно-сплошная система с креплением квадратными окладами и выемкой горизонтальных слоев пирамидальным забоем по восставию, как и предыдущая, применяется при разработке месторождений различной мощности и относительно правильной формы. Механизация производственных процессов определяется, как и в предыдущих системах.

В рудной промышленности известны этажно-сплошные системы с креплением и закладкой, с выемкой по всей площади месторождения горизонтальными слоями по восставию (потолково-ступенным забоем). Условиями применения этих систем являются относительная устойчивость руды, крутое падение и ограниченная площадь рудного тела мощностью до 6—7 м. Эти системы широко применяются на ряде рудников, особенно в зарубежной практике. Они позволяют использовать малогабаритные машины для бурения, крепления очистного пространства и доставки руды.

Этажно-сплошные системы с обрушением (А VI) применяются при различных углах падения, мощности 3—4 м и более, наличии легкообрушающихся боковых пород, когда обрушение поверхности и вмещающих пород допустимо. Обрушение может быть принудительным.

Этажно-сплошные системы с частичным обрушением и плавным опусканием кровли применяют в угольной промышленности, однако они могут найти применение при разработке рудных и перурдных полезных ископаемых.

## § 2. БУРЕНИЕ

При отработке залежей сплошными системами в зависимости от крепости руд, размеров забоя и угла наклона почвы применяются различные типы буровых машин: перфораторы, сверла, буровые каретки и станки.

**Пневматические перфораторы** разделяются на ручные, телескопные и колонковые. Технические характеристики перфораторов типажного ряда приведены в табл. 2 и 3.

Типажом предусмотрены две модели пневмоподдержек: П-8 и П-13, имеющих соответственно массу 17 и 22 кг, ход поршня 800 и 1300 мм, максимальное усилие 150 кгс.

Ручные перфораторы на пневмоподдержках применяют в очистных забоях (рис. 2) при отработке маломощных (до 2 м) залежей, а также при проведении горизонтальных подготовительно-нарезных выработок сечением менее 3,5 м<sup>2</sup>. В залежах мощностью более 2 м перфораторы используются для бурения шпуров в очистных забоях или забоях, почва которых не пригодна для применения самоходных кареток (бурение с навала отбитой руды, позков, настилов, платформ и т. п.). Перфораторы бывают самоходными при проходке засечек, ниш, воронок и т. п.

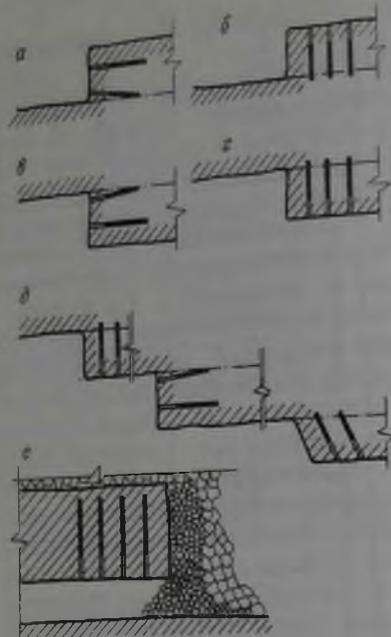
Таблица 2

Перфораторы типажного ряда	Основные параметры при давлении сжатого воздуха 5 кгс/см <sup>2</sup>					Завод-изготовитель	Замещаемые модели
	Масса, кг	энергия удара, кгс·м	расчетное оптимальное усилие подачи, кгс		пределный диаметр, мм		
			наименьшее	наибольшее			
Ручной с осевой шпилькой ПР-12	12,9	3,15	50	35	55	40	Модернизация на базе перфоратора ПР-13
То же, ПР-20	20	4	100	65	75	46	ПР-19
То же, ПР-20Л	20	4	120	50	90	46	«Коммунист»
То же, ПР-25	25	5,8	150	50	90	52	«Пилематика»
То же, ПР-25Л	25	5,8	180	65	115	52	«Коммунист»
Ручной ствольной ПР-30	30	6,5	150	60	95	52	То же

Таблица 3

Перфораторы типажного ряда	Для бурения шпуров		Основные параметры при давлении воздуха 5 кгс/см <sup>2</sup>					Замещаемые модели	
	диаметр, мм	глубина, м	Ударная мощность, л. с.	энергия удара, кгс·м	частота ударов, мин <sup>-1</sup>	расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	крутящий момент, кгс·см		вес, кгс
Телескопные:									
ПТ-2 малой мощности	32—56	11	2,12	4,8	2300—2600	2,8	126	93	
ПТ-3 средней мощности	46—52	6	3,25	5,8	2300—2600	3,3	180	113	
Колонковые:									
ПТ-5 большой мощности	52—85	13	5,3	9,25	2300—2600	4,3	230	160	
ПТ-3 малой мощности	46—52	6	3,33	5,8	2300—2600	3,3	180	113	
ПТ-5 средней мощности	52—85	12	4,2	9,25	2300—2600	4,3	230	160	
ПТ-9 большой мощности	63—85	15	8,5	15	2300—2600	7,1	350	260	

Рис. 2. Схемы отбойки руды шпурами:



*a* — слоевая выемка в нисходящем порядке с отбойкой горизонтальными шпурами; *б* — то же, с отбойкой вертикальными шпурами; *с* — слоевая выемка в восходящем порядке с отбойкой горизонтальными шпурами; *д* — то же, с отбойкой вертикальными шпурами; *е* — потолкоуступная выемка; *е* — подэтажная отбойка

Телескопные перфораторы при этой группе систем применяются на бурении восходящих шпуров в очистных забоях и забоях вертикальных выработок. Колонковые перфораторы применяются очень редко, в основном при бурении скважин. При коэффициенте крепости пород  $f = 4 \div 8$  применяются обычно легкие перфораторы,  $f = 8 \div 12$  — средние, а при  $f > 12$  — тяжелые.

Наибольшее распространение получили ручные перфораторы ПР-22, ПР-24ЛУ, ПР-30к, колонковые КС-50, ПК-60 и телескопные ПТ-29 и ПТ-36.

Ручные и колонковые электрические, пневматические и гидравлические сверла применяются для бурения шпуров в мягких и средней крепости рудах.

Сверла могут использоваться на буровых каретках. Условия применения перфораторов и сверл указаны в табл. 4.

Буровые каретки широко распространены в мировой практике, что обусловлено не только резким повышением производительности, но и большим облегчением тяжелого труда бурильщиков. На буровых каретках все вспомогательные работы по установке бурильных машин, перемещение их с одного положения в другое, изменение положения в забое производятся механизированным путем. Имеются буровые каретки с программным управлением и с автоматизацией отдельных процессов бурения. Механизация и автоматизация вспомогательных работ резко сокращают их продолжительность, благодаря чему значительно возрастает показатель использования бурильных машин во времени.

Таблица 4

Тип буровой машины (установка)	Горно-геологические условия		Горнотехнические условия			Возможные схемы бурения шпуров согласно рис. 2
	коэффициент крепости пород	угол наклона забоя	Размеры забоя, мм			
			высота	ширина	длина	
Ручные электрические сверла (СЭР-19м, СРП-2, СВЧ-2, СР-3м и др.) Самоходные буровые каретки с бурильными машинами вращательного действия (колонковые электрогидросверла): II—III типоразмера I, IV, V типоразмера Ручные и колонковые перфораторы на специальных стойках (ПР-19, ПР-22, ПР-18ЛУ, ПК-65, ПК-60) Телескопные перфораторы (ПТ-29, ПТ-45, ПТ-5С) Самоходные буровые каретки типоразмеров: II—III (КБШм, СВКН-2н и др.) IV—V (СБУ-2м, СБУ-2к и др.) VI (СБУ-4, БВК-4)	1,5—3	45	800—2500	1000—2500	> 1500	$a; e$
	3—6	8—10	1500—3250	2250—3000	> 6500	$a; b; e; e; e; e$
	8—10	8—10	2400—6000	3000—3500	10000	$a; b; e; e; e; e$
	7—20	45	1500—2500	1000—2500	> 1500	$a; b; e$
	7—20	45	2000—3000	1000—2500	1000	$a; e$
	7—20	45	1500—3500	2250—3200	> 6000	$a; b; e; e; e; e$
	8—10	8—10	2500—6000	3000—3500	> 1000	$a; b; e; e; e; e$
	16	16	5000—12000	4000—8500	> 12000	$a; b; e; e; e; e$

Каретки, как правило, имеют несколько бурильных машин, что позволяет по сравнению с ручными перфораторами ускорить процесс обуривания забоя; они могут обуривать забой высотой до 12 м. При этом имеется возможность использования тяжелых колонковых перфораторов, вращательно-ударных бурильных машин, что позволяет увеличить глубину шпура до 5—6 м.

Благодаря дистанционному и полуавтоматическому управлению механизмами кареток один бурильщик может управлять одновременно несколькими машинами, что увеличивает производительность труда забойщика и сокращает количество людей, одновременно работающих в забое. Указанные положительные качества кареток выдвинули их в ряд прогрессивного технологического оборудования. В СССР созданием буровых кареток занимаются институты ЦНИИПодземмаш, Гипрорудмаш, НИПИГор-маш, Гипроникель, Кузнецкий машиностроительный завод и др.

За рубежом каретки выпускают фирмы: «Холман» (Англия), «Атлас Копко» (Швеция), «Секома» (Франция), «Гарднер Денвер», «Джой», «Ингерсол Рэнд» (США) и акционерное общество «Тампелла» (Финляндия).

Самоходные буровые каретки получили наибольшее распространение при разработке пологопадающих (до 16°) месторождений мощностью свыше 1,5—2 м сплошными и безэтанно-камерными системами. Они эксплуатируются как в очистных, так и подготовительно-нарезных выработках. Ограничивающим фактором использования кареток являются параметры забоя и особенно высота.

В СССР разработан ряд унифицированных буровых кареток для горнорудной промышленности типа БК, который состоит из семи машин шести типоразмеров (табл. 5).

По высоте обуриваемого забоя типажные каретки разделяются на шесть групп. К первой группе относятся каретки с максимальной высотой обуриваемого забоя до 2,5 м, ко второй группе — до 3,2 м, к третьей — до 3,6 м, к четвертой — до 4,3 м, к пятой — до 7,0 м, к шестой — до 12 м. Проходческие каретки объединяют I, II, III и IV типоразмеры. Каретки других типоразмеров предназначены для работы как в очистных, так и проходческих забоях.

При разработке залежей сплошными системами могут найти применение каретки всех типоразмеров. Каретки I, II, III типоразмеров (КВШм, СБКН-2п и др.) можно применять при проведении подготовительно-нарезных выработок сечением от 5 до 12 м<sup>2</sup> всех систем этой группы, а также в очистных забоях при мощности залежи до 4 м и угле падения ее до 10°. Каретки IV и V типоразмеров (СБУ-2м, СБУ-2к и др.) могут быть использованы при проведении горизонтальных подготовительно-нарезных выработок сечением от 4 до 7 м. В очистных забоях при пологом падении и мощности месторождений свыше 7 м могут

Таблица 5

Параметры	Каретки							
	типоразмеры							
	БК-1 (СБКН-2п)	БК-2Д	БК-2	БК-3	БК-4Д	БК-5Д	БК-6Д	
I	II	III	IV	V	VI			
Площадь обуриваемого забоя, м <sup>2</sup> : наибольшая наименьшая	8 3,6 2,5	10 6 3,2	10 6 3,2	14 9 3,6	20 12 4,3	60 20 12	100 20 12	
Наибольшая высота расположения горизонтального забоя, м	2,5	3,2	3,2	4,45	5	8	8	
Ширина забоя, обуриваемого с одной установки, м	2	2	3	3	3	3	4	
Количество перфораторов	ПТ-36	ПК-50	ПК-50	ПК-50	ПК-50	ПК-50 ПК-65	ПК-50 ПК-65	
Тип перфоратора	Пневмо-колесный	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	
Наибольшая глубина, м	2	3	3	3,5	4	5	5	
Тип ходовой части	Пневматический	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	Колесно-рельсовый	
Тип привода	—	Обычное	Нормальное	Обычное	Нормальное	Обычное	Обычное	
Расход сжатого воздуха (при бурении), м <sup>3</sup> /мин	3	3,5	4	3,5	4	4	4	
Скорость передвижения (наибольшая), км/ч	5	5	5	5	5	5	5	
Мощность привода хода, л. с.	15	5	5	5	5	5	5	
Максимальный преодолеваемый уклон, градус	—	Обычное	Нормальное	Обычное	Нормальное	Обычное	Обычное	
Конструктивное исполнение	—	Обычное	Нормальное	Обычное	Нормальное	Обычное	Обычное	
Наименьший радиус поворота, м	2,3	5	8	6	10	6	8	
Транспортные габариты, м:	4,25	1,9	1,5	1,9	2,1	2,4	2,6	
ширина	1,2	1,9	1,7	1,5	2,1	2,4	3	
высота	3,6	8	8	9	11	11	11	
длина	2,2	8	10	9	14	16	20	
Масса (ориентировочно), т	—	—	—	—	—	—	—	

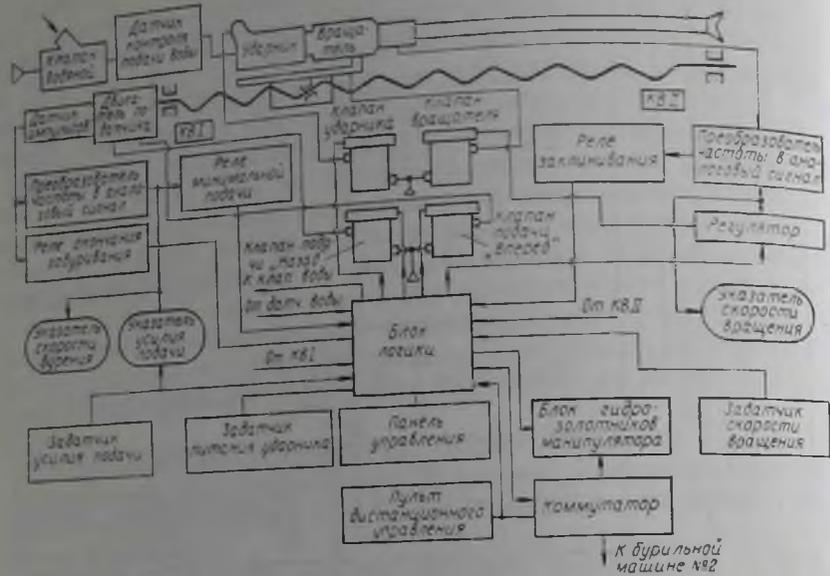


Рис. 3. Функциональная схема системы автоматического управления буровой кареткой

быть использованы каретки VI типоразмера (СБУ-4 и др.). Условия применения кареток приведены в табл. 4.

Особенностью буровых кареток типа БК, разработанных институтами Автоматгормаш и Гипромашобогатение, является применение в них автоматизированной системы управления, реализованной на пневматических элементах. В системе (рис. 3) использованы регулирующие клапаны и датчики расхода промывочной жидкости и гидравлические золотники с пневматическим управлением. Система предназначена для комплектации многоперфораторных буровых кареток и должна обеспечивать автоматическое выполнение всех операций бурения и защиту при работе в аварийных режимах. Работа машиниста сводится к смене бурового инструмента, настройке манипулятора на заданные координаты шпура и пуску машины. Схема позволяет одному оператору управлять тремя и более бурильными машинами дистанционно, находясь на расстоянии до 10—15 м от кареток. Управление всеми операциями кнопочное.

Схемой также предусмотрен привод управления любой бурильной машиной с местного пульта на дистанционный.

Применение самоходных кареток возможно при любом виде сплошных систем разработки; ограничивающим фактором является угол падения месторождения. При определении области применения буровых кареток необходимо учитывать крепость пород, направление бурения, угол наклона почвы и параметры

Таблица 6

Каретки	СД-71А		СД-73	
	1	2	1	2
СД-43	6,4	6,4	6,25	6,25
СД-44	4,6	4,6	3,35	3,35
«Секома-0,93»	3; 3,35; 4	7,0	Переменного тока 84,7 кВт. Постоянного тока 92 кВт 84,7—92	
СВМ-3м	2,2	2,5	8,6	
КВШМ	2,75	3,0	2,47	
	2	3,0	1,1—1,1	
Параметры	Пневматический		3,0—3,35; 3,65	
	40 л. с.		до 85	
Глубина бурения, м	5 л. с.		8,38—8,53	
	3,60		2,28—3,0	
Количество бурильных машин, шт.	3,60		4,7	
	4,25		2,28—3,0	
Размеры обуривания с одной установ- ки, м:	4,25		Переменного тока 37 кВт. Постоянного тока 25,7 кВт 25,7—37	
	4,30		8,2	
ширина	4,2		2,9	
	4,2		7,6	
высота	2,3		2,9	
	2,3		—	
Привод	2,3		—	
	2,3		—	
становленная мощность двигателей, кВт	2,3		—	
	2,3		—	
рабариты в транспортном положении, м:	2,3		—	
	2,3		—	
длина	2,3		—	
	2,3		—	
ширина	2,3		—	
	2,3		—	
высота	2,3		—	
	2,3		—	
Масса, т	2,3		—	
	2,3		—	
Радиус поворота, м	2,3		—	
	2,3		—	
Длина подачи, м	2,3		—	
	2,3		—	
Диаметр коронки, мм	2,3		—	
	2,3		—	

№ 8728

ВНИМАНИЕ  
РМЗ  
4372

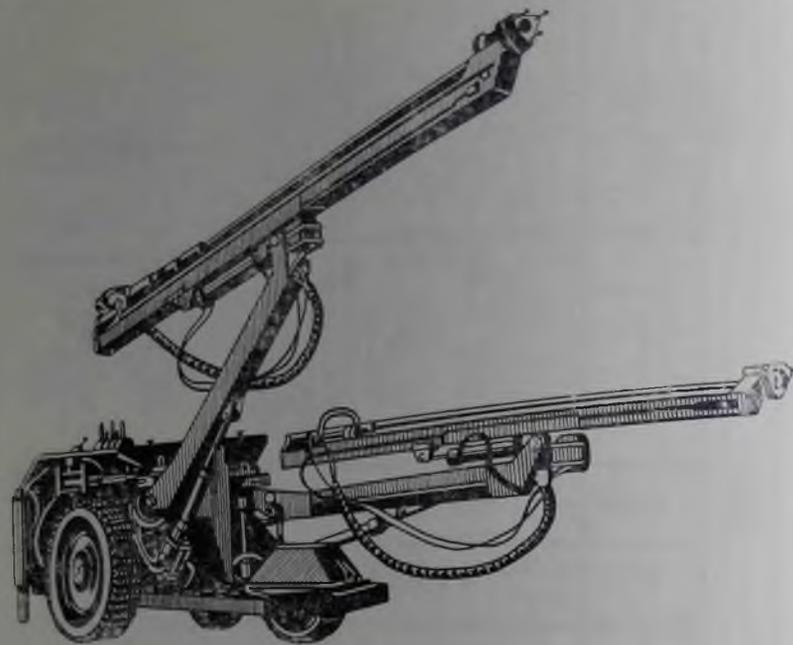


Рис. 4. Буровая каретка СБКН-2п

забоев, безопасность ведения буровых работ, возможность укрытия буровых машин на период ведения взрывных работ, возможность быстрой доставки машин в забой, их монтаж и демонтаж.

При выборе кареток по габаритам необходимо соблюдать условие

$$B = b_m + 2m, \quad (1)$$

где  $B$  — минимальная ширина забоя;  $b_m$  — ширина машины;  $m \geq 0,7$  м — минимальная ширина для прохода людей.

Минимальная высота забоя должна быть на 500—600 мм больше минимальной высоты каретки в рабочем положении.

Если имеются несколько однотипных буровых установок, то необходимо сделать сравнительную оценку их по технико-экономическим показателям.

В Советском Союзе созданы две модели малогабаритных кареток: КБШм института Гипрорудмаш и СБКН-2п института НИИПГормаш.

За рубежом выпускается несколько моделей таких кареток, из них наиболее распространены «Секома-284», «Секома-093», CD-43, CD-73 (табл. 6), «Мицбор».

Буровая каретка КБШм предназначена для бурения шпуров диаметром 40—46 мм в очистных и проходческих забоях. Она имеет пневмоколесную ходовую часть, два манипулятора, на которых смонтированы автоподатчики с перфораторами ПК-60 с независимым вращением бура, гидро- и пневмосистемы, пульт

управления. Ходовая часть включает в себя сварную раму, в которой прикреплены два ведущих колеса. Каждое из них имеет свой пневмопривод, а рулевое колесо — привод поворота. Для разгрузки ходовой части во время бурения каретка снабжена тремя гидродомкратами.

Каретки успешно эксплуатируются на рудниках Кривбасса, где они применяются при проведении подготовительно-парезных выработок. Среднесменная эксплуатационная производительность каретки составила в этих условиях 58 м, а максимальная — 108 м/смену.

Буровая каретка СБКН-2п (рис. 4) предназначена для бурения шпуров при проведении горизонтальных и слабонаклонных (до 10°) выработок сечением от 3,5 до 10 м<sup>2</sup>.

У каретки все механизмы приводятся в действие от энергии сжатого воздуха, на ней установлены пневмопоршневые податчики шагающего типа с перфораторами ПТ-36 или ПК-60. Глушитель шума пневмодвигателей встроен в раму каретки. В настоящее время широко применяется при проходке подготовительно-парезных выработок на шахтах Кривбасса и Урала. При этом была достигнута техническая скорость бурения шпуров 355 мм/мин при расходе сжатого воздуха 10 м<sup>3</sup>/мин.

#### РАСЧЕТ БУРЕНИЯ КАРЕТКАМИ

Техническая и эксплуатационная производительность буровых кареток при наличии нескольких бурильных машин определяется с учетом коэффициента одновременности их работы.

Техническая производительность одной бурильной машины определяется уравнением

$$L'_T = (1 - k_1 - k_2) v_m, \quad \text{м/мин}, \quad (2)$$

где  $k_1$  и  $k_2$  — коэффициенты, учитывающие время соответственно на замену бурового инструмента и на все вспомогательные операции при перемещении бурильной машины от шпура к шпуру, включая забуривание;  $v_m$  — механическая («чистая») скорость бурения, м/мин.

Коэффициент  $k_1$  зависит от крепости пород, эффективной мощности машины, скорости подачи, диаметра и длины шпура, а также от количества бурильщиков, а коэффициент  $k_2$  — от конструкции манипулятора, скорости манипулирования, количества бурильщиков, формы, размеров забоя и схемы расположения шпуров. По хронометражным наблюдениям, проведенным на рудниках Джекказганского и Ачисайского комбинатов,  $k_1 = 0,12 \div 0,26$ ,  $k_2 = 0,05 \div 0,08$ . «Чистая» скорость бурения бурильной машины зависит от буримости пород, эффективной мощности машины, диаметра и длины шпура, направления бурения, интенсивности удаления бурового шлама.

Техническая производительность каретки равна

$$L_T = 60 k_c L'_T, \quad \text{м/ч}. \quad (3)$$

где  $k_0$  — коэффициент одновременности работы бурильных машин;  $k_0 = 0,95 \div 0,85$  — для кареток с двумя или тремя манипуляторами;  $k_0 = 0,80 \div 0,90$  — для кареток с четырьмя бурильными машинами;  $m$  — число бурильных машин на каретке.

Сменная эксплуатационная производительность каретки равна

$$Q_3 = L_T T_{см} k_0 m / \text{смену}, \quad (4)$$

где  $k_3$  — коэффициент использования каретки в течение смены. В расчетах можно принимать  $k_3 = 0,5 \div 0,7$ ;  $T_{см}$  — длительность смены в часах.

**Буровые станки** применяются при бурении скважин диаметром от 46 до 56 мм и глубиной до 30 м. В узких буровых выработках и в крепких рудах могут найти применение колонковые перфораторы, станки БСМ-1 или колонковые установки КБУ-50.

Для бурения скважин в мягких породах используются колонковые электросверла.

### § 3. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

На зарядании шпуров как в подготовительно-нарезных, так и очистных забоях при сплошных системах разработки широкое применение должны получить переносные пневмозарядчики «Курама-6», «Курама-7м», ЗП-1 и др. При разработке пологопадающих залежей мощностью свыше 6 м сплошными системами с открытым выработанным пространством могут быть использованы самоходные зарядные машины и, в частности, ПМЗШ-2.

Зарядание скважин в зависимости от горнотехнических условий может осуществляться зарядно-доставочными машинами УЗДМ-1, ЗАС-1, ЗДУ-50, ДДУ-1.

### § 4. ПОГРУЗКА

В зависимости от применяемых систем разработки на погрузке руды в очистных и проходческо-нарезных выработках могут использоваться различные типы погрузочных средств.

На добыче руд в пологопадающих залежах системами с открытым выработанным пространством рационально применять ковшовые погрузчики, погрузочные машины с нагребными лапами и экскаваторы. Ковшовые погрузчики могут найти применение и в подготовительных выработках.

**Погрузочные машины с нагребными лапами** рационально использовать в комплексе с другими самоходными машинами и конвейерами на проходке горизонтальных подготовительно-нарезных выработок сечением свыше 8 м<sup>2</sup> и в очистных забоях при мощности месторождений от 2 до 6 м и угле падения до 10°. Они иногда применяются для погрузки руды с подошвы откаточных выработок с безлюковой погрузкой. Рациональные условия применения погрузочных машин с нагребными лапами приведены в табл. 7.

Таблица 7

Типоразмер машины	Минимальные размеры забоя, м			Угол наклона выработки, градус	Характеристика горной массы	Максимальная высота транспортного средства, м
	высота	ширина	длина			
I — легкие (ПНБ-1, ПР-25Е ЛН-62 и др.)	1,4— 2,0	2,0— 2,3	7,2— 8,0	До 8	Коэффициент крепости пород $f \leq 5$ . Легкие материалы (песок, марганцевая руда) с максимальным куском $a = 200$ мм	0,5— 1,5
II — средние (1ПНБ-2 и 2ПНБ-2, ПНБ-2к, 14ВН-8, МС-3, МС-4 и др.)	1,5— 2,7	2,3— 3,0	7,6— 9,4	До 10	$f \leq 8$ , кусковатость до 400 мм	0,6— 1,8
III — тяжелые (ПНБ-3К, ПНБ-3Д, 18НР-2)	2,5— 3,0	3,0— 3,7	9,0— 9,5	До 8	$f \leq 14$ , кусковатость до 600 мм	0,9— 2,1
IV — сверхтяжелые (ПНБ-4, 19НР-2, МС-5, 36СЕ)	2,5— 3,2	3,4— 3,7	9,8— 11,0	До 15	$f = 16$ , кусковатость 700—800 мм	1,8— 2,3

Тот или другой типоразмер погрузочных машин с нагребными лапами выбирается с учетом заданной производительности, кусковатости и крепости горной массы, параметров забоя и угла наклона почвы выработки, возможности перемещения машин из одного забоя в другой, быстроты сборки и разборки.

Если производительность и габариты забоев не позволяют применять экскаваторы, то в этом случае нужно использовать погрузочные машины с нагребными лапами. Для них характерны высокая производительность, особенно на погрузке однородной горной массы с малым выходом негабаритных кусков, большая маневренность, возможность использования в малогабаритных выработках.

В одиночных изолированных очистных забоях, где ведение взрывных работ разрешается в любое время, класс машины определяется в основном габаритами забоев (см. табл. 7), так как чем мощнее будет машина, тем быстрее она уберет отбитую горную массу и подготовит забой для бурения. Минимальные зазоры между машиной и стенкой выработки должны быть равны со

сторону прохода людей 700 мм и с противоположной стороны 600 мм (§ 178 ЕПБ).

Если в одиночных забоях взрывание возможно только в определенное время (в конце смены), то производительность выбранной машины должна обеспечить уборку породы для завершения цикла работ в забое за смену или четное число смен. Аналогичные требования предъявляются к выбору производительности машины при работе ее в смежных забоях.

При системах с магазинированием или с безлюковой погрузкой, если размеры выработок не лимитируют, то выбирают сверхтяжелые машины с наибольшей производительностью (ПНБ-4, 19НН-2 и др.).

Для выбора погрузочных машин необходимо знать их техническую  $Q_T$  и эксплуатационную  $Q_3$  производительности в конкретных горнотехнических условиях и при определенной организации работ в забоях.

Техническая производительность  $Q_T$  погрузочных машин зависит в основном от granulометрического состава погружаемого материала, высоты развала отбитой горной массы, размеров выработки и уклона почвы.  $Q_T$  находится по теоретической производительности  $Q$ .

По известной теоретической производительности  $Q$  величина технической производительности может быть определена по формуле [4]

$$Q_T = \psi Q \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (5)$$

где  $\psi$  — коэффициент, учитывающий влияние свойств погружаемой горной массы, высоты развала, размеров и уклона почвы, выхода негабарита. Кроме того, этот коэффициент зависит от напорного усилия и веса машины, типа привода хода, а также от способа управления и квалификации машиниста.

Теоретический учет столь многообразных факторов не представляется возможным, в связи с чем истинные значения  $\psi$  устанавливаются экспериментальным путем. Зная величину  $\psi$  для конкретных условий работы машины, можно определить техническую производительность при любом сочетании горнотехнических условий. Коэффициент  $\psi$  является функцией четырех величин: среднего размера куска горной массы  $a$ , коэффициента крепости  $f$ , насыпного веса материала  $\gamma$ , приведенного угла откоса штабеля  $\varphi$  и высоты навала  $H$ .

Приведенный угол откоса  $\varphi$  определяется из выражения

$$\varphi = \varphi_0 \pm \beta, \text{ градус},$$

где  $\varphi_0$  — усредненный абсолютный угол откоса навала скальной породы;  $\beta$  — угол наклона почвы выработки, в которой производится погрузка. Знак плюс принимается в случае погрузки

при движении машины вниз, знак минус — при движении вверх. Значение коэффициента  $\psi$  определяется по формуле

$$\psi = k_3 \frac{t_2 \varphi}{\sqrt{\gamma f^2 / n}}, \quad (6)$$

где  $k_3$  — коэффициент, учитывающий способ захвата груза (при нижнем захвате  $k_3 = 1$ , при верхнем — 0,86, при боковом — 0,68).

Расчетная эксплуатационная производительность погрузочных машин соответствует часовой технической производительности, за вычетом потерь, вызываемых предусмотренной схемой работы машины, способом доставки горной массы и организацией работ в забое. Эти потери обычно учитываются коэффициентом использования машины во времени  $k_4$ , значения которого принимаются по данным практики:

при системах с магазинированием, торцовым выпуске и безлюковой погрузке . . . . .	0,6—0,8
для одиночного забоя, где погрузка чередуется посменно с отбойкой . . . . .	0,3—0,4
для нескольких забоев, работающих по одной диаграмме, где машина в течение смены может переезжать из одного забоя в другой . . . . .	0,4—0,6

Эксплуатационная производительность может быть определена по формуле

$$Q_3 = Q_T k_4. \quad (7)$$

**Подземные экскаваторы** в условиях рассматриваемых систем находят ограниченное применение, исключение составляет разработка залежей мощностью свыше 5 м, когда возможно применение малогабаритных тоннельных экскаваторов. При наклонном и крутом падении месторождений тоннельный экскаватор может быть использован на погрузке руды с почвы откаточных выработок.

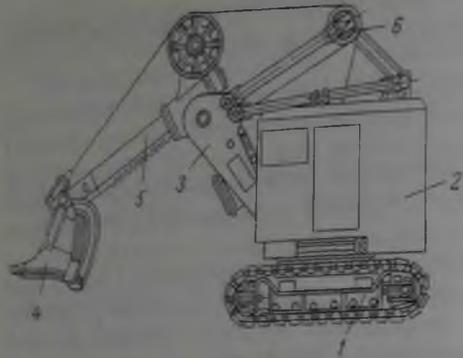
Для работы в очистных и подготовительных выработках размерами более 36 м<sup>2</sup> шведская фирма «Кокум-Ландсверк» разработала несколько специальных моделей тоннельных экскаваторов, из которых получили известность типы L-85, KL-260 (рис. 5) и KL-600. Все эти экскаваторы имеют уменьшенные габариты, что достигнуто путем изменения конструкции рабочего оборудования и уменьшения длины поворотной платформы.

Экскаваторы выбирают по производительности забоя или группы смежных забоев, габаритам, углу наклона почвы забоев и кусковатости горной массы.

Необходимую емкость ковша определяют по уравнению [6]

$$q = \frac{1}{60 \pm \eta \frac{k_n}{k_p t_u} \left( \frac{60 T_{cm} k_3}{n Q_3 k} - \frac{t_1}{k_T W} - \frac{t_2}{V} \right)}, \text{ м}^3, \quad (8)$$

Рис. 5. Экскаватор КЛ-260:  
 1 — гусеничный ход; 2 — пово-  
 ротная платформа; 3 — стрела;  
 4 — ковш; 5 — рукоять; 6 —  
 жесткая двуногая стойка



где  $z$  — коэффициент, характеризующий уменьшение технической производительности экскаватора вследствие затраты времени на выборку из развала негабаритных кусков, определяется по формуле

$$z = 1 - \frac{n_n \varepsilon t_{ц}}{60}; \quad (9)$$

здесь  $n_n$  — количество циклов удаления негабаритов за час чистой работы машины;  $t_{ц}$  — продолжительность цикла, мин;  $\varepsilon$  — отношение продолжительности цикла выборки негабарита к рабочему циклу экскаватора, зависит от угла поворота платформы; для расчета может быть принято в зависимости от величины угла поворота  $\beta$  в следующих пределах:

$\beta$ градус . . . . .	90—140	150—180	180
$\varepsilon$ . . . . .	1,10—1,15	1,0—1,05	0,8—0,95

Количество циклов удаления негабаритов равно

$$n_n = \frac{Av}{100a},$$

где  $A$  — выход негабарита, %;  $v$  — общий объем отбитой руды, погружаемой экскаватором за час работы, м<sup>3</sup>; для расчетов можно принять  $v = nkQ_3/T_{см}k_T$ ,  $a$  — средний объем негабаритного куска, м<sup>3</sup>;  $\eta$  — коэффициент, учитывающий изменение технической производительности в зависимости от высоты развала (при экскавации в забоях высотой от 6 до 12 м  $\eta = 0,85 \div 0,90$ , а при погрузке руды из магазина в камере или безлюковой погрузке  $\eta = 1$ );  $k_n$  — коэффициент наполнения ковша в зависимости от развала ( $k_{p, max}$ ) принимается в пределах:

$k_{p, max}$ м . . . . .	2—2,5	3—4,5	4,5 и более
$k_n$ . . . . .	0,4—0,5	0,60—0,75	0,80—0,85

$t_{ц}$  — продолжительность рабочего цикла экскаватора (с), определяется по формуле

$$t_{ц} = \left( t'_{ц} - \frac{\beta - 90^\circ}{6m} \right) k',$$

где  $t'_{ц}$  — продолжительность рабочего цикла при угле поворота платформы на 90° (с), берется из паспортных данных экскаваторов;  $\beta$  — угол поворота экскаватора в забое, градус;  $m$  — число оборотов платформы экскаватора, об/мин, берется из паспортных данных;  $k' = 1,2 \div 1,5$  — коэффициент, учитывающий стесненные условия работы в подземном забое;  $k_p$  — коэффициент разрыхления, находится по формуле

$$k_p = (1,5 \div 3,5) 10^{-4} a_{ср},$$

здесь  $a_{ср}$  — средний размер куска горной массы (мм) в поперечнике;  $k_n = 0,5 \div 0,7$  — коэффициент использования экскаватора во времени в течение смены;  $Q_3$  — планируемая производительность забоя, м<sup>3</sup>/смену;  $n$  — число смежных забоев, в которых экскаватор должен убрать руду за смену;  $k = 1,2 \div 1,5$  — коэффициент неравномерности работы забоев;  $t_1 = 0,6 \div 2$  мин — интервал в подаче транспортных средств;  $k_T = 0,90 \div 0,95$  — коэффициент заполнения кузова транспортной машины;  $W$  — емкость кузова транспортной машины, м<sup>3</sup>;  $t_2$  — время передвижки экскаватора в забое, мин;  $V$  — объем погруженной руды, приходящийся на одну передвижку, м<sup>3</sup>;

$$\frac{t_2}{V} = (0,01 \div 0,02), \text{ мин/м}^3.$$

После определения емкости ковша по производительности забоя, ее проверяют по максимальному поперечному размеру куска. Должно быть соблюдено неравенство  $q \geq 2a_{max}$ , где  $a_{max}$  — максимальный размер куска, м.

Минимальные размеры экскаватора находят из условий:

$$H_3 \leq h - m_1,$$

$$L_3 \leq b - 2m,$$

где  $H_3$  — наибольшая высота экскаватора, м;  $m_1 = 0,5 \div 0,8$  м — минимальный зазор между головными блоками и кровлей выработок;  $h$  — высота выработки, м;  $L_3$  — наименьшая длина экскаватора при подтянутом ковше, равная  $L_3 = A + R_3$  (см. рис. 24);  $A$  — радиус вращения хвостовой части экскаватора, м;  $b$  — ширина выработки, м;  $m \geq 0,7$  м — зазор между экскаватором и стенкой забоя.

Как показала практика, экскаваторные комплексы подземных самоходных машин в условиях выемки крепких абразивных руд обеспечивают более высокую технико-экономическую эффективность добычи руды, чем комплексы с другими погрузочными средствами (скреперные грузчики, погрузочные машины с нагребающими лапами и др.).

Производительность экскаватора находится из условий непрерывности обеспечения его транспортными средствами. Техническая производительность определяется уравнением

$$Q_T = \frac{60q n_{ц} k_n z \eta}{k_p}, \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (10)$$

где  $q$  — геометрическая емкость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $n_{ц}$  — число циклов в минуту в данных условиях.

Зная техническую производительность экскаватора в конкретных условиях, можно определить время необходимое для уборки горной массы из забоя или группы забоев. Время погрузки равно

$$t_n = t'_1 + t'_2 + t'_3, \text{ ч.}; \quad t'_1 = \frac{k Q_3 n}{Q_T}, \text{ ч.}$$

где  $t'_1$  — время пребывания экскаватора на погрузке, ч;  $t'_2 = 0,7 \div 1,4$  — время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные операции (загон машины в забой, подготовка забоя для экскавации, выгон машины после окончания погрузки в безопасное место, чистка, профилактика машины);  $t'_3$  — время, учитывающее все простои, не связанные с процессом погрузки: передвижение экскаватора из забоя в забой, ожидание откаточных средств, отключение электроэнергии, аварийные ремонты и т. д.

По данным практики,  $t'_3 = (0,3 \div 0,5) t'_1$ . Время  $t_n$  можно также определить как  $t_n = k Q_3 n / Q_3$ , где  $k = 1,2 \div 1,3$  — коэффициент неравномерности работы забоя;  $Q_3$  — эксплуатационная часовая производительность экскаватора,  $\text{т}/\text{ч}$ ;  $Q_3$  — плановая производительность забоя,  $\text{т}/\text{ч}$ .

Эксплуатационная производительность при погрузке экскаватором в самоходные транспортные средства может быть найдена по формуле

$$Q_3 = \frac{60 k_B \gamma}{\frac{60}{Q_T} + \frac{t_1}{k_T W} + \frac{t_2}{V}}, \text{ т}/\text{ч.} \quad (11)$$

## § 5. ДОСТАВКА

Затраты на доставку полезного ископаемого составляют 30—50% от общих затрат на очистную выемку. Производительность доставочных средств во многих случаях предопределяет производительность блока, панели, забоев, концентрацию и интенсификацию горных работ. Поэтому совершенствование схем доставки и насыщение забоев современным мобильным оборудованием или непрерывными средствами доставки имеет актуальное значение.

На очистной выемке наибольшее распространение получили самотечный и механизированный способы доставки полезного ископаемого от забоя до откаточного горизонта.

Скреперные установки широко применяются на погрузке и доставке скальных руд в очистных забоях и на подготовительно-нарезных работах. Широкое распространение скреперной доставки объясняется рядом ценных качеств, присущих этому виду транспорта: совмещение операций погрузки и доставки горной массы, малые габариты и вес, простота конструкций и небольшая стоимость оборудования, возможность транспортирования горной массы различной кусковатости и при различных углах наклона почвы выработок, надежность в работе, приспособляемость к различным условиям и физико-механическим свойствам горной массы, простота обслуживания, возможность доставки руды из пересекающихся узких забоев.

Скреперные установки состоят из скреперных лебедок, канатов, скрепера и отклоняющих блоков. При доставке горной массы по узкой дорожке применяют двухбарабанные, а при уборке полезного ископаемого, размещенного на большой площади, — трехбарабанные скреперные лебедки.

В маломощных залежах, а также на подэтажах и слоях с малым сроком отработки рекомендуется применять установки мощностью 15—30 кВт, а при проведении узких (до 2—3 м) и коротких (до 10—15 м) выработок — до 15 кВт.

В очистных камерах при мощности залежки свыше 3 м, на горизонтах вторичного дробления, а также для доставки руды из магазинов могут быть использованы установки мощностью 55—100 кВт.

При выборе скреперной установки следует иметь в виду следующие ее недостатки: резкое снижение эффективности при длине скреперования более 50—60 м, измельчение доставляемого материала, малый коэффициент использования энергии за счет сопротивления почвы движению скрепера, стационарность, малый коэффициент использования во времени.

Конвейерные установки можно применять при многих сплошных системах разработки руд с коэффициентом крепости менее 8.

Конвейеры обычно устанавливаются или вдоль забоев, или на промежуточных доставочных выработках и работают в комплексе с самоходными погрузочными и доставочными или погрузочно-доставочными машинами. Однако при сплошных системах возможна полная конвейеризация доставки руды. В этом случае вместо вагонов могут работать в забоях самоходные пластинчатые конвейеры, виброконвейеры, успешно применяемые на рудниках Зырянского свинцового комбината. Конвейеры используются и как питатели.

Тип конвейера для доставки выбирается в зависимости от производительности грузопотока, кусковатости и физико-механических свойств горной массы, угла наклона почвы.

На доставке руды применяют вибрационные, скребковые, пластинчатые и ленточные конвейеры (табл. 8, 9). Вибрационные

Таблица 8

Тип конвейера	Организация, разработавшая конструкцию	Техническая производительность, т/ч	Мощность привода, кВт	Размеры, м			Масса, т
				высота	ширина	длина	
<b>Виброконвейеры</b>							
ВК-2А	НИГРИ	120	20	1,55	2,04	10,40	6,0
БК-3	То же	100	16	1,44	2,00	—	—
ВР-100 м (25 секций)	ВНИИцветмет	250	50	0,65	1,0	50	50
ВР-30 (15 секций)	Востокмашзавод	250	15	0,85	1,03	30	7,50
КВ-2	НИГРИ	500	22	0,95	1,23	5,50	4,70
<b>Скребокые с нижней рабочей ветвью</b>							
КР-60	Завод «Свет шахтера»	400	32	2,5	1,3	50	50
КРЦ-3	Гипроникель	800	100	—	—	60	—
<b>Пластинчатые конвейеры</b>							
ПТ-60	Завод «Коммунист»	495	32	0,88	1,28	60	30,0
КПР-10	Гипроруда	600	40	0,87	1,00	51	34,8
КФР-1	Казахский политехнический институт им. В. И. Ленина, Дзезказганский горно-металлургический комбинат им. К. И. Сатпаева (ДГМК)	500—600	30	1,0	1,32	60	40

Таблица 9

Виброустановка	Организация, разработавшая конструкцию, и завод-изготовитель	Допускаемая производительность, м <sup>3</sup> /ч	Мощность двигателя, кВт	Размеры, м			Масса, т
				высота	ширина	длина	
<b>Питатели для донного выпуска руды</b>							
«Сибирячка»	ИГД СО АН СССР, изготавливает Магнитогорский завод горного оборудования	360	20	0,65	1,20	6,00	3,00
ВДШУ-4ТМ	ВНИИцветмет и ИГД СО АН СССР, изготавливает Востокмашзавод	250	10	0,24	1,20	4,50	3,00
ВЛ-2	ИГД СО АН СССР	250	14	0,48	1,40	6,50	2,4
ВВДР	ИГД им. А. А. Скочинского	300	28	1,35	1,50	7,00	5,00
ВКВС (секционный)	Гипрорудмаш, изготавливает Пермский машиностроительный завод	120	1,9×4	0,77	1,71	6,60	48

Продолжение табл. 9

Виброустановка	Организация, разработавшая конструкцию, и завод-изготовитель	Допускаемая производительность, м <sup>3</sup> /ч	Мощность двигателя, кВт	Размеры, м			Масса, т
				высота	ширина	длина	
<b>Питатели для торцового выпуска</b>							
ВПН-2	НИПИгормаш	200	42	1,80	2,50	5,50	15,8
ВП-1	ВНИИцветмет	250	40	—	1,90	5,0	10,0
ПВ	НИГРИ	500	20	1,00	1,44	10,5	7,0
ВП-2	ВНИИцветмет, изготавливает Востокмашзавод	250	40	1,30	1,60	5,35	10,3
<b>Вибролюки</b>							
АШЛ	Гипрорудмаш	300	6,0	3,57	—	2,44	2,30

конвейеры работают в комплексе с одним или несколькими питателями для доставки руды до рудоспуска.

Институтом горного дела Сибирского отделения АН СССР совместно с другими институтами и горными предприятиями цветной металлургии разработан и внедрен типовый ряд вибрационных питателей — вибролент для выпуска и погрузки руды из очистного пространства (табл. 10).

Таблица 10

Тип	Характеристика вибрационных питателей		
	Производительность, т/ч	Масса, т	Габариты, мм
ВЛЖ-1м	170	0,14	1500×900×250
ВЛР-1	250	0,18	2050×900×450
ВЛР-2	350	0,36	3000×900×500
ВЛР-3	450	0,425	2500×1200×500
ВЛ-3	250	0,78	3800×1200×340
ВЛ-2	400	0,83	3800×1200×350

Эти вибропитатели нашли применение на рудниках Хрустальнепского, Иртышского, Кировоградского, Красноуральского комбинатов и Дегтярского рудоуправления. Они являются наиболее простыми, легкими и дешевыми из однотипных машин и позволяют в 2—3 раза повысить производительность труда на выпуске.

Наиболее приемлемыми в условиях медноколчеданных рудников Урала оказались виброленты ВЛ-2м и ВЛ-3м и малогаба-

ритные вибропобудители ВЛ-300 (ВП-2СУ). Вибромеханизмы внедряются на Левихинском, Турьинском, Ломовском, Карабашском и других медных рудниках Урала.

Вибропобудители ВЛ-300 (ВП-2СУ) и виброленты ВЛ-2м и ВЛ-3м служат для улучшения истечения руды из выпускного отверстия и ликвидации зависания. Виброленты монтируют на деревянном основании. Привод размещается под лентой, электрокабель проводят по скважине. Пульт управления находится у скреперной лебедки, находящейся на штреке скреперования.

Вибрационный выпуск руды из очистных блоков позволил значительно повысить безопасность и улучшить условия труда. Число зависаний сократилось в 15—20 раз, интенсивность выпуска выросла в 5—10 раз.

Скреповые конвейеры работают на доставке руды из выпускных отверстий до рудоспуска или в аккумулирующих выработках. В последнем случае загрузка их происходит питателями, скреперными установками и ПДМ с зависимым источником питания. При длине аккумулирующих выработок более 50 м в них монтируется два и более конвейеров. Конвейеры двух- или трехцепные, как правило, имеют нижнюю рабочую ветвь. Их применение обусловлено простотой и прочностью конструкции. Однако они плохо работают на крупнокусковой абразивной руде. Производительность конвейеров при эксплуатации их из-под выпускных выработок достигла 400—600 т/смену.

Пластинчатые конвейеры применяются для доставки руды на расстояние до 60—70 м по аккумулирующим выработкам до рудоспусков, от забоев до магистральных конвейеров. Загрузка конвейера происходит челночными вагонетками или ПДМ. Производительность пластинчатых конвейеров при работе в аккумулирующих выработках составляет 1000—1200 т/смену, из-под выпускных отверстий — 500—600 т/смену. При работе пластинчатого конвейера КФР-1 длиной 60 м на шахте № 51 Джезказганского комбината на доставке руды по панельному штреку в рудоспуск в комплексе с самоходной вагонеткой ВСД-10 была получена техническая производительность, равная 300—320 т/ч, при скорости движения несущего полотна 0,65 м/с.

Ленточные конвейеры применяют в аккумулирующих выработках только при доставке мелкокусковой (до 200—300 мм) руды, а также при разработке пологих залежей сыпучих и мягких руд (калийные соли, марганцевая руда). Работают в сочетании с комбайновой шемкой и челночными вагонетками, которые доставляют горную массу из забоев на конвейер, установленный в участковом (блоковом) штреке.

Самоходные вагоны и автотягачи с прицепами. Самоходные вагоны обычно применяются как забойные транспортные средства в слабонаклонных (до 10°) выработках малого сечения, где они двигаются по челночной схеме без разворотов. Вагоны обычно работают в комплексе с комбайнами или погрузочными машинами.

Типоразмер, марки вагонов	Минимальные размеры выработок, м		Максимальная длина доставки, м	Максимальный угол подъема трассы, градус	Область применения
	высота	ширина			
I типоразмер, ВС-5П	2,5	2,2	До 100	7	Подготовительно-нарезные работы при подготовке блоков, камер, панелей
II типоразмер, 4-ВС-10 1-ВС-10 3-ВС-10	2,5	3,5	360	15	Камерно-столбовая система при добыче калийных солей, сланцев и др. Различные системы разработки горизонтальными слоями с закладкой
III типоразмер, 3-ВС-15РВ 5-ВС-15	2,5	3,8	360	11 15	Камерно-столбовая система при добыче калийных солей, сланцев. Разработка горизонтальными слоями с закладкой различными системами
IV типоразмер, 1-ВС-20 ВСДЭ-20	3,0 3,0	4,1 3,8	400 Не ограничена	15 12	Проходка квершлаггов, штреков при длине доставки от 300 до 600 м. Очистные работы в залежах мощностью до 3 м

Они могут быть применены на очистных и проходческих работах при разработке маломощных пологопадающих месторождений сплошными системами с открытым выработанным пространством, с закладкой и обрушением (табл. 11).

Из забоев вагоны доставляют горную массу к рудоспускам, перегрузочным пунктам магистрального конвейерного или локомотивного транспорта, а закладочный материал — в выработанное пространство. Для кабельных вагонов рациональная длина доставки составляет 400 м, а для дизельных — до 1000 м.

В связи с незначительной высотой выработок автотягачи с прицепами могут найти ограниченное применение лишь при разработке месторождения мощностью более 5 м, при хорошей вентиляции выработок.

## § 6. ПОГРУЗОЧНО-ДОСТАВОЧНЫЕ МАШИНЫ

В горнорудной промышленности СССР и за рубежом в настоящее время большое распространение получили погрузочно-доставочные машины (ПДМ), которые комплексно выполняют операции погрузки, транспортирования и разгрузки разрыхленной горной массы. Эти машины могут успешно применяться

в следующих горнотехнических условиях: а) разработка сплошными, камерными, блоковыми и комбинированными системами как при пологом, так и крутом падении месторождения, а также линз и участков со сложным залеганием рудного тела; б) при проходке тоннелей, горно-капитальных, вентиляционных и околоствольных выработок; проведении подготовительных и нарезных выработок, подэтажных и слоевых штреков, выработок горизонта бурения, мшиных камер и т. д.

По сравнению с другими средствами погрузки и доставки, погрузочно-доставочные машины требуют меньшего числа обслуживающего персонала; по сравнению со скреперными установками имеют большую маневренность, позволяют убирать руду в нескольких забоях в течение смены, могут транспортировать горную массу по выработкам малого сечения с небольшим радиусом закругления, способствует интенсивности ведения очистных работ и, следовательно, их безопасности, требуют меньшего времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции. В последнее время созданы мощные самоходные погрузочно-доставочные машины с дизельным приводом, которые начали широко применяться на очистных работах вместо самоходных погрузочных машин и транспортных средств при длине доставки до 200—400 м.

Погрузочно-доставочные машины подразделяются на агрегаты легкого и тяжелого класса.

Машины легкого класса имеют погрузочный орган малого объема (0,1—0,4 м<sup>3</sup>) и емкость бункера, не превышающую 2 м<sup>3</sup>. Расстояние доставки для этих машин составляет обычно не более 200 м, вес груженой машины 4—8 тс. Почти все машины этого класса имеют зависимое питание энергией: через пневматический шланг или электрический кабель. Выработки, где могут использоваться эти машины, должны иметь сечение 4,5—12 м<sup>2</sup>.

Машины тяжелого класса имеют, как правило, автономный привод — дизельный, используются на проходке выработок сечением свыше 10 м<sup>2</sup> и в очистных выработках. Они могут транспортировать горную массу на большие расстояния. Бункер имеет емкость 3—15 м<sup>3</sup>, вес груженой машины достигает 50 тс.

Скорость движения погрузочно-доставочных машин 4—35 км/ч при средней 10—13 км/ч и ограничивается требованиями техники безопасности. Быстроходные машины снабжаются трансмиссиями, позволяющими обеспечить достаточно широкий диапазон регулирования скоростей. Главным фактором, влияющим на скорость движения, является состояние покрытия дороги и величина уклонов. Большинство машин преодолевают уклон до 17°.

Разработан типоразмерный ряд самоходных шахтных погрузочно-доставочных машин (табл. 12). В качестве главного параметра принята грузоподъемность машин, значение которой соответствует ряду предпочтительных чисел по ГОСТ 8032—56. Ковшовые безбункерные машины обозначаются индексами ПД (ПД-5,

Таблица 12

Марка машины	Грузоподъемность, т	Емкость кузова не менее, м <sup>3</sup>	Емкость ковша не менее, м <sup>3</sup>	Габариты не более, мм			Максимальная высота разгрузки не менее, мм	Мощность привода не более, л. с.	Масса не более, т	Тип привода
				длина	ширина	высота при транспортировании				
ПТ-2	2	1,0	0,12	3 150	1 400	1 600	1 850	40	5	Пневматический
ПТ-3	3	1,5	0,20	3 350	1 800	1 800	2 240	60	7	»
ПТ-5	5	2,5	0,50	4 750	2 360	2 000	2 800	90	10	Пневматический, электрический
ПТ-10	10	5,0	0,80	8 500	2 500	2 500	3 150	130	16	Дизельный, электрический
ПТ-20	20	10,0	1,60	11 800	2 800	2 650	3 550	190	25	Дизельный, дизель-электрический
ПД-2	2,0	—	1,0	4 500	1 320	1 700	—	60	5	Дизельный, электрический
ПД-3	3,0	—	1,5	6 300	1 600	1 900	—	90	10	»
ПД-5	5,0	—	2,5	6 900	1 900	2 240	—	130	16	Дизельный
ПД-8	8,0	—	4,0	9 000	2 500	2 500	—	190	22	»
ПД-12	12,0	—	6,0	10 000	2 800	2 650	—	250	28	Дизельный, дизель-электрический

Таблица 13

Погрузочно-доставочные машины	Область применения	Минимальные габариты выработки, мм		Пределный угол падения выработки, градусе	Каким машинами заменяют
		ширина	высота		
<p>Легкого типа: МПДН-1, МПДН-2, ПДВ-2</p>	<p>На подготовительно-нарезных работах при системах разработки с подэтажной отбойкой, подэтажного, этажного и блокового обрушения, сплошными, камерно-столбовыми и панельно-столбовыми, этажно-камерными системами, разработки горизонтальными слоями с закладкой</p> <p>На очистных работах при системе разработки горизонтальными слоями с закладкой и системе словесного оборудования</p>	<p>2500 3000</p>	<p>2150 2650</p>	<p>10—12</p>	<p>Скреперные установки, погрузочные машины ковшовые и с нагревающими лапами, челночные вагоны, челночные вагоныетки</p>
<p>Тяжелого типа: ПД-5, ПД-8, ПД-12, ПДН-3Д</p>	<p>На доставке горной массы из очистных забоев на расстояние до 300—400 м при сплошной, камерно-столбовой, панельно-столбовой системы</p> <p>На доставке горной массы при торцевом выпуске из забоев, разрабатываемых этажно-камерными системами, системами с подэтажной отбойкой, системами этажно-принудительное и подэтажного обрушения</p>	<p>ПД-5—2000 ПД-8—2800 ПД-12—2800 ПДН-3Д—3700</p>	<p>1870 2100 2210 3000</p>	<p>—18 — — 48</p>	<p>Скреперные установки, погрузочные машины с нагревающими лапами и ковшовые челночные вагоны, вагоныетки с прицепами</p>

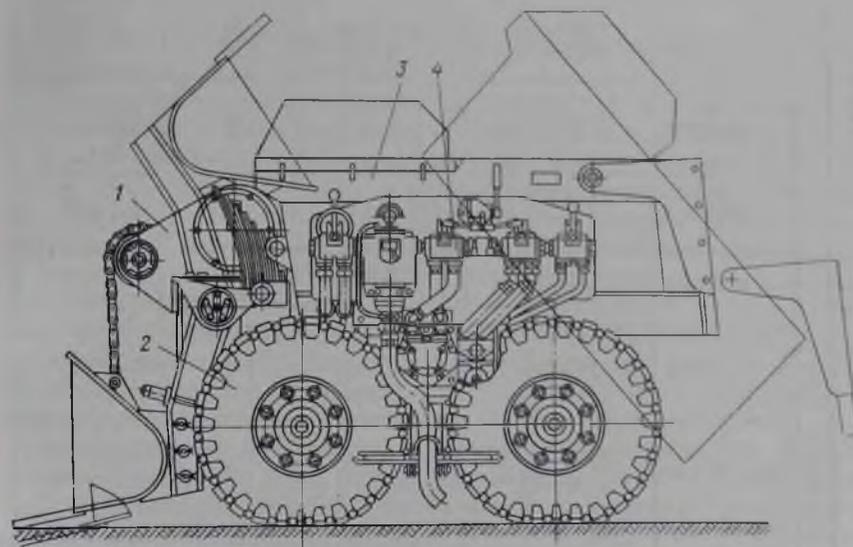


Рис. 6. Погрузочно-доставочная машина МПДН-1:  
1 — погрузочный орган; 2 — ходовая часть; 3 — аккумулярующий бункер; 4 — система управления

ПД-8 и т. п.), а машины с ковшом и бункером — ПТ (ПТ-3, ПТ-5 и т. п.).

Погрузочно-доставочные машины, как наиболее эффективные технические средства, постепенно заменяют скреперные установки в забоях с углом падения залежей до 12—16° и самоходные погрузочно-доставочные комплексы. Оптимальная длина может быть определена расчетом, по некоторым данным она колеблется в пределах 150—300 м в зависимости от грузоподъемности и ходовых качеств машины.

Большое распространение при сплошных системах могут получить ПДМ легкого класса (табл. 13).

Из ковшовых бункерных ПДМ этого класса широкое распространение получили МПДН-1, 1ПДН-2 (СССР), Т2G, Т2GN, Т4G, «Каво-310», «Каво-510» фирмы Атлас Копко (Швеция), «Эймко-803» фирмы «Эймко» (США) (табл. 14).

Машина МПДН-1 (рис. 6), созданная институтом НИПИГормаш, предназначена для погрузки горной массы кусковатостью до 500 мм и доставки ее на расстояние до 150 м при проведении горизонтальных выработок сечением более 6,5 м<sup>2</sup>, а также в очистных забоях. Она имеет четыре ведущих колеса с пневмоприводом, благодаря чему достигается высокая проходимость и большое напорное усилие при внедрении ковша.

Бункер разгружается опрокидыванием назад с помощью пневмоцилиндра. Техническая производительность на погрузке и доставке на расстояние 25 и 50 м составляет соответственно 20

Параметры	Машины										
	T2G	T4G	T7GД	«Каво-310»	«Каво-320»	«Эмко-803»	TЛ-1	1-НДПМ	2-НДПМ	ТС-НДП	ТЛ-10
Грузоподъемность, т	4,5	4,5	—	—	—	3,85	—	2,5	4,5	15	15,5
Емкость ковша, м <sup>3</sup>	0,12	0,3	1,5	0,6	0,255	0,255	0,3	0,15	0,25	1,4	1,72
Емкость кузова, м <sup>3</sup>	0,75	1,8	5,0	—	1,28	1,28	1,8	1,5	1,8	6,0	9,6
Скорость передвижения, км/ч	5,4	3,6	20	3,6	4,0 ± 4,2	4,0 ± 4,2	4,0 ± 4,3	5,0	5,0	20,0	24
Преодолеваемый уклон, градус	9	—	—	14	14	14	—	12	10	12	9
Габариты, мм:											
длина с опущенным ковшом	2500	3435	8500	3600	3050	2934	3510	3000	4130	7700	7920
длина с поднятым ковшом	2130	2990	—	—	—	2362	—	2200	—	—	—
ширина	1460	1875	2500	2150	2200	1854	—	1700	1900	2700	3500
высота с опущенным ковшом	1390	1710	2400	4755	2400	2121	—	1550	1870	2000	2500
высота с опрокидным ковшом	—	—	—	2700	—	2191	—	2200	—	3400	4470
Тип привода	Пневматический	Пневматический	Дизельный	Пневматический	Пневматический	Электрический	Пневматический	Пневматический	Пневматический	Дизельный	Дизельный
Суммарная мощность двигателей, л. с.	20	40	200	44	49	40	40	18	42	190	145
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	—	8	—	15	15	—	—	2,0	—	—	—
Минимальный радиус поворота, м	2,35	5,0	—	Поворот на месте	—	—	—	—	4,0	8,8	5,38
Шины, дюйм:											
передние	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
задние	210—250 мм	900—20 мм	—	9,0—10	—	—	9,00—20	8,25—15	9,00—20	18,00—25	—
Масса, т	152—229 мм	7,00—10	—	10,00—15	—	—	7,00—15	6,00—13	8,25—15	18,00—25	—
	2,0	4,65	20,4	5,5	6,2	—	5,00	4,0	4,8	21	20,4

и 24 м<sup>3</sup>/ч. Машина выпускается Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования.

Машина ПДН-2 предназначена для погрузки и доставки горной массы кусковатостью менее 800 мм при проведении горизонтальных подготовительно-нарезных выработок сечением более 7,5 м<sup>2</sup>. Выпускается Артемовским машиностроительным заводом. Привод машины пневматический. Разгрузка кузова машины осуществляется через заднюю торцовую стенку. Ковш приводится в движение цепью, которая наматывается или разматывается с барабана привода ковша. Ведущими колесами являются передние, задние — ведомые и управляемые. Техническая производительность машины по погрузке и доставке на расстоянии 25, 50, 75 м соответственно составляет 27; 22,6 и 19,2 м<sup>3</sup>/ч. Наибольшая длина доставки 100 м.

Особенностью безбункрных погрузочно-доставочных машин легкого класса (см. табл. 27) является выполнение рабочим органом совмещенных функций погрузки и накопления материала. Горная масса может доставляться в ковше либо непосредственно к месту разгрузки, либо перегружаться в другие транспортные средства. Все безбункрные ковшовые машины представляют собой высокопроизводительные агрегаты с автономным приводом. Они способны доставлять груз на большие расстояния. Производственное объединение «Фадрома» (Польша) выпускает машину SLO-I грузоподъемностью 2,3 т.

Американская фирма «Вагнер» выпускает пять моделей машин типа Скуп Трэм (ST) с ковшом емкостью от 0,76 до 3,1 м<sup>3</sup> и грузоподъемностью от 1,4 до 5,45 т. Машины обладают чрезвычайно высокими тяговыми и скоростными параметрами, благодаря чему они в груженом состоянии могут преодолевать подъемы от 19 до 30° со скоростью 1,5—2 км/ч. Машины отличаются малым радиусом поворота. Модели ST-1,5, ST-2A, ST-4A получили наибольшее распространение на подготовительно-нарезных работах и в очистных забоях малых размеров.

Фирма «ГХХ Штеркраде» (ФРГ) выпускает шесть моделей ПДМ типа ST с емкостью ковша от 0,76 до 3,1 м<sup>3</sup> грузоподъемностью от 1,4 до 5,4 т. Эти машины по некоторым техническим данным отличаются от подобных моделей фирмы «Вагнер». ПДМ G-ST-2A и G-ST-2B в основном используются на проведении горных выработок и в очистных забоях малого сечения. Эти модели отличаются друг от друга только геометрическими параметрами и незначительно скоростными качествами. Машина применяется как в проходческих, так и в очистных забоях. Необходимость использования ПДМ в различных горнотехнических условиях обусловила изготовление двух моделей G-ST-4A и G-ST-4B, которые отличаются друг от друга только усилием черпания на кромке ковша и габаритами.

В 1970 г. фирма «Вагнер» выпустила новую малогабаритную машину HST-I на пневмошинном ходу с емкостью ковша 0,76 м<sup>3</sup>

с дизелем «Дейтц» и гидромеханической коробкой передач. Ножное педальное управление обеспечивает плавное регулирование скорости от 0 до 10 км/ч. Высокая маневренность машины позволяет применять ее в выработках небольшого сечения. Высота машины в транспортном положении 1,8 м, ширина — 1,2 м.

Фирма «Вабко» (США) выпускает несколько моделей машин типа ST с емкостью ковша от 1,15 до 4,1 м<sup>3</sup>. Эти машины отличаются повышенной грузоподъемностью, что позволяет эксплуатировать их на рудниках, где удельная масса руды достигает 3 т/м<sup>3</sup>.

Фирма «Эймко» (США) выпускает пять моделей машин типа ST. Одна из них («Эймко-802 LHD») имеет пневмопривод, остальные — дизельный привод. Эти машины успешно используются при разработке рудных месторождений.

Модели «Эймко-802 LHD» и «Эймко-911 LHD» предназначены для проходки штреков сечением до 5 м<sup>2</sup>. Они имеют с машинами G-ST-2A и G-ST-2B сходные характеристики.

*Погрузочно-доставочная машина ПДВ-2* института НИПИГормаш выпускается заводом «Коммунист». Она состоит из ходовой части на пневмошинном ходу, погрузочного органа гребного типа, кузова с донным пластинчатым конвейером, тормозной системы и системы управления. Машина предназначена для погрузки и доставки горной массы при проходке подготовительных горизонтальных выработок сечением более 4,5 м<sup>2</sup>, а также для очистных работ при добыче руды блоковой системой слоевого обрушения.

Преимуществом машины является возможность использования ее при доставке руды по выработкам сечением 2,0 × 2,5 м, пересекающихся под прямым углом. Исполнение — рудничное, нормальное. Выпускается Дарасунским заводом горного оборудования.

#### Техническая характеристика

Производительность, м <sup>3</sup> /ч:	
только на погрузке	30
при погрузке и доставке, на 25 м	11,0
"                                  "      на 50 м	9,0
Давление сжатого воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	5—6
Скорость передвижения, км/ч	0—5
Максимальный угол подъема, преодолеваемый грузовой машиной, градус	6
Удельное давление на грунт, кгс/см <sup>2</sup>	3—5
Емкость аккумулятора конвейера, м <sup>3</sup>	4
Скорость цепи конвейера, м/с	0,1
Суммарная мощность двигателей, л. с.	35
Габариты, мм:	
длина в транспортном положении (с поднятым кузовом)	3100
высота в рабочем положении (с поднятым гребком)	1850
высота в транспортном положении	1650
ширина машины	1350
Масса, кг	4200

Машины ПДВ-2 широко распространены на железных рудниках Урала и Кривого Рога, где они в комплексе с буровыми каретками СБКН-2п применяются на проходке подготовительных и нарезных выработок.

**Добычные комбайны** применяются в очистных и подготовительных выработках пологопадающих залежей мягких руд ( $f < 4$ ), разрабатываемых сплошными системами, в комплексе с самоходными вагонами или забойными конвейерами. В очистных и подготовительно-нарезных забоях сечением от 5 до 8 м<sup>2</sup> шахт по добыче солей в комплексе с самоходными вагонами широко эксплуатируются комбайны ШБМ-2, ПК-8.

Для разработки пластов мощностью от 4,5 до 6,5 м применяется проходческий фрезерный комбайн 2ПУ. На выемке пластов заходками используются комбайны МБЛ-1, МБЛМ и МБЛД.

#### § 7. КРЕПЛЕНИЕ И ЗАКЛАДКА

В зависимости от способов крепления кровли выработанного пространства созданы различные типы машин и приспособлений. Для установки штанговой крепи в слабонаклонных выработках высотой до 5 м используется комплект аппаратуры, который или переносится, или устанавливается на специальные полки, смонтированные на шасси самоходных вагонов, автомобилей, буровых кареток, тракторов. На шахтах Советского Союза широко эксплуатируются комплекты переносных аппаратов для установки железобетонной штанговой крепи: АПР-1 и конструкции НИПИГормаша. Наиболее совершенным из них является комплект института НИПИГормаш, который состоит из пневмонагнетателя ПН-1 (рис. 7) и трех контейнеров.

*Пневмонагнетатель ПН-1* предназначен для механизированного приготовления цементно-песчаного раствора и подачи его сжатым воздухом в скважины. Он может быть использован также при ремонте монолитной бетонной крепи, креплении стволов шахт, герметизации перемычек и т. п. Контейнеры предназначены для доставки сухой смеси компонентов раствора от склада до места работ и хранения ее в шахте.

#### Техническая характеристика комплекта

##### Пневмонагнетатель ПН-1

Объем бака, дм <sup>3</sup>	24,5
Рабочее давление сжатого воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	5
Мощность двигателя привода лопастного насоса, л. с.	1,4
Высота, длина и ширина, мм	1380 × 670 × 520
Масса, кг	60

##### Контейнер

Объем, дм <sup>3</sup>	62
Длина, мм	1390
Диаметр, мм	300
Масса, кг	40
Стоимость, руб.	400

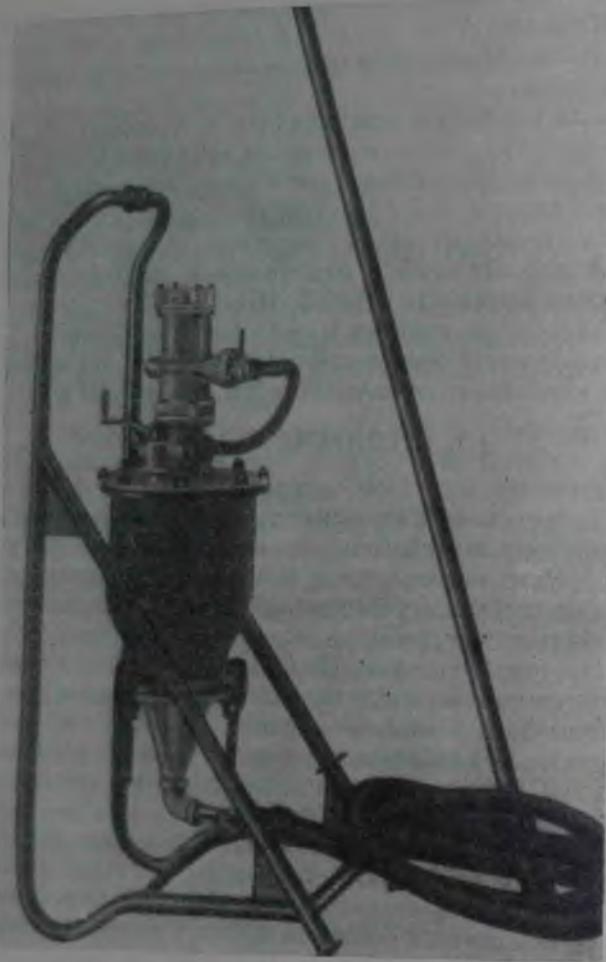


Рис. 7. Пневмонагнетатель ПН-1

Изготавливается Свердловским заводом горноспасательного оборудования.

Бурение шпуров под анкерные болты производят или телескопическими перфораторами, или буровыми каретками.

Работы по креплению кровли анкерными болтами в слабонаклонных выработках высотой более 5 м производятся посредством специальных самоходных машин СААК-2(3)-2000, СП8А, «Секома-060» и др. В выработках, исключая эксплуатацию самоходных машин, бурение шпуров производят телескопическими перфораторами, а установку болтов — переносными нагнетателями с контейнерами.

Крепление кровли очистных и подготовительно-нарезных выработок набрызгом осуществляется установками ПБП-1

и БМ-60; на некоторых рудниках СССР начали применять малогабаритные агрегаты ТП-3.

Для возведения различных видов деревянной, металлической разборной крепи за рубежом применяются малогабаритные самоходные крепескладчики (в Швеции и других странах).

Установки и машины для механизации закладочных работ применяются при разработке залежей сплошными системами с закладкой.

На рудниках, применяющих самоходные комплексы, закладочные работы ведут иногда с использованием погрузочных и доставочных машин этих же комплексов. При этом возможны два способа ведения закладочных работ.

1. Закладочный материал доставляют в выработанное пространство или из горно-проходческих выработок, или из очистных забоев при разработке маломощных месторождений с раздельной выемкой.

2. Закладочный материал с поверхности по трубопроводам транспортируется в аккумулирующие восстающие выработки, откуда он в вагонах или погрузочно-доставочными машинами доставляется в выработанное пространство.

#### § 8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Широкую механизацию вспомогательных работ при очистной выемке сплошными системами можно осуществить применением самоходных комплексов. На поддержании кровли выработок высотой до 8 м можно использовать различные типы самоходных полков (СП-8А, «Секома-049» и др.). В качестве погрузочно-транспортных машин — агрегат ПСШ-20Д, автомобили для перевозки людей, ВВ, материалов, запчастей. На зарубежных рудниках с аналогичными условиями широко эксплуатируются дизельные вагонетки МТ30, МТ40, «Джой-Скаут» ТРМ-2м, различные типы самоходных универсальных машин, которые могут работать как краны, погрузчики и машина для транспортирования людей, материалов, оборудования и т. п. На зачистке почвы забоев после взрыва, сооружении и ремонте подземных дорог могут работать подземные бульдозеры.

На крутопадающих залежах, разрабатываемых сплошными системами, для подъема оборудования и материалов по восстающим выработкам применяют тягальные и подъемные лебедки, реже — лифты.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ КАМЕРНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

### § 1. ОПЫТ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ КАМЕРНЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

Камерные системы разработки в зависимости от угла падения месторождения разделяются на две группы: безэтажно-камерные системы разработки, применяемые при пологом падении, и этажно-камерные системы для наклонных и крутопадающих залежей. При пологом падении залежи (в зависимости от размеров) разработка ведется камерами по простиранию, вкрест простирания, панелями. При этом на всех производственных процессах могут применяться переносные и самоходные машины — самоходные буровые каретки, погрузочные машины, самоходные погрузочно-доставочные машины.

Для разработки залежей мощностью от 6 до 12 м (Джезказган) была предложена панельно-столбовая система с отбойкой безуступным забоем и панельно-столбовая система с верхней подсечкой (Б1). Последняя система, с отбойкой руды скважинами, имела существенные недостатки, вследствие которых не получила распространения. О. А. Байконуров предложил панельно-столбовую систему с верхней подсечкой, V-образной формой забоя и безуступной или почвоуступной отбойкой. При этой системе руда из подсечки сбрасывается вниз погрузочно-доставочными машинами или бульдозерами. Для осмотра и оборки кровли, а также ремонта крепи применяется самоходный ползок СП-12. На буровзрывных работах используются буровые каретки СБУ-2к или башенные буровые каретки ББК-4, на погрузочных работах — малогабаритный экскаватор ЭП-1 с ковшом емкостью 1,0 м<sup>3</sup> или машины ПНБ-3 и на доставочных работах — самоходные вагоны или дизельные автомашин. На доставке и транспорте целесообразно использовать конвейеры. Для этой цели Казахским политехническим институтом разработана конструкция конвейера КФР-1.

Одним из показательных примеров влияния самоходного оборудования на развитие и совершенствование системы разработки является опыт рудника «Джерси» (Канада). На этом руднике первоначально применялась обычная камерно-столбовая

система разработки с рельсовой откаткой. Свинцово-цинковое месторождение «Джерси» представлено залежами вкрапленного и замещенного типов. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит и пирит.

Из условий залегания рудных тел наибольшее влияние на развитие горных работ оказывают частые изменения угла падения в пределах от почти горизонтального до 35°.

При использовании указанной выше системы разработки операции бурения выполнялись ручными перфораторами, отбойка — уступными забоями. Доставка руды осуществлялась скреперными установками различной мощности.

В 1953 г. на нарезных и очистных работах были достигнуты следующие показатели:

Производительность бурения, м/чел-смену . . . . .	39
Удельный расход ВВ, г/т . . . . .	270
Выход руды на пог. 1 м шпура, т . . . . .	2
Производительность скреперной установки мощностью 20 л. с., т/смену . . . . .	72
Производительность скреперной установки мощностью 50 л. с., т/смену . . . . .	350
Производительность труда забойного рабочего на очистных работах, т/чел-смену . . . . .	34

При выборе самоходного забойного оборудования к нему были предъявлены следующие требования:

1. Оборудование должно легко и быстро передвигаться от одного забоя к другому.
2. Оборудование должно перемещаться с помощью собственных источников энергии.
3. Для достижения наибольшего эффекта и максимального снижения стоимости оборудование должно быть специально сконструировано для данного вида работ.
4. Оборудование должно быть прочным и жестким. В первый период в результате применения самоходного безрельсового оборудования на руднике добились сокращения производственных расходов. Однако в дальнейшем эта экономия была перекрыта высокими расходами на ремонт и поддержание. Эти расходы складывались из зарплат ремонтных рабочих, стоимости заменяемых частей и больших потерь времени. После исследования были установлены три основные причины таких повышенных расходов:
  - а) небольшой производственный опыт у части операторов, которым было поручено самоходное оборудование. Инженерно-технический персонал не имел точного представления о возможной производительности этого оборудования;
  - б) не была организована достаточно надежная система обслуживания, поддержания и ремонта исключительно для самоходного оборудования. Положение осложнялось отсутствием обученных ремонтных рабочих и обслуживающего персонала. Кроме того,

Таблица 15

Машины	Маневренность	Сменная производи- тельность, т	Коэффициент ис- пользования, %	Расход на 1 т, цементов			
				эксплуата- ционные	ремонтные	амортиза- ционные	общие
«Эймко-104»	Хорошая	450	33,3	4,0	22,0	3,7	29,7
«Эймко-105»	»	700	66,6	2,7	8,0	1,5	12,2
Скреперный по- грузчик	Плохая	175	80,0	11,0	7,3	3,3	21,6
Погрузчик ИП-9	Хорошая	300— 400	50,0	4,8	20,0	4,1	28,9
Экскаватор ГЧ-25К (фирмы «Тью-Дорен»)	Удовлетворительная	650	75,0	5,3	4,5	2,4	10,2

нередко возникали затруднения со снабжением запасными и быстроизнашивающимися частями большинства новых машин;

в) возможно, основная причина заключалась в том, что большая часть нового оборудования оказалась неспособной выдерживать даже обычные нагрузки и быстро изнашивалась. При выборе самоходного оборудования его стоимость, которая по общему признанию пока является главным фактором, не должна иметь решающего значения.

Машина должна обладать следующими качествами: высокой производительностью, минимальными потерями времени, низкими расходами на ремонт, подвижностью, относительной легкостью управления для операторов высокой квалификации. С этих позиций погрузочные машины рассмотрены в табл. 15, из которой видно, что наименьшие расходы получены при эксплуатации экскаватора ГЧ-25К. Из-за малой подвижности экскаватор не пригоден для проходческих работ, но для очистных работ он является, вероятно, наиболее подходящим погрузочным средством.

Аналогичным методом производился выбор транспортных машин. Данные по этим машинам приведены в табл. 16.

Выбор самоходного транспорта является сложным вопросом. При этом необходимо учитывать многие факторы, среди которых наиболее важными являются следующие:

1. Общие горизонтальные размеры откаточного сосуда. Они должны работать в существующих выработках и в комплексе с погрузочными машинами.

2. Стоимость машин. Этот показатель является важным, но не должен быть решающим. Дешевое оборудование может работать с высокими эксплуатационными и ремонтными расходами и аморти-

Таблица 16

Машины	Маневренность	Сменная производи- тельность, т	Коэффициент ис- пользования, %	Расход на 1 т, цементов				
				эксплуата- ционные	ремонтные	замена шин	амортиза- ционные	общие
Автосамосвал «Дарт» (10 т)	Хорошая	110	33,3	11,9	15,0	7,0	11,0	44,9
Автосамосвал «Юклид» (10 т)	»	180	75,0	7,5	4,0	7,0	4,4	22,9
Автосамосвал «Керхипг»	Очень хорошая	180	75,0	7,0	3,0	3,5	3,3	16,8
Тягач «Катерпиллер» D-10 с прицепом «Лендис» (15 т)	Средняя	270	75,0	4,6	3,0	4,0	4,6	16,2

тизационными отчислениями, что может оказаться экономически невыгодным.

3. Грузоподъемность. Это наиболее важный фактор, поскольку он непосредственно влияет на размеры производственных затрат. Обычно считают целесообразным приобретать машины с максимальной грузоподъемностью.

4. Общая конструкция и прочность. Как отмечалось выше, стандартное оборудование не будет в достаточной степени удовлетворять условиям работы. Для этих целей пригодно большинство автомашин, предназначенных для работы в тяжелых условиях.

5. Подвижность и скорость движения. Эти факторы непосредственно влияют на величину производственных расходов и являются наиболее важными. Они влияют на продолжительность маневрирования, движения, разгрузки и погрузки.

Существует несколько факторов, специфичных для того или иного типа транспортного оборудования и в определенной степени влияющих на величину производственных расходов. Например, стоимость авторезины является одной из главных статей расходов и может широко изменяться в зависимости от типа оборудования. Расходы на замену шин для машин, имеющих двойные приводные колеса, будут значительно выше, чем у машин с одинарными приводными колесами. Общие расходы на замену авторезины составляют 15—25% общей суммы эксплуатационных расходов. Если все дизельные двигатели машин работают хорошо, предпочтение отдается тому, который оказывается более легким в эксплуатации и обслуживании.

Как видно из табл. 16, наилучшие технико-экономические показатели получены при эксплуатации тягача «Катерпиллер» D-10 с прицепом «Лендис». Этот комплекс имеет одинарные ведущие колеса. Разгрузка прицепа осуществляется с помощью гидро-

цилиндра. Машина обладает хорошей маневренностью и высокой скоростью движения. Благодаря большой грузоподъемности и прочности конструкции она успешно применяется на очистных работах. На подготовительных работах этот комплекс оказался непригодным.

Автосамосвал «Кехринг» обладает очень высокой прочностью и удобством в эксплуатации. Он может передвигаться в любом направлении с одинаковой скоростью. Скорость движения у него несколько ниже, чем у других машин, но этот недостаток с избытком компенсируется за счет сокращения времени маневрирования и разгрузки. Самосвал может применяться на подготовительных работах. Вследствие относительно небольшой грузоподъемности этой машины эксплуатационные расходы будут больше, чем у тягача; однако расходы на ремонт этой машины крайне низкие, потери времени — незначительные, что, в конечном счете, делает самосвал «Кехринг» более экономичным в эксплуатации по сравнению с другими машинами.

Буровое оборудование выбиралось из испытывающихся на руднике двух буровых кареток. Одна из кареток смонтирована на ходовой части трактора РД-7, имеет три стрелы длиной по 3 м, которые с помощью гидроцилиндров могут перемещаться в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Две стрелы на каждой каретке являются телескопическими и с помощью гидроцилиндра могут выдвигаться дополнительно на 3 м. На каждой стреле установлен цепной автоподатчик длиной 4,1 м, оснащенный перфоратором «Лайнер» с диаметром цилиндра 89 мм. Автоподатчик дает возможность бурить шпуров глубиной 3,8 м без смены штанг. Управление стрелами, автоподатчиками и перфораторами осуществляется дистанционно с панели, расположенной у места оператора. Каждая стрела управляется со своей панели. Оператор уходит от панели только в случае необходимости смены бурового инструмента. Обе каретки снабжены осветительными прожекторами, питание которых осуществляется от пневмогенераторов, находящихся непосредственно на каретках. Две внешние стрелы установлены под углом  $15^\circ$  к продольной оси каретки, что позволяет обуривать большую площадь забоя. С одного положения каретки можно бурить горизонтальные параллельные шпуров на ширине 6,6 м и по высоте на 4,8 м. Вертикальные восходящие шпуров можно бурить на высоте 7,2 м от почвы забоя.

Другая каретка смонтирована на ходовой части трактора ТД-14. Схемы управления, водо- и воздушноснабжением на этой каретке решены более удачно по сравнению с первой. На каждой каретке работает бригада из двух человек. Производительность механизма составляет в среднем 240 м шпуров в смену. Максимальная производительность более 360 м на машино-смену. При добыче средняя производительность каретки составляет 425 т/смену. Каждая буровая каретка может достичь производительности в 500 т/машино-смену и более в зависимости от вида

выполняемых работ. Обе каретки могут работать в выработках сечением  $4,5 \times 4,5$  м и в очистных забоях. Предпочтение было отдано второй каретке.

После испытаний для бурения была выбрана буровая сталь «Атлас» круглого сечения диаметром 32 мм. Заправка хвостовиков и нарезка резьбы производились в механических мастерских компании. Одной буровой штангой бурят в среднем 240 м шпуров. Буровые коронки съемные, крестовые, диаметром 51 мм, армированные твердым сплавом. Используются коронки типа 118 фирмы «Канадиэн Ингерсол Рэнд» и «ДС» фирмы «Тимкен Роллер Бригг Компани». В среднем одной коронкой пробуривают 300—420 м шпуров.

Из вспомогательного оборудования на руднике применяются следующие машины:

1. Грейдер «Катерпиллер» № 212 (1 шт.) для поддержания дорог и имеет большое значение для работы рудника. Фактически время, затрачиваемое на поддержание дорог, составляет в среднем 4—8 ч в неделю.

2. Бульдозеры ДБ фирмы «Катерпиллер» (2 шт.) для чистки дорог, подгребания отбитой руды при погрузке, а также для других мелких работ.

3. Легкая автомашина общего назначения (1 шт.) для транспортирования материалов, буровой стали, ВВ, труб и т. д.

4. Погрузочная машина с передней разгрузкой (1 шт. модели НДЭ) для строительства дорог, доставки тяжелых материалов, оборки кровли и т. д. При оборке кровли рабочий находится в ковше, что увеличивает осматриваемую площадь кровли при одном положении машины.

5. Машина для зарядания шпуров (1 шт.). По действующим на руднике правилам в каждую смену зарядание и взрывание шпуров производится одним человеком. Поэтому взрывнику выделена одна из старых автомашин, которая служит для транспортировки ВВ со склада к забою и одновременно используется в качестве платформы для зарядания шпуров в кровле. В настоящее время на этой машине нет специальной платформы для зарядания шпуров, хотя несколько конструкций проходили испытания.

6. Автомашина монтажной бригады (1 шт.) по прокладке воздушных, водяных и вентиляционных трубопроводов. Эта автомашина служит также для перевозки необходимых материалов. В дальнейшем предполагают установить на машине подъемную гидравлическую платформу с П-образной рамой, чтобы облегчить монтаж труб и сократить затраты рабочей силы.

Обслуживание и ремонт оборудования производится в подземной ремонтной мастерской, расположенной близко к центру горных работ, и в мастерской на поверхности. В настоящее время все гусеничное оборудование обслуживается, ремонтируется и управляется горючим в подземной мастерской, а оборудование

на пневмоколесном ходу — в мастерской на поверхности. Преимущества подземной мастерской, расположенной в непосредственной близости от участка горных работ, очевидны, и в дальнейшем эту ремонтную мастерскую намечено расширить. Ремонтная бригада состоит из 11 человек, из них 5 человек постоянно работают в дневную смену, остальные 6 — делятся поровну на три рабочие смены. Предполагается, что этот штат будет сокращен вдвое. Организация, обучение и деятельность ремонтной бригады, несомненно, являются важными факторами, влияющими на успешное использование самоходных машин.

Применение перечисленного выше самоходного оборудования вызвало некоторое изменение применявшегося варианта системы разработки. Подготовительные выработки решено было проводить висячем боку залежи, поскольку он устойчив и имеет ровный контакт с вмещающими породами. Первоначальное сечение выработки (4,5 × 4,5 м) позже расширялось заходками до 12 м. Заходки проводят в одну, реже в обе стороны. Проходка выработки опережает проходку заходов на два цикла. Оставшийся после образования подсежки запас отрабатывается почвоуступным забоем. Для поддержания кровли оставляют целики толщиной 6 м и длиной от 3 до 11 м. Как показал опыт отработки, запас руды в целиках не превышает 10% промышленного запаса.

Панели (камеры) располагают по обеим сторонам главной нарезной выработки на расстоянии около 18 м от нее. Наибольшие запасы отрабатываются уступами, высота которых изменяется в пределах от 4,5 до 6 м, а по ширине — на всю ширину подсежки. Глубина шпуров на уступах принята 6 м. Для их бурения требуется однократная замена буровых штанг. На данной стадии работ для создания дорог до верхних забоев используются бульдозеры. При этом каретки могут перемещаться как вверх, так и вниз. За один цикл на каждом уступе отбивают около 1000 т руды. Шпуры бурят по сетке 1,5 × 1,5 м. Расход ВВ при этом составляет 270 г/т. Объем вторичного дробления незначителен. При указанных выше размерах забоя, сетки расположения шпуров и их глубине уступ обуривается за одну смену. Погрузка и доставка отбитого в одном забое количества руды требует 1,5—2 смены (при погрузке экскаватором).

Для взрывных работ, после проведения необходимых испытаний, было выбрано ВВ — 50% «Килчел». Это ВВ применяется в патронах размером 38 × 200 мм в мягкой упаковке и 44,5 × 400 мм в обычной упаковке. Сначала на дно шпура опускают патроны в мягкой упаковке, которые обеспечивают высокую плотность заряда. В основную часть шпура для ускорения заряжания укладывают большие патроны. Для рассредоточения зарядов используются промежуточные деревянные патроны длиной 200 мм. Для забойки применяют песок, упакованный в бумажные патроны. На очистных работах, при отбойке руды заходками, сплошным забоем и при уступной выемке взрывание осуще-

вляется исключительно детонаторами короткозамедленного действия. Это способствует хорошему дроблению руды.

Производительность труда подземных рабочих при описанной выше технологии разработки и механизации производственных процессов составляет 50 т/чел-смену. Применение самоходного оборудования позволяет снизить себестоимость добычи почти в два раза.

Отметим некоторые из условий, обеспечивающих положительные результаты применения самоходного оборудования для разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом. К ним относятся:

а) правильный выбор оборудования для конкретных горно-технических условий;

б) хорошая организация ремонта и обслуживания оборудования;

в) для компенсации затрат на приобретение оборудования оно должно работать максимальное время в сутки;

г) для каждой бригады необходимо иметь определенное количество забоев, обеспечивающих полную загрузку оборудования.

Применение самоходного оборудования позволит повысить производительность труда без увеличения его интенсивности, что обеспечит широкое использование этого оборудования при различных системах разработки. При проектировании разработки новых месторождений или реконструкции старых шахт необходимо тщательно взвесить назначение и возможности всех видов имеющегося самоходного оборудования. На некоторых месторождениях, в силу специфических условий, самоходные машины могут использоваться лишь частично, например, только на доставке или погрузке и т. д.

На руднике «Харрикейн Крик» (США) добыча боксита подземным способом характеризуется относительно высоким извлечением при неблагоприятных условиях слоистых водоносных покрывающих пород и неустойчивых глинистых породах лежащего бока. Управляемое обрушение, закрепленные забои и рациональные системы поверхностного и подземного дренажа свели к минимуму имевшиеся трудности и позволили увеличить добычу.

Месторождение боксита имеет длину по простиранию 1800 м, ширину 450 м, а его мощность колеблется от долей метра до 12 м. Рудная залежь расположена на глубине 30—90 м от поверхности и имеет угол падения от 1 до 6°.

Схема подготовки выемочного поля заключается в проведении парных главных штреков от ствола к разрабатываемым участкам. Эти штреки параллельны и проходят на расстоянии 18 м друг от друга. Они соединены между собой квершлагами, пройденными под углом 60° к направлению штреков. Угол в 60° был выбран с целью обеспечения достаточного места для прохода челноковых вагонеток и уменьшения уклона откатки в пологом рудном теле. Штреки имеют размер 2,1 × 3,6 м и проходятся по лежащему

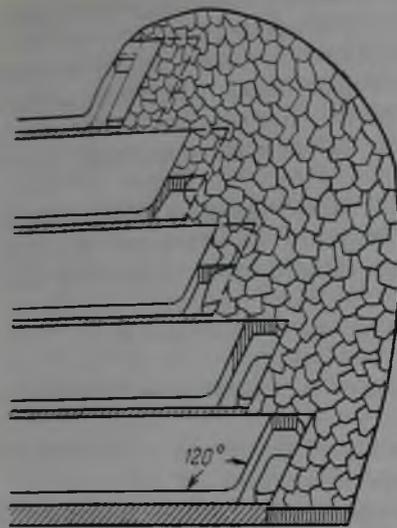


Рис. 8. Схема сплошной ступенчатой разработки с обрушением

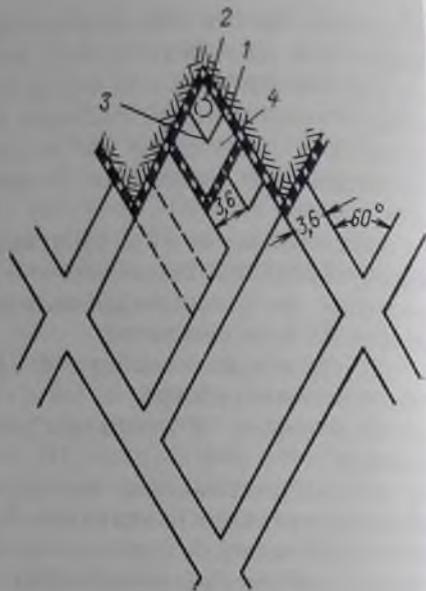


Рис. 9. Камерно-столбовая система разработки:

1 — деревянная стенка; 2 — конечный контур столба; 3 — первоначальный контур целика; 4 — камера

боку боксита. Для крепления штреков применяются металлические рамы, изготовленные из рельсов, податливые арочные оклады с деревянной затяжкой и рамное крепление из круглого леса.

Для проходки горизонтальных выработок применялся комбайн, который давал хорошие результаты, за исключением случаев проходки по очень твердым бокситам. В таких породах выработки проходили буровзрывным способом. Для удобства транспортирования все штреки устланы досками из твердых пород древесины. Доски расположены на расстоянии 5 см друг от друга и прибиты к прогонам, расположенным параллельно оси штрека. Деревянные настилы в выработках, где вода протекает над откачным путем, выдерживали интенсивное движение в течение 6—8 лет, но в более сухих выработках настилы менялись каждые 6—12 месяцев ввиду повреждения их сухой гнилью.

После проведения ряда экспериментов на руднике была принята камерная система разработки с последующим обрушением. При этом выемка целиков и принудительное обрушение кровли следует непосредственно за выемкой камер. Применение ограждающих деревянных стенок между обрушенным пространством и массивом является важной особенностью этого метода, позволяющей резко снизить разубоживание руды.

Выемка начинается в наиболее высокой части рудного тела и движется вниз по падению, сохраняя ступенчатую линию забоя (рис. 8). После отработки камер обрушивается их кровля и налега-

ющие породы обрушиваются в выработанное пространство. Важным моментом является управление обрушением. Если оно развивается слишком медленно, то близлежащие блоки (целики) руды (неотработанные участки) подвергаются чрезмерному горному давлению. Оно вызывает отслаивание руды на стенках горизонтальных выработок и образование трещин в кровле вокруг целиков в камерах и в горизонтальных заходках вблизи обрушенного пространства. Как видно из рис. 9, первым этапом при выемке предварительно подготовленного ромбовидного участка является разделение его на более мелкие блоки путем проведения выработок площадью сечения около  $2,3 \text{ м}^2$ . Первый из мелких блоков, предназначенный для выемки, примыкает к линии обрушения. Около 75% блока подрезается (отрабатывается) горизонтальными выработками с образованием V-образной камеры, после чего оставшаяся часть массива уменьшается (отрабатывается) до минимального размера и оставляется в качестве временного целика, в то время как происходит отбойка в кровле камеры.

Отбойка руды в камерах производится шпурами глубиной от 1,5 до 4,5 м, расположенными по сетке  $0,9 \times 0,9 \text{ м}$ . Шпуры бурятся перфораторами на колонке с пневмоподачей. Сталь применяется диаметром 22 мм со съёмными коронками. В мягких породах иногда пользуются шнековыми бурами. Отбитую руду в камере временно магазинируют, и с ее поверхности обуриваются верхние шпуры.

После уборки руды возводятся деревянные стенки по обеим сторонам камеры, примыкающим к массиву (см. рис. 9). Стенка устраивается путем установки стоек, которые сбиваются из двух досок (брусьев) толщиной 10—20 см, устанавливаемых между собой на расстоянии 1,8 м. Стойки крепятся проволокой к деревянным штырям диаметром 57 мм и длиной 1,2 м, которые заклиниваются в специально пробуренные скважины (на высоте 2,4 м от почвы). Затем к стойкам крепится горизонтальная обшивка из брусьев (досок) толщиной 10—20 см и длиной 3,6 м. Эти брусья крепятся с расстоянием 20 см между собой. При взрывании стенка защищается досками, устанавливаемыми вертикально. Самый верхний слой боксита толщиной 30—60 см оставляется в кровле до начала обрушения для поддержания слабых налегающих пород.

Конечная стадия выемки в камерах сводится к уборке отбитой руды, уменьшению последовательным взрыванием диаметра целика до 1,5 м, обуриванию целика для обрушения, сооружению перемычки на входе в камеру и заряданию и взрыванию скважин, пробуренных в кровле и целике. Смежные камеры одновременно не разрабатываются. Последовательность выемки вдоль всей линии обрушения соответствует определенной схеме.

Вся руда, отбиваемая в камерах, грузится с помощью самоходных погрузочных машин гребкового типа в самоходные челноковые вагонетки, работающие на аккумуляторах. В вагонетках

руда доставляется к подъемному стволу. Руда, получаемая при проходке выработок комбайнами, грузится сразу на челноковые вагонетки. Из вагонеток ленточными разгрузателями руда сбрасывается непосредственно в скип. Бункера в этом случае нецелесообразны, так как липкий боксит быстро слеживается. В зависимости от мощности рудной залежи (3—12 м) извлечение запасов изменяется от 77 до 92%, считая, что в кровле оставляется рудная корка толщиной 0,6 м и целики диаметром 1,5 м не извлекаются.

Этажно-камерные системы разработки применяются как в устойчивых, так и в недостаточно устойчивых рудах и вмещающих породах при средней и вышесредней мощности залежей. В большинстве систем могут применяться самоходные машины для бурения, погрузки и доставки руды, как это показано в приведенных ниже примерах.

На Белоусовском руднике [9] (Казахстан) в целях концентрации горных работ запроектирован и отработан опытный блок камерной системой с подэтажной выемкой. При этой системе достигнуты высокая производительность и интенсивность очистной выемки, безопасность работ, а также комплексная механизация производственных процессов. Камеры отрабатывались шириной 20—30 м и высотой 100—150 м. Подэтажные штреки пройдены через 12 м по восстанию рудного тела. Скважины бурились перфораторами ПТ-45, КС-50 и буровыми установками БУ-70 и «Удар-2». Заряжание осуществлялось установкой ЗДУ-50.

Выпуск руды из блока и погрузка ее в вагоны из рудоспусков производится вибрационными установками ВДПУ-4 конструкции ИГД СО АН СССР (длина площадки 4 м). Вибрационные установки такой длины транспортабельны, легко монтируются и размещаются в небольших камерах. Опыт отработки блока показал, что производительность выпуска руды виброустановками в 2,4 раза выше по сравнению со скреперной доставкой при выходе негабарита 4—6%.

Миргалымсайский рудник. Месторождение представлено пластобразными залежами вкрапленно-прожилковых руд. Рудное тело разбито рядом крупных тектонических нарушений типа надвигов. Общая мощность рудного тела от 2 до 15 м (в большей части 9—19 м). Углы падения рудных тел изменяются в широких пределах — от 10 до 85°. Коэффициент крепости руд зависит от степени их баритизации, доломитизации и окисления и колеблется в пределах 3—16, сульфидных и сульфидно-окисленных — 11—16, окисленных — 4—6, вмещающих пород — 12—16. Контакт рудного тела с вмещающими породами определяют путем сировования и визуально по литологическим пачкам. Налегавшие породы сложены устойчивыми монолитными известняками. Однако непосредственно к рудному телу прилегает пачка плитчатых доломитизированных известняков мощностью 0,7—2 м, отделенная от основных пород кровли рассланцованной глинистой прослойкой и поэтому склонная к отслоениям и вывалам.

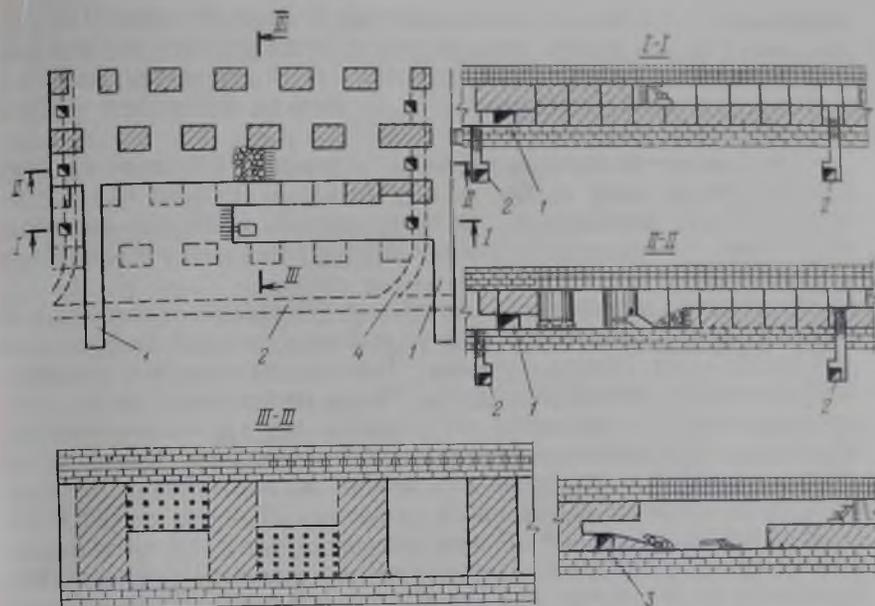


Рис. 10. Камерно-столбовая система разработки с применением самоходного оборудования:

1 — материальный восстающий; 2 — полевой штрек; 3 — рудный штрек; 4 — съезд

Рудные залежи в соответствии с горно-геологическими условиями разрабатываются различными системами. При мощности рудного тела от 12 м и углах падения до 35° разработку ведут камерами по простиранию с оставлением прямоугольных целиков (рис. 10).

Подготовительные работы при этой системе заключаются в проходке рудных и полевых штреков, материального восстающего с рудного штрека нижележащего горизонта до рудного штрека верхнего горизонта, а также рудоспусков, причем в верхних камерах проходятся кольцевые рудоспуски.

Отработку начинают с верхних камер. Вначале по контакту с висьям боком проходят выработку по оси камеры, затем ее расширяют до проектных размеров и кровлю крепят штангами. Нижнюю часть камеры отрабатывают почвоуступно. В эксплуатации находятся одновременно две камеры: в верхней камере отбивается нижний уступ, а в нижней производится верхняя подсечка. Это обеспечивает необходимый фронт работы самоходного оборудования. Оформление целиков осуществляется по мере продвижения забоев. Это дает возможность включить камеры в общешахтную схему проветривания.

Выполнение технологических операций при описанной системе разработки производилось комплексом самоходных машин, в который входят буровая каретка СБУ-2к, погрузочная машина

непрерывного действия с загребующими лапами типа ПНБ-3к, два самоходных вагона для доставки руды грузоподъемностью 10 т, самоходный скреперный грузчик ГСС-1, используемый для зачистки просечек, и каретка для крепления и осмотра кровли КСО-12.

При описанной системе разработки размеры блока по простиранию принимаются в пределах 100—150 м. Расход подготовительных и нарезных выработок составляет 20 м<sup>3</sup>/1000 т, при этом производительность труда рабочих на очистных работах достигает 78,9 т/смену.

На руднике применяется целый ряд разновидностей камерной системы. В последние годы при разработке залежей значительно обновилась самоходная техника. Вместо погрузочной машины ПНБ-3к применяют ПНБ-3Д как более производительные, челночные вагонетки заменены автосамосвалами грузоподъемностью 20—25 тс. При доставке на небольшие расстояния (менее 200 м) взамен комплекса погрузочных машин и автосамосвалов применяют погрузочно-доставочные машины ДК-2,8Д и G-ST-5А.

*Железорудные месторождения северной группы рудников Криво-рожского бассейна* представлены залежами различной мощности [13]. Коэффициент крепости руд колеблется от 8 до 20, объемная масса в целике 4,3 т/м<sup>3</sup>. В качестве основных систем разработки приняты этажно-камерная (Б I) система с отбойкой руды скважинами из подэтажных штреков и из подэтажных ортов. Бурение взрывных скважин диаметром 65, 85 и 105 мм осуществляется телескопными перфораторами ПТ-36 и ПТ-45, станками БУ-70, НКР-100м и др. Для зарядания скважин применяются зарядно-доставочные машины различных типов (СДУ-50, УЗДМ-1 и др.).

Для резкого увеличения производительности камер, повышения технико-экономических показателей по системе и обеспечения высокой концентрации очистных работ на рудниках бассейна с 1963 г. проводятся в больших масштабах исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию вибрационных питателей для выпуска и погрузки крепких руд, отличающихся большой кусковатостью.

При исследовании особое внимание было уделено выбору конструктивных параметров вибрационных питателей, целесообразных схем выпуска руды, обеспечивающих высокую надежность оборудования и безопасность труда рабочих. В результате выполненных работ намечены пути перехода на поточную технологию добычи при площадном выпуске руды с высокой степенью загрузки вибропитателей. При реализации новых схем намечено установить порядок подготовки и отработки месторождения, обеспечивающий максимальную концентрацию и интенсификацию очистных работ; применять наклонные блоковые днища, предусматривать выпуск руды через минимальное количество пунктов погрузки; припимать параметры взрывной отбойки, обеспечивающие равномерное дробление и выход негабаритной руды не более

3—5%; применять промежуточные емкости для аккумуляции руды с целью регулирования потока и обеспечения ритмичной работы транспорта.

На *Высокогорском железнном руднике* применяется ряд систем разработки [12], основными из которых являются системы с подэтажной выемкой и этажным принудительным обрушением.

На шахтах рудоуправления большое внимание уделяется сокращению удельного веса проходческих работ. Так, в результате использования выработок горизонта подсежки и откаточных выработок вышележащего горизонта в качестве буровых сократилось число буровых горизонтов, а в некоторых блоках они были исключены. Доля подготовительных и нарезных работ в объеме блоков за последние 5 лет снижена с 5—10 до 2,6—4,8%.

Для проходки восстающих выработок применяются комплексы КПВ-1А, что позволило увеличить скорость проходки восстающих выработок до 60 м в месяц и значительно сократить сроки подготовки камер и блоков к эксплуатации. Ежегодно с помощью КПВ-1А на шахте «Магнетитовая» проходится 1200—1500 м, что составляет 75% восстающих выработок. На откаточном горизонте успешно испытывается буровая каретка СБКНС-2, которая дает возможность повысить производительность и облегчить труд проходчика. Широко применяется высокопроизводительная погрузочная машина МПР-6.

На руднике механизирован процесс зарядания глубоких скважин гранулированными ВВ. Для этого применяются зарядные установки УЗС-6000, УЗС-1500 и УЗДМ-1.

На доставке руды повсеместно используются скреперные лобовики мощностью 55 кВт со скребком емкостью 0,6 м<sup>3</sup>. В 1970 г. на шахтах начато внедрение вибродоставочных установок ВДПУ-4ТМ. Вся руда подвергается дроблению на подземных дробилках щековых 900 × 1200 и конусных ККД-1200/150 до куска размером 150—200 мм.

*Рудник «Вольферворт-Налмен» (ФРГ)* [20], добывающий железную руду, разрабатывает пластообразную залежь со средней мощностью 5 м. Рудное тело залегает в известняках мощностью от 30 до 50 м. Угол падения залежи 16—18°. Промышленная мощность определяется путем опробования. Известняки всячего и лежачего бока настолько устойчивы, что выработки шириной до 9 м могут проходить без крепления. В этих условиях применялась камерная система разработки с открытым выработанным пространством (группы Б I). Выработанное пространство поддерживается целиками площадью 16 м<sup>2</sup>, расположенными по сетке 12 × 12 м. Фронт забоев составляет 80 м и определяется главным образом оптимальной длиной скреперования.

В дальнейшем на руднике на ряде забойных операций внедрили самоходные машины, что повлекло и изменение конструкции применяемой системы разработки. От скреперной доставки руды в очистном пространстве и рельсового транспорта в крупнораз-

мерных вагонетках (10 т) отказались в пользу самоходных безрельсовых машин. Первыми самоходными машинами были тележки «Цеттельмайер» типа АЧ, а позднее типа 5А емкостью 5 т, заимствованные с одного из рудников, ведущих открытую добычу полезного ископаемого.

Тележки имеют опрокидывающийся вперед кузов и оснащены двигателем мощностью 75 л. с. Однако они имеют недостаток, заключающийся в большой высоте погрузки — 2,5 м.

Поиски более совершенного оборудования привели к использованию агрегата «Унимаг» с прицепом, имеющим опущенную платформу. Грузоподъемность агрегата 10 т. Он представляет собой тип вагонетки с боковой разгрузкой. Высота погрузки составляет 1,7 м. Однако этот агрегат по сравнению с предыдущим имеет следующие недостатки: он должен дважды поворачиваться в течение одного транспортного цикла — после разгрузки и перед погрузкой, что требует значительного дополнительного времени. Кроме того, его максимальная скорость движения всего 10 км/ч.

Ввиду отсутствия других подходящих транспортных средств по заказу рудника фирма «Фаун» в Нюрнберге разработала и выпустила невысокий агрегат, быстро передвигающийся в обоих направлениях. В нем как бы уравниваются преимущества и недостатки упоминавшихся ранее транспортных средств. Этот агрегат, названный ИК-10, имеет общую высоту 2,40 м и высоту погрузки 1,7 м. Двусторонний опрокидывающийся корытообразный кузов вмещает 7 м<sup>3</sup> (10—12 т) руды. Машины оборудованы дизелем мощностью 70 л. с. Агрегат имеет две независимые друг от друга системы управления, что устраняет необходимость поворотов и позволяет водителю сидеть всегда лицом по направлению движения за счет простого поворота сиденья. При этом второе управление автоматически блокируется. В дальнейшем, при не очень больших расстояниях откатки (до 400 м), нашел применение агрегат «Робустер», работающий совместно с ковшовым погрузчиком на гусеничном ходу. Этот агрегат оснащен сменяемыми кузовами, имеет мощность двигателя 48 л. с., его полезная грузоподъемность составляет 10 т.

В связи с поисками транспортных средств на резиновом ходу следует указать на одно весьма важное обстоятельство, влияющее на экономические показатели. Речь идет об устройстве пути. При наличии неукрепленного или невыровненного пути значительно снижается производительность транспорта. Кроме того, транспортные средства быстрее изнашиваются и чаще нуждаются в ремонте. Если выработки сухие и крепость пород достаточно высокая, можно ограничиться только выравниванием пути. Если же появляется вода, необходимо искусственное укрепление пути. При этом асфальтированный путь непригоден, если применяются машины на гусеничном ходу. Монолитное покрытие требует длительного периода на схватывание, что значительно задерживает начало его эксплуатации. Очень хорошо оправдало себя укрепле-

ние с помощью бетонных плит. Они укладываются на подстилающий слой песка, швы также заполняются песком. Производительность укладки таких плит составляет 5 м<sup>2</sup>/чел-смену. Так как сразу же после укладки путь может эксплуатироваться, возможно непрерывное удлинение его по мере проходки выработки. Плиты для покрытия по окончании эксплуатации выработки снимаются.

Опыт рудника «Вольферворт-Паммен» показывает, что удорожание добычи за счет укрепления пути значительно перекрывается экономией при эксплуатации транспортных средств в результате повышения производительности труда. Использование на транспортных машинах дизельного двигателя сопровождается необходимой вентиляцией и регулировкой режима работы двигателя, при котором количество выделяемых вредных газов минимально. В связи с применением безрельсового транспорта на основных горизонтах и подэтажах оказалось возможным при проведении подготовительных и нарезных выработок использовать безрельсовые погрузчики первоначально «Мичиган-175», а затем и «Катерпиллер-977» с обычными ковшами или ковшами Либу.

На основе опытов, проведенных на открытых разработках и с учетом расчетов фирм-изготовителей по производительности обурирования забоя, были выбраны необходимые уклоны для работы самоходных машин от 10 до 12°. Это достигается, если откаточные выработки проходить под углом в 25° к направлению простирания. Проходка таких выработок привела к созданию новой конструкции системы разработки для данных горно-геологических условий. Эта система разработки относится к группе панельно-камерных с выемкой панели сплошным диагональным забоем и транспортом по горизонтальным штрекам или диагональной разработкой с транспортом по горизонтальным и диагональным штрекам.

Расположение выработок, очистных забоев и поддерживающих целиков показано на рис. 11.

При диагональной разработке штреками транспортные (доставочные) средства могут непосредственно из очистного забоя направляться на укрепленный подэтажный штрек, где допускается более высокая скорость. При разработке штреками по простиранию на отрезке в 200 м скорость передвижения доставочных средств ограничивается, так как укрепление пути в действующих забоях нецелесообразно. Несмотря на этот недостаток, предпочтение отдается разработке штреками по простиранию, так как в этом случае погрузочные и буровые агрегаты могут работать по горизонтали, что обеспечивает более высокую их производительность. Длина панели по простиранию, в соответствии с производительностью агрегата «Фаук-ИК-10», установлена 500 м. Наклонная высота этажа по сравнению с выработкой по восстанию может быть увеличена до 200 м.

Использование полной мощности месторождения позволяет применять добычные агрегаты относительно больших габаритов. Это дало возможность применять для погрузочных работ экскава-

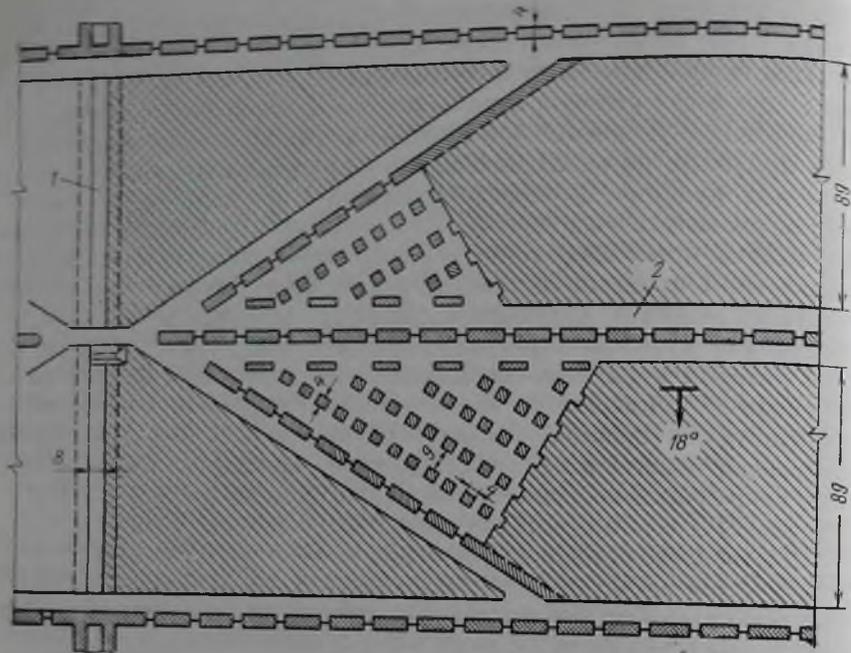


Рис. 11. Система разработки диагональными ортами:  
1 — конвейерная выработка; 2 — главный откаточный путь

торы, которые, как показывает практика открытых работ, отличаются высокой производительностью при небольшом износе и, следовательно, низкими эксплуатационными расходами.

После ряда опытов и проверки был принят тоннельный экскаватор фирмы «Ландсверк» типа L-85. Этот экскаватор может работать непосредственно в забое. Привод его электрический, мощность 75 л. с. Ковш экскаватора вмещает 1 м<sup>3</sup> породы. Ходовая его скорость — 2,5 км/ч, общая масса 32 т. Для нормальной работы экскаватора высота забоя должна быть не менее 5 м, средняя ширина его 8 м. Чистая производительность экскаватора находится в пределах 100—120 т/ч, а соответствующая производительность ковшового погрузчика составляет 70 т/ч, удельные расходы на погрузку соответственно снижаются приблизительно на 50%. Бурение производится бурильными молотками «Атлас Копко» типа 8ВД 41. Глубина шпуров 1,7 м. Буровая каретка, экскаватор и (в зависимости от расстояния) 2 или 3 автотягача «Фаунк-ИР-10» составляют при описанной модифицированной системе разработки один комплекс добычного оборудования.

В результате усовершенствования системы разработки на базе применения комплекса самоходных добычных машин производительность труда увеличилась с 26 до 50 т/чел-смену, себестоимость добычи снизилась на 33%. Опыт эксплуатации описанных

Рис. 12. Характер разрушения податливых целиков и опускание кровли при камерной системе разработки



машины показал возможность применения более мощных и эффективных средств механизации. В связи с этим планируется для доставки использовать автотягач «Кируна» с емкостью кузова 14 м<sup>3</sup>. Двигатель этой машины имеет мощность 62 л. с. и может быть дросселирован на 140 л. с. Высота погрузки автотягача 2 м. Их применение оправдало себя в Кируне и на французских рудниках. Имеется также в виду улучшить параметры буровзрывных работ и повысить выход отбитой горной массы на один забой. Эти мероприятия, как ожидают, позволяют увеличить производительность труда забойного рабочего до 70 т/чел-смену и общую производительность труда до 20 т/чел-смену.

Кроме описанных необходимо упомянуть ряд систем разработки камерами по простиранию: с выемкой потолкоуступным забоем, с отбойкой из подэтажных штреков, с отбойкой этажными скважинами, с закладкой и выемкой диагональными полосами, выемкой V-образным забоем по падению, выемкой обратной лавой по падению, которые могут применяться в соответствующих горно-геологических условиях. Соответственно конструктивным особенностям и горно-геологическим условиям каждой системы изменяется и способ механизации основных и вспомогательных процессов.

На Старобинском месторождении калийных солей разрабатывается два пласта (второй и третий) мощностью 2—4,5 м, залегающие почти горизонтально. Кровля недостаточно устойчива из-за большого количества глинистых прослоек, которые легко расслаиваются. Ввиду неустойчивости кровли на Солигорских рудниках выемку пластов производят с помощью комбайнов. С применением буровзрывных работ добываются лишь около 20% солей.

На Солигорских рудниках применяются проходческие комбайны ПК-8, ШБМ-2 (ШБМ-3), 6РМ-2В фирмы «Джой», ПК-10, их использование на очистной выемке возможно лишь при камерной системе разработки.

ВНИИгалургии был разработан и совместно с Белорусским калийным комбинатом проверен на практике способ управления кровлей плавным ее опусканием на податливых целиках (рис. 12). Этот способ основан на высокой ползучести целиков изменением позволяющий регулировать податливость целиков соотношением высоты целика к ее ширине. При системе разработки с описанным способом управления кровлей выемка панелей осуществляется заходками шириной, равной ширине комбайна. Между заходками оставляют целики с незначительными по сравнению

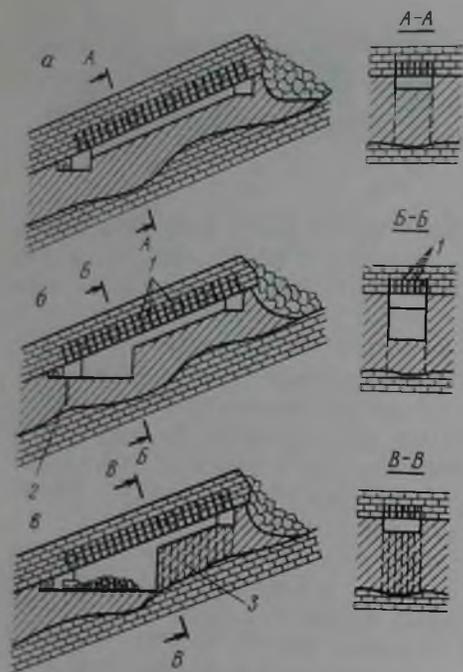


Рис. 13. Камерная система разработки с отбойкой руды скважинами и применением самоходного погрузочно-доставочного оборудования:

а — отработка верхнего подсекаемого слоя; б — образование горизонтальной площадки и уступа; в — отбойка рудного массива скважинами; 1 — штанговая крепь; 2 — горизонтальная площадка; 3 — уступ

с шириной камеры размерами: на этих постоянно разрушаемых целиках происходит плавное опускание кровли, обеспечивающее целостность водозащитной толщи калийной соли (БВИШ). Блоки подготавливали и вынимали комбайном 6РМ-2В. Целики оставляли шириной 1,5 м. Коэффициент извлечения запасов при этом составил 0,7—0,8, что на 20—30% выше, нежели при обычно применяемых системах разработки калийных солей. Экспериментальные работы показали, что комбайн 6РМ-2В может быть заменен комбайном ПК-10.

На шахте № 15 СУБРа для увеличения добычи руды и снижения потерь в рудных целиках предложена и испытывается камерная система разработки (рис. 13) с применением твердеющей закладки. Аналогичные системы разработки применяются на ряде рудников, в частности на Текелийском. Камерные запасы вынимаются наклонными слоями высотой не более 3 м. В последнюю очередь производится окончательная зачистка руды, оставленной на почве камеры. Руда как при подсечке, так и при выемке слоев отбивается шпуровыми зарядами. Шпуры бурятся ручными перфораторами с пневмоподдержками. Отбитая руда до погрузочного блока доставляется скреперными лебедками. После выпуска руды и закладки камер приступают к выемке вторичных камер (между искусственными целиками) по этой же технологии. Выработанное пространство вторичных камер не закладывается.

Применение камерной системы с твердеющей закладкой позволило снизить потери в 3—4 раза, снизить объем проходческих

работ, однако производительность труда рабочих забойной группы увеличилась на 10—15%.

Для устранения ряда недостатков системы предложен вариант камерной системы с отбойкой руды скважинами и применением самоходного погрузочно-доставочного оборудования [8]. В этом варианте отбойку камерных запасов руды предполагается осуществлять скважинными зарядами вертикальными или наклонными слоями. Для бурения скважин намечено использовать электрическое сверло СЭЖ-1. Отбитую руду с горизонтальной площадки намечено грузить и транспортировать машиной «Каво-510» к рудоспуску. Применение данной технологической схемы позволит увеличить производительность труда в 2—2,5 раза по сравнению с обычным вариантом камерно-столбовой системы разработки. Интенсивность отработки блока может составить 400—600 т/смену.

Другие варианты камерно-столбовой системы разработки испытывались на шахте № 13 [7]. Новизна системы здесь заключается в подготовке блоков. В одном варианте подготовка осуществлялась восстающим, пройденным под углом 25—30°, равным углу падения залежи, в другом — диагональным съездом, пройденным под углом 8—10°. Восстающий и диагональный съезд могут быть рудными или полевыми.

При первом варианте доставка руды по почве горизонтального слоя (которыми осуществляется выемка камерных запасов) производится погрузочно-доставочной машиной от забоя до восстающего, а по восстающему — конвейером или скрепером. При втором варианте погрузочно-доставочная машина доставляет руду от забоя до откаточного штрека, полностью устраняя скреперную доставку.

При испытании этих вариантов систем разработки использовались погрузочно-доставочные машины «Каво-510», а бурение шпуров осуществлялось ручными перфораторами. Монтаж конвейера КСЦР-2 потребовал значительных трудовых затрат, а при его эксплуатации были частые поломки. Некоторые организационные мероприятия позволили увеличить среднюю производительность труда рабочего забойной группы по этим системам до 10 м<sup>3</sup>/чел-смену, улучшилось использование машин во времени (коэффициент использования машин составил 0,3—0,4).

Внедрение послышной выемки с применением пневматических погрузочно-доставочных машин позволило в 1973 г. повысить производительность труда рабочего забойной группы на 30%, а производительность блока на 70%. Экономический эффект от внедрения составил 100 тыс. руб.

С 1973 г. на шахте № 13 испытывается погрузочно-доставочная дизельная машина GST-5A (ФРГ) с ковшем емкостью 3,8 м<sup>3</sup>. С ее применением производительность труда рабочего забойной группы достигла 9,32 м<sup>3</sup>/смену, что в 1,4—2,1 раза выше, чем при перспективном оборудовании. Это определило большую перспективность

использования на руднике машин с дизельным приводом. Однако применение дизельных машин допустимо только в выработках, проветриваемых сквозной струей воздуха.

## § 2. БУРЕНИЕ

Ручные, телескопные, колонковые перфораторы или сверла применяются при бурении в узких или низких забоях, с большим углом наклона почвы выработок ( $> 16^\circ$ ), с навала отбитой горной массы, полков, настилов, т. е. там, где эксплуатация буровых кареток исключена.

Параметры	СБУ-2м	СБУ-2к	«Универсал Джумбо»	МММ-21	«Кобра Бл- вер»	«Дрифт» мис- тер»
Количество бурильных машин: типа	2 БГА-1	2 БГА-1	2-3 DH-123у (перфоратор)	3 ES-300 «Корона»	3 Перфоратор	2-3 Перфоратор
Усилie подачи, кгс	1100	1300	—	—	—	—
Длина хода подачи, м	2,75	4,0	3,6	2,88— 3,66	3,05— 3,66	4,34— 5,48
Минимальная высота выработки, м	2,5	3,5	2,4	2,6	—	2,5
Максимальная высота бурения горизонтальных штупров, м	5	6	6,6	4,76	5,9	5,5
Максимальная ширина забоя, обуриваемая с одной установки, м	6	8	9,0	8	9,4	9,2
Скорость передвижения каретки, км/ч	2,0	0,8	12	14	8	—
Двигатели и их установленная мощность	Пневматические 60 л. с.   67 л. с.		66 л. с.	78 л. с.	Дизель	
Габариты в транспортном положении, м						
ширина	1,87	2,4	2,2	2,57	—	2,45
высота	1,75	3,25	2,13	2,34	—	2,40
длина	7,1	9,5	9,75	10,43— 9,65	—	5,48
Масса, т	6,7	10,8	11,3	20	15,8	8,0

Буровые каретки получили наибольшее распространение при разработке пологопадающих месторождений безэтажно-камерными системами. На подготовительно-нарезных работах применяют каретки I, II, III типоразмеров. Они также успешно работают в очистных забоях высотой до 4 м.

Каретки IV, V и VI типоразмеров применяют на проведении горизонтальных подготовительно-нарезных выработок большого сечения и в очистных забоях высотой более 4 м.

В Советском Союзе созданы буровые каретки IV и V типоразмеров: СБУ-2м, СБУ-2к, БКГ-1 (табл. 17).

Таблица 17

«Промек Т220»	«Соколя-019»	«Соколя-227»	СБУ-4	«Соколя-015»	«Бумер-131»	«Рок-415»
3 ВВД90/91; ВВС34/35, ВВС100/120F (перфораторы)	2 Вращательного или перфораторы	1	4 БГА-1	2	3 ВВС-100F, ВВС-120F	3 «Корона- 300» или L-400
—	800— 1800	800— 1800	1600	800— 1800	300	300
—	3; 3,5; 4 4	3,0	4,0	3; 3,5; 4	2,88—3,66	2,95—3,75
—	—	—	6	3	—	3
—	4,4	5,15	11	7,2	—	7,0
—	6,2	5,00	8,5	4,77	—	3,5—10
10	—	—	0,8	0,82	11—14	8 и 18
—	Электрический		—	—	Дизель	
—	37 кВт Дизель 60 л. с.	30 кВт 60 л. с.	31,2 кВт	37 кВт Дизель 60 л. с.	118 л. с.	75 л. с.
2,15	2,36	1,98	3,2	2,3	—	2,57
2,35	1,4	1,84	3,39	1,8	—	2,2
8,15	6,27	9,75	9,6	4,8	—	10,5
8,0	—	—	31,8	—	21	16,5

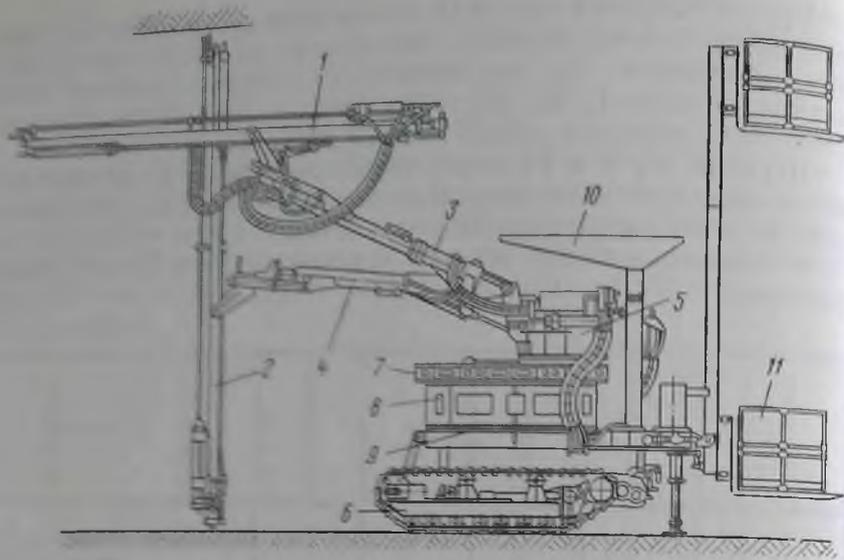


Рис. 14. Буровая каретка СБУ-2к:

1, 2 — буровые машины; 3, 4 — левый и правый манипуляторы; 5 — тележки; 6 — гусеничный ход; 7 — станция; 8 — промежуточная рама; 9 — нижняя платформа; 10 — защитный козырек; 11 — грузоподъемное устройство

За рубежом широко распространены каретки «Универсал Джумбо» фирмы «Гарднер Денвер» (США), «Серпент Дрилл-мобиле» фирмы «Джой», «Дрифтмастер» фирмы «Ингерсол Рэнд» (США), «Промек 220-Г» фирмы «Атлас Копко» (Швеция), серия кареток фирмы «Секома» ММ-20, ММ-21 («Параматик») акционерного общества «Тампелла» (Финляндия) и несколько моделей кареток фирмы «Зальциттер» (ФРГ).

Самоходная буровая каретка СБУ-2м института ЦНИИподземшахтострой предназначена для бурения шпуров в горизонтальных и слабонаклонных горных выработках высотой от 2 до 5 м и шириной не менее 3 м, проходимых в породах с коэффициентом крепости  $f = 14 \div 16$ . Она также широко используется для бурения шпуров в кровле выработок на анкерные болты. Каретка имеет гусеничный ход, оборудованный двумя бурильными машинами вращательно-ударного действия БГА-1. Машина является универсальной и с успехом может применяться как на очистных работах, так и на проведении выработок. Все механизмы каретки имеют пневматический привод. Для выполнения операций по управлению автоподатчиками и манипуляторами на каретке предусмотрено гидравлическая система.

В настоящее время СБУ-2м широко используется на рудных и угольных шахтах Советского Союза, на проходке камер и тоннелей при строительстве гидротехнических сооружений.

Буровая каретка СБУ-2к (рис. 14) института ЦНИИподземшахтострой с 1970 г. серийно выпускается Кузнецким машиностроительным

заводом; она предназначена для бурения шпуров в очистных и проходческих забоях подземных рудников. Каретка может быть оснащена люлькой или захватом грузоподъемностью до 200 кг, закрепленными к переднему концу автоподатчика. Люлька используется для зарядки шпуров, а также для осмотра и оборки кровли выработок. Захватом пользуются для подъема элементов арочной крепи и различных грузов. СБУ-2к может также поставляться с подъемным устройством грузоподъемностью до 2000 кг.

На отечественных рудниках каретка СБУ-2к является основной буровой машиной при разработке залегающих на глубинах свыше 5 м беззатяжно-камерными системами. Она используется на бурении как в очистных забоях, так и в кровле выработок, для установки анкерных болтов, на осмотре забоя и кровли выработок, а также на зарядке шпуров с люлькой. Скорость бурения шпуров коронками диаметром 42 мм в породах с коэффициентом крепости  $12 \div 14$  составила 0,4 м/мин; средняя производительность каретки с учетом всех простоев при бурении шпуров в забое 110 м/смену и при бурении шпуров под анкерную крепь 92 м/смену.

Кузнецкий машиностроительный завод создал и в 1973 г. начал производство гидравлической каретки БКГ-1 вращательного бурения на два манипулятора для пород крепостью до 8.

Буровая каретка «Универсал Джумбо» фирмы «Гарднер Денвер» имеет пневмоколесный ход с приводом на четыре колеса, дизельный двигатель с воздушным охлаждением и двойной газоочисткой, две поворотные буровые стрелы и одну телескопическую. Обслуживает каретку один человек.

Каретка широко эксплуатируется на подземных зарубежных рудниках, обрабатывающих залежи камерными системами, и, в частности, на рудниках «Гаспе», «Мадлен» (Канада), «Маунт-Айза» (Австралия), «Лайсвалл», «Кируна» (Швеция). При работе каретки с перфораторами ДН-123у на руднике «Кируна» была получена средняя техническая скорость бурения 800 мм/мин при диаметре коронки 45 мм и крепости руд 10—12; за восьмичасовую смену каретка бурит 370—500 м шпура. В последнее время перфораторы на каретке заменяются вращательно-ударными машинами РВ-123у. При этом производительность бурения повышается в 1,5—2 раза.

Самоходные каретки ММ-20 и ММ-21 смонтированы на пневмоколесном ходу с ломающейся рамой. Каретка ММ-20 оборудована двумя бурильными машинами РР-625 с максимальной высотой бурения 2,6 м и шириной бурения с одной установки 3,7 м.

Каретка ММ-21 (рис. 15) снабжена тремя буровыми машинами: центральная машина имеет невращающуюся стрелу и предназначена для бурения врубовых шпуров, две крайние типа РР-625 имеют вращающиеся вокруг своей оси стрелы. Все четыре колеса

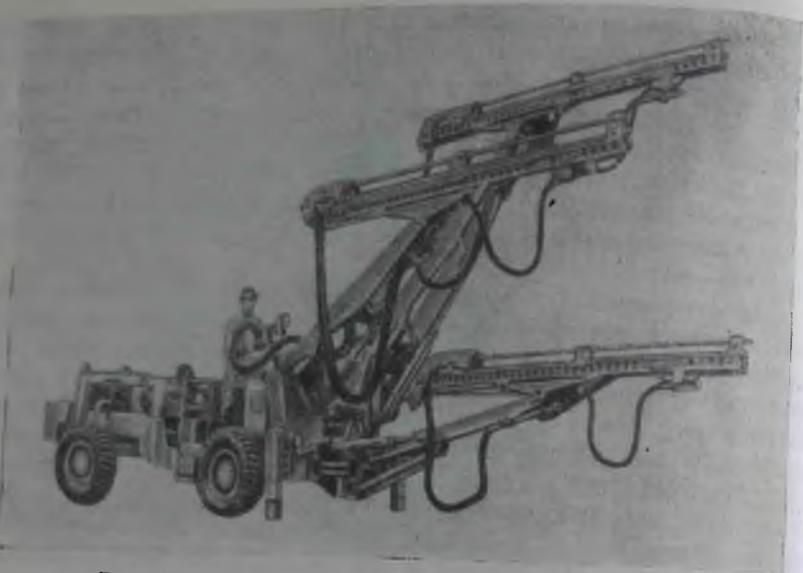


Рис. 15. Буровая каретка «Параматик» MJM-21

являются ведущими. На машине установлен дизельный двигатель фирмы «Дейтц» типа F6L-812 с комбинированной газоочисткой. Каретка «Секома-059» состоит из пневмоколесного хода, электрического или дизельного двигателя для привода шести гидронасосов, кабельного барабана, двух универсальных манипуляторов с автоподатчиками, органов управления и освещения. На каретке установлены гидравлические сверла с усилием подачи до 800 кгс — для бурения по слабым породам и более мощные с усилием подачи до 1800 кгс — для бурения по породам средней крепости. При бурении по крепким породам, вместо автоподатчиков для сверл, на стрелы могут быть смонтированы автоподатчики для мощных перфораторов. Эти каретки применяются в очистных забоях различного сечения, при проходке околоствольных камерных и горизонтальных подготовительных выработок большого сечения.

Фирма «Гарднер Денвер» создала новую буровую каретку «Медь боре», которая является улучшенной моделью каретки «Универсал-Джумбо». Машина, где установлен дизельный двигатель «Дейтц» мощностью 44 л. с., имеет четыре ведущих колеса, шарнирно сочлененную раму, рулевое управление с усилителем и механические тормоза. Каретка может быть оборудована одним или двумя манипуляторами для различного типа автоподатчиков и перфораторов. Консольное расположение управления позволяет управлять работой каретки одному человеку. Габариты каретки в транспортном положении (м): длина — 9,3, ширина — 1,98, высота — 1,88. Машина может с одной установки обуривать забой сечением 11 × 5 м.

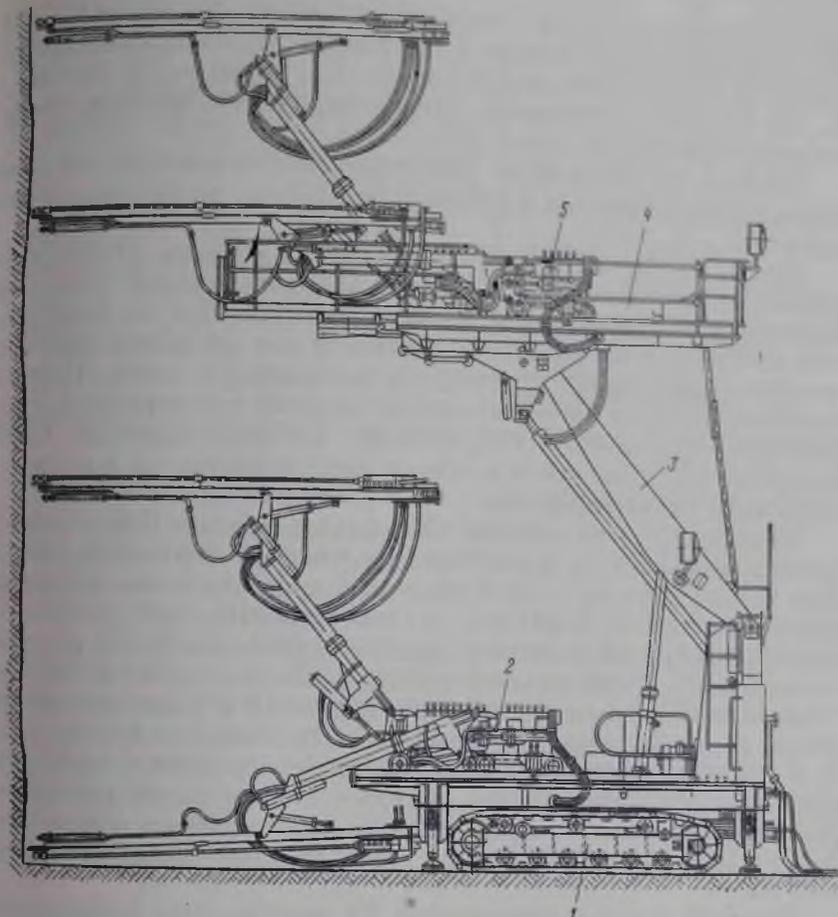


Рис. 16. Буровая каретка СБУ-4:

1 — гусеничный ход; 2, 5 — буровые машины соответственно на нижней и верхней платформах; 3 — стрела; 4 — верхняя платформа

Каретки IV и V типоразмеров могут быть использованы на подготовительно-нарезных работах всех систем этой группы, а также в очистных забоях при коэффициенте крепости руд  $f = 8 \div 20$ , мощностью от 4 до 7 м, при безэтажно-камерных системах разработки.

К кареткам VI типоразмера можно отнести СБУ-4, «Секома-014», «Бумер-131», «Рок-615».

Буровая каретка СБУ-4 (рис. 16) института ЦНИИподземшахтстрой предназначена для обуривания забоев камер, тоннелей высотой от 6 до 12 м, не опасных по газу или пыли. Коэффициент крепости обуриваемых пород  $f$  до 12—16. Кроме основной операции бурения, СБУ-4 может быть использована для выполнения вспомогательных операций, связанных с заряданием шпуров,

бурением шпуров в кровле под анкерную крепь, установкой анкерных болтов, оборкой кровли и др. Машина может работать в выработках с габаритами (м): ширина — 4,5, длина — 12, высота — 6. На каретке установлены четыре бурильные головки вращательно-ударного действия.

Каретка СБУ-4 требует конструктивной доработки для придания ей маневренности и надежности в работе, повышения эффективности.

Фирма «Атлас Копко» создала каретку «Промек 219-Т» с четырьмя гидравлическими стрелами. Машина с одной установкой охватывает пространство забоя 90 м<sup>2</sup>, выпускается на рельсовом или пневмоколесном ходу. На установке для обслуживания всех четырех перфораторов смонтирован передвижной полук. Каретка оснащена цепными автоподатчиками, которые автоматически удерживаются в заданном направлении. Автоматизированы также процессы подачи на забой и возвращения перфоратора в исходное положение после бурения.

Буровая каретка «Бумер-131» фирмы «Атлас Копко» предназначена для работ в очистных выработках с уклоном до 10°. Она может быть использована и при проходке горизонтальных подготовительных выработок и тоннелей. На ней установлен шестцилиндровый дизельный двигатель «Вольво» Д-50 с водяным охлаждением. Минимальный радиус разворота машины 5400 мм. Обуриваемая площадь с одного положения 60 м<sup>2</sup>, преодолеваемый уклон 1:6. Скорость движения, км/ч: вперед — 14, назад — 10,8. Каретка может быть оснащена тремя стрелами с перфораторами или двумя стрелами с перфораторами и одной площадкой для оборудования. Фирма «Атлас Копко» также создала каретку «Бумер-230» с двумя раздвижными манипуляторами ВПТ-14.

Буровые каретки типоразмера VI рационально использовать при коэффициенте крепости руд от 8 до 20, в пологопадающих залежах мощностью более 7 м, обрабатываемых безэтажно-камерными системами. В последнее время созданы несколько моделей высокоэффективных кареток с вибрационными или гидравлическими бурильными машинами. Так, для бурения очень крепких пород фирма «Турмак» (ФРГ) выпускает каретки РП-4 с вибрационными бурильными машинами.

Фирмы «Атлас Копко» и «Эймко-Секома» выпускают двухманипуляторные каретки с гидравлическими бурильными машинами: первая — тип 1038 HD, вторая — РРН-35. Бурильные машины имеют энергию удара 15—20 кгс·м и частоту ударов 2000—3000 мин<sup>-1</sup>. Гидропососы на каретке приводятся в движение асинхронными электродвигателями. На каретке типа 1038 HD установлен для таких двигателя мощностью по 45 кВт. Буровой инструмент вращается с частотой от 0 до 300 мин<sup>-1</sup>. Скорость бурения по граниту коронкой диаметром 51 мм составляет 1,62 м в минуту.

Таблица 18

Тип каретки	Производительность каретки на очистных работах, т/смену	Коэффициент использования	По данным
СБУ-2м	204	0,25—0,20	Шахты № 55 ДГМК Рудника «Миргалпсай»
СБУ-2м	(275 м шпура) (392 м шпура)	0,35	
СБУ-2к	225	0,25	Шахты № 55 ДГМК Шахты № 57 ДГМК
СБУ-4	350	0,30	
RD	320	0,35	То же
УБГ-2	504	0,40	Шахты № 55 ДГМК

Показатели использования буровых кареток на некоторых рудниках Казахстана приведены в табл. 18.

Буровые станки применяются при камерных и особенно этажно-камерных системах разработки для бурения скважин диаметром 60—90 мм при средней крепости руд и 100—150 мм при крепких рудах. За рубежом бурятся преимущественно скважины диаметром 40—80 мм. Скважины большого диаметра более целесообразно применять при одновременном обрушении больших масс руды. Скважины малого диаметра могут применяться при любых горнотехнических условиях.

Условия применения различных способов бурения приведены в табл. 19, а станков — в табл. 20.

Таблица 19

Вид бурения	Коэффициент крепости породы	Глубина бурения, м	Диаметр скважины, мм	
Штанговый:	с зависимым вращением (ударно-поворотный)	8—20	До 10—12	40—85
	с независимым вращением (ударно-вращательный или вращательно-ударный)	8—20	До 20—30	40—85
Погружными пневмоударниками	Более 8	10—50	100, реже 85 и 150	
Вращательный: шарошечный	Более 8	15—100	150, в перспективе	
			200—250	
твердосплавными коронками алмазными коронками	До 8	10—40	80—100	
			12—20	20—40

Марка станка	Параметры скважины			Минимальные размеры выработок, мм			Условия применения
	диаметр, мм	длина, м	направление бурения	высота	ширина	длина	
СВБ-50 2СБУ-70	45—75 60—70	до 100 до 50	Верх Полувер нижний То же	2500 2500	2200 3000	3000 6400	Варианты с верхней подсечкой систем работки: камерных, панельно-камерных, панельно-столбовых
СБУ-70			То же	2000	2200	4000	
КБУ-50 КБУ-60 БУВ-2	56—65	до 30	Полувер верхний То же Верх	2300 2500	2300 3000	2500 5000	
БСМ-1	46—56	до 15	Полувер верхний	2500	2500	3500	
БШ-145м	145—180	до 100	Верх	2500	2200	3000	Камерные системы разработки с подэтажной отбойкой при высоте подэтажа $h > 20$ м и системы этажного принудительного обрушения и самообрушения. Системы подэтажного обрушения
НКР-100м	90—150	до 50	Верх	2600	2600	3000	

Марка станка	Параметры скважины			Минимальные размеры выработок, мм			Условия применения
	диаметр, мм	длина, м	направление бурения	высота	ширина	длина	
СБУ-6	105—150	до 50	Верх	2300	2000	3000	Этажно-камерные системы. Вариант с отбойкой руды вертикальными слоями. Системы разработки с подэтажной отбойкой $h > 20$ м. Системы этажного принудительного обрушения и самообрушения. Системы подэтажного обрушения

По способу бурения станки разделяются на три группы: вращательного, ударно-вращательного и вращательно-ударного бурения.

Созданием буровых станков для подземных горных работ в Советском Союзе занимаются институты ЦНИИподземгормаш, Гипроникель, Гипрорудмаш, УНИПромедь, НИГРИ. Кыштымский машиностроительный завод, Востокмашзавод, завод «Коммунист».

В связи с тем, что станки пневмоударного и алмазного бурения в литературе освещены достаточно полно, здесь рассмотрены лишь новейшие модели станков (табл. 21).

Станки вращательного бурения. К ним относится буровой станок БШ-145м (рис. 17) института Гидромашобогашение, выпускаемый Востокмашзаводом, который предназначен для бурения скважин верхнего полувеера и с помощью специальной рамы может быть использован для бурения нисходящих скважин. Станок состоит из двух частей: самого станка и гидростанции с пультом управления. На стойках станины шарнирно закреплены гидрофицированный вращатель с числом оборотов от 0 до 175 в минуту и гидроцилиндры подачи бурового снаряда на забой. Для развинчивания штанг на станке имеются гидрофицированные ключи. Станки БШ-145м находят применение в очистных работах при крепких рудах, разрабатываемых следующими вариантами этажно-камерной системы: с отбойкой руды вертикальными слоями (рудник им. Губкина), горизонтальными слоями, веерными комплектами из буровых выработок. Эти станки целесообразно применять при большой глубине взрывных скважин (свыше 50 м).

Машины, параметры	Марки		
	БШ-145м	2СБУ-70	«Симба-11»
Бурильная машина: количество	1	2	1
Способ бурения	Шарошечный	Вращательно-ударный	Ударно-вращательный
Марка перфоратора	—	БУ-70	ВВС-120F
Диаметр скважин, мм	145—180	60—70	57
Глубина бурения, м	до 100	50	30—40
Направление бурения	Верхний полувер	0—90° к горизонту	Полный веер
Ход подачи, мм	750	1800	1200—1800
Станок:			
Мощность двигателя, л. с.	30,8 кВт	28	—
Габариты, мм:			
длина	2800	5370	—
ширина	800	2000	—
высота	1900	1850	—
Масса, кг	1807	6285	—
Сменная производительность, м	10—20	60—80	1600
Минимальный размер буровой выработки, м:			129
ширина	3	3	—
высота	3	2,3	—

станков			
«Симба-300»	НКР-100м	СБУ-6	СБУ-14
2—3	1	1	1
Ударно-вращательный	Ударно-вращательный с погружным пневмоударником		Вращательно-ударный
Сор130В	ПК-75		
52—86	95—150	100, 125, 160	60—70
30	50	50	50
Полный веер			
1830	1200	1200	1200
—	2,8; 5,1 кВт	11	—
—	1300	1800	2700
—	640	900	1200
—	650	2150	1450
—	630	600	2000
—	4—15	12—14	20
5	2,6	2	2
3	2,6	2,3	2,8

Продолжение табл. 21

Машины, параметры	Марки		
	КБУ-50	БСМ-1	«Симба-11R»
Бурильная машина: количество	1	2	1
Способ бурения	Ударно-вращательный	Вращательно-ударный	
Марка перфоратора	ПК-60	БГА-1	ВВС-120F
Диаметр скважин, мм	56	46—80	48—64
Глубина бурения, м	до 30	до 30	25—30
Направление бурения	Полный веер	Верхний полувеер	
Ход подачи, мм	—	1250	1220—1830
Станок:			
Мощность двигателя, л. с.	—	12	—
Габариты, мм:			
длина	—	18	—
ширина	—	2150	—
высота	—	1500—320	—
Масса, кг	—	2425—302	—
Сменная производительность, м	336	810	2800
Минимальный размер буровой выработки, м:	50—60	80—100	55
ширина	2,3	2,5	2,8
высота	2,3	2,5	2,5

станков				
«Симба-22»	«Симба-24С»	«Симба-26»	«Фен-Дрилл» («Гарднер-Денвер»)	WRDI-3 («Ингерсол-Рэнд»)
2	2	2	2	2
	Ударно-вращательный			
ВВС-100F	ВВС-120F	ВВС-52	ДН-123у	ИРД-475И
48—64	48—64	48—64	54	48
10—15	—	15	до 25	до 45
	Полный веер		Верхний полувеер	Полный веер
1830	1200—1830	1830	—	—
12	14	—	—	—
3960	3960	—	—	—
5000	1520	3500	—	—
3500	2440	3200	—	—
3500	3170	2800	—	—
230	127—213	180—300	—	—
5	5	3,5	—	—
3,5	3,5	3,2	—	—



Рис. 17. Буровой станок БШ-145м

Производительность станка по руде крепостью 18—20 составляет 10—12 м/смену, что в 2—2,5 раза выше производительности станка НКР-100м.

**Станки ударно-вращательного бурения.** Станки с колонковыми перфораторами предназначены для бурения скважин из буровых выработок на уступах с верхней подсечки. Они выпускаются как самоходными, так и несамоходными. Перфораторы во многих моделях станков имеют независимое вращение бура. Для обуривания очистных забоев полным веером скважин в любой плоскости созданы колонковые установки КБУ-50 и КБУ-65. Для бурения скважин диаметром 70—85 мм глубиной до 20 м в очистных выработках сечением 2,5 × 2,5 м в нашей стране разрабатывается самоходный буровой станок с автономным (дизельным) приводом на две бурильные машины. Производительность станка составит 400 м в смену.

За рубежом выпуском таких станков занимаются фирма «Секон» (Швеция), финское акционерное общество «Тампелла», которое изготавливает самоходные станки «Оку-Джумбо» и «Темрек ДИД», буровые тележки PV-100 и PV-400, раму LT2 (рис. 18), фирма «Поэтра» (Англия), «Ингерсол Рэнд», «Гарднер Денвер» (США), «Монтаберт» (Франция) и др.



Рис. 18. Рама LT-2 с автоподатчиками и бурильными молотками в забое

Колонковая буровая установка КБУ-50 предназначена для обуривания очистных забоев полным веером скважин в любой плоскости, заменяет колонковый перфоратор КС-50 и частично станка НКР-100м в тех горнотехнических условиях, в которых применение скважин диаметром 105 мм может вызвать излишнее разубоживание, большой выход негабарита или вредное сейсмическое воздействие. На установке весом 326 кгс применен колонковый перфоратор ПК-60. Конструкция позволяет разбирать ее на отдельные узлы весом не более 120 кгс. КБУ-50 рекомендуется использовать для добычи руд с коэффициентом крепости от 8 до 16, когда глубина скважин не превышает 30 м, а взрывание скважин большого диаметра вредно.

Шведская фирма «Симба» выпускает целую серию станков для бурения скважин при добыче руд этажно-камерными и блоковыми

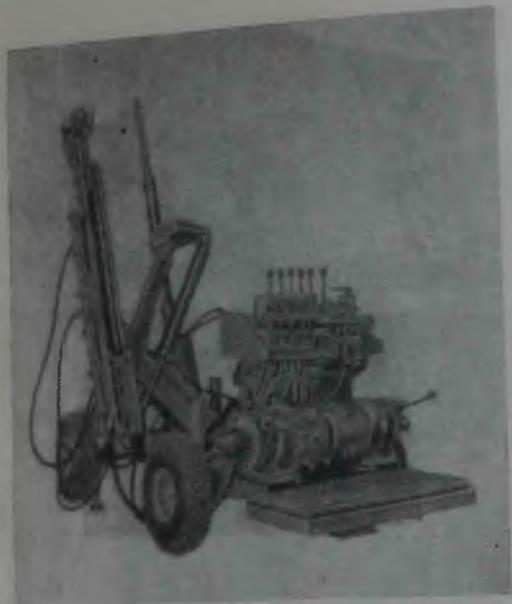


Рис. 19. Буровой станок «Симба-11R»

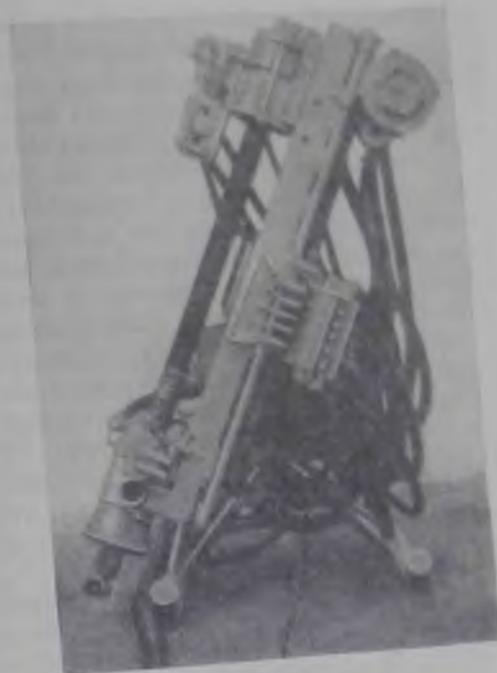
системами: «Симба-5», «Симба-11», «Симба-11R», «Симба-22», «Симба-26», «Симба-25», «Симба-300».

Станок «Симба-11R» (рис. 19) предназначен для бурения скважин диаметром от 48 до 64 мм с углами от 5 до 95° в верхней полусфере. Он является модификацией станка «Симба-11», буровое оборудование его установлено на пневмоколесном ходу, который имеет индивидуальный пневмопривод. Управление буровым оборудованием гидрофицировано. Усилие подачи перфоратора на автоподатчике 600—800 кгс, автоподатчик винтовой ВМС-46Р. Минимальный размер выработок, где может работать станок (м): ширина — 2,5, высота — 2,9. Он может применяться на бурении скважин диаметром 50—60 мм при системах поэтажного обрушения с высотой до 18 м.

Самоходные станки «Симба-22», «Симба-26», «Симба-24» на пневмоколесном ходу в последнее время начали широко применяться на зарубежных рудниках. Они имеют по две бурильные машины с винтовой подачей, на которых смонтированы колонковые перфораторы с независимым вращением. В качестве привода хода и гидронасосов применяются пневмодвигатели. Обе бурильные машины управляются с одного пульта. Станки имеют высокую производительность на бурении веера скважин. На подземных рудниках Кируна производительность станков «Симба-22» составила 230 м или 2700 т на человека в смену.

Фирмой «Атлас Копко» созданы новые буровые установки для бурения комплектов веерных скважин глубиной 15—30 м — «Симба-24с» и «Симба-300» на пневмоколесном ходу. На «Симба-24с» смонтированы два перфоратора ВВС-120F с независимым вращением штанг. Винтовые податчики ВМС-48 имеют длину

Рис. 20. Буровой станок СБУ-8



подачи 1,2 м, ВМС-68 — 1,83 м. Два пневмодвигателя мощностью 7 л. с. расположены с двух сторон каретки, что обеспечивает машине высокую маневренность. Податчики и перфораторы смонтированы на двух гидравлических манипуляторах на обоих концах шасси. Управление ходом расположено на двух панелях — по одной на каждом конце шасси, что обеспечивает хорошую видимость при перемещении во всех направлениях. На установке имеется специальная стойка для хранения штанг. Машинной управляет один человек. Она легко демонтируется при необходимости перенесения с одного поэтажа на другой.

Самоходный буровой станок «Фен-Дрилл» фирмы «Гарднер Денвер» выпускается на пневмоколесном ходу. Имеет два автоподатчика с перфораторами ДН-123у независимого вращения штанг, коронки имеют диаметр 54 мм, а штанги — 22 мм и длину 1,2 м. Станки широко распространены на зарубежных подземных рудниках. Наибольшее применение нашли на рудниках Канады и США при разработке залежей: этажно-камерными системами с отработкой целиков поэтажными штреками (рудник «Мадлен»), системами поэтажного обрушения (рудник «Крайгмонт») и этажного самообрушения (рудник «Крейтон»), поэтажных штреков (рудник «Лейк Дюфолт»). Фирма «Ингерсол Рэнд» выпустила буровую установку WRDI-3 для одновременного бурения веера скважин.

Станки с погружными пневмоударниками имеют раму, вращатель, став штанг, на который навешивается пневмоударник,

погружаемый в скважину. В Советском Союзе широко эксплуатируются полуавтоматические станки НКР-100м института НИГРИ, ЛПС-3 Лениногорского полиметаллического комбината, с 1973 г. началось производство станков СБУ-6 (рис. 20) института НИПИГормаш с унифицированным погружным ударником для скважин диаметром 105—160 мм и глубиной до 50 м. Основные узлы станка: вращатель, податчик, патрон-люнет, механизм распора, поворота и перемещения станка, рама, пульт управления. На станке полностью механизированы спуско-подъемные операции, свинчивание и развинчивание штанг, поворот рабочего органа, распор и перемещение станка. Станок работает на энергии сжатого воздуха; на нем возможно плавное регулирование скорости вращения бурового инструмента и осевого усилия на забой. За рубежом известны станки VR фирмы «Холман» (Англия), SM-150A фирмы «Ингерсол Рэнд» (США), «Перфо-66Д» фирмы «Стенуик-Содю Тарн» (Бельгия), модель 155 фирмы «Рейч Дрилл» (США) и др. В связи с тем, что станки НКР-100м, ЛПС-3 широко освещены в отечественной горнотехнической литературе, они здесь не рассматриваются.

Универсальный станок VR выпускается на пневмоколесном ходу с погружными пневмоударниками для бурения скважин диаметром 45—115 мм на глубину 20—34 м.

Станок «Перфо-66Д» на пневмоколесном ходу предназначен для бурения полного веера скважин диаметром 85, 102, 115 мм и глубиной соответственно 100, 120, 150 м. Вес станка 2 тс. Автоподатчик цепной. Привод механизма подачи, вращателя, колесного хода пневматический. Станки с погружными перфораторами наиболее эффективно используются на отбойке руд крепостью от 8 до 18 скважинами глубиной до 50 м при тех этажно-камерных и блоковых системах, где взрывание скважин большого диаметра не может вызвать лишнего разубоживания, большого выхода негабарита или вредного сейсмического воздействия; они постепенно заменяются шарошечными станками.

Станки вращательно-ударного бурения СБУ-70 и 2СБУ-70, БСМ-1. Станок 2СБУ-70 от СБУ-70 отличается наличием двух буровых машин.

Самодвижный станок СБУ-70 (рис. 21) института ВНИИБТ предназначен для бурения нисходящих веерных скважин диаметром 60—70 мм, глубиной до 50 м в крепких и абразивных рудах в выработках с минимальными размерами (м): высота — 4, длина — 4,6; угол наклона почвы — до 10°. На платформе гусеничного хода смонтированы один манипулятор и блок управления, состоящий из маслостанции и пульта управления.

Каждая гусеница хода имеет индивидуальный привод. Пульт управления гусеничным ходом сосредоточен на двух стойках, расположенных на платформе в задней части машины, а пульт управления работой бурильной головки и автоподатчика, включая краны для подачи промывной воды, сосредоточен на раме авто-

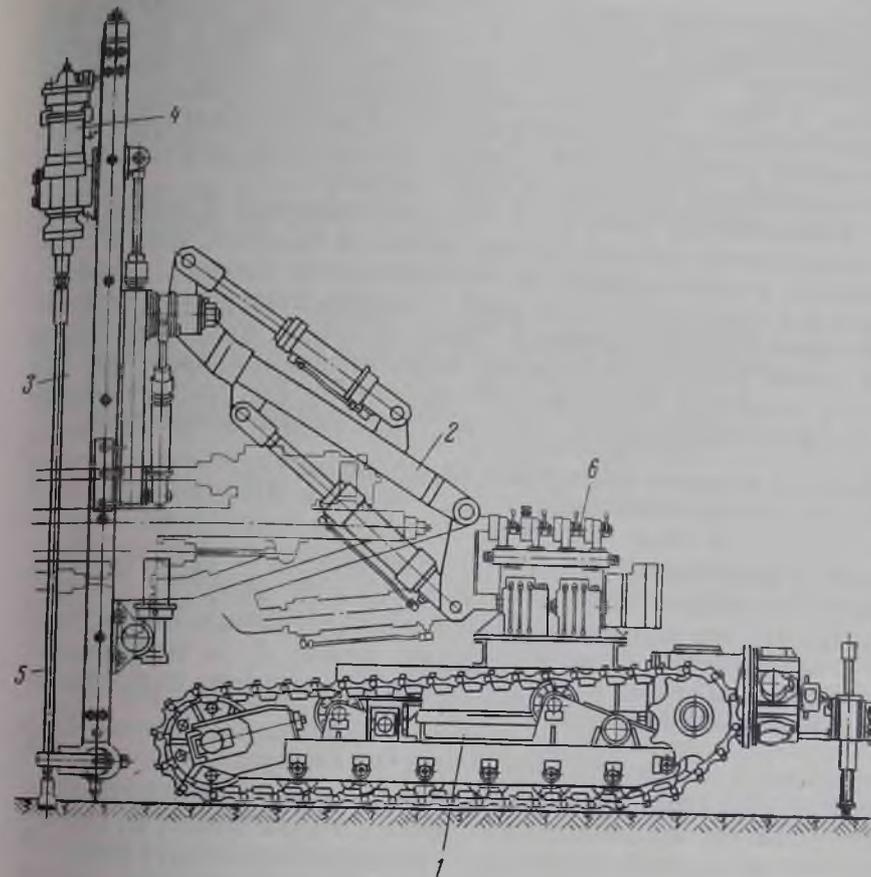


Рис. 21. Буровой станок СБУ-70:  
1 — гусеничный ход; 2 — манипулятор; 3 — автоподатчик; 4 — бурильная головка;  
5 — буровой инструмент; 6 — пульт управления

податчика. Двигатели исполнительных механизмов работают от пневматической энергии. Почти все вспомогательные операции на установке выполняются с помощью гидроцилиндров.

В бурильную группу входят автоподатчик, стреловидный манипулятор, несущая рама, в которой шарнирно закреплен манипулятор. На несущей раме смонтированы маслостанция и пульт управления. Станки СБУ-70 и 2СБУ-70 предназначены для бурения нисходящих скважин с верхней подсежки при безэтажно-камерных системах. Большого распространения не получили.

Станок БСМ-1, созданный рационализаторами Ачисайского полиметаллического комбината, предназначен для бурения скважин диаметром 45 и 56 мм и глубиной до 30 м в забоях наклонных и крутопадающих залежей (от 15 до 52°), отрабатываемых вариантом камерной системы с отбойкой рудного массива глубокими веерными скважинами (рудник Миргалимсай). Станок состоит

из двух бурильных машин вращательно-ударного бурения БГА-1, заимствованных с каретки СБУ-2к, манипуляторов и рамы. Его конструкция обеспечивает механизированные перемещения от веера к вееру и свинчивание-развинчивание буровых штанг. Станок передвигается по почве выработки на салазках с помощью тягальной лебедки ЛПТ-1000, устанавливаемой на штреке; создан опытный образец БСМ-1 на гусеничном ходу.

Выбор станков зависит от горногеологических и горнотехнических условий: крепости пород, мощности залежей, систем разработки, глубины, диаметра и направления бурения скважин. Если для одних и тех же условий возможно применение нескольких типов буровых станков, то выбор ведут по минимуму затрат на бурение для добычи 1 т руды. Эффективность применения буровых станков в конечном счете зависит от их эксплуатационной производительности, которая определяется уравнением

$$P = m \frac{T - T_{п.з}}{\frac{1}{v_б} + \frac{T_в}{H}} k_в, \text{ м/смену}, \quad (12)$$

где  $P$  — производительность станка, м/смену;  $m$  — число буровых машин на станке;  $T$  — длительность смены, мин;  $T_{п.з}$  — продолжительность подготовительных операций в течение смены, мин;  $v_б$  — механическая скорость бурения, м/мин;  $k_в$  — коэффициент использования станка в течение смены;  $H$  — глубина скважин, м;  $T_в$  — вспомогательное время, мин;

$$T_в = T_{с.р.} + T_{с.п.} + T_к + T_п, \quad (13)$$

где  $T_{с.р.}$ ,  $T_{с.п.}$ ,  $T_к$ ,  $T_п$  — время, затрачиваемое соответственно на свинчивание и развинчивание, спуск и подъем штанг, на замену коронок, на переезды и установку станка на скважину, мин;

$$T_{с.р.} = H t_m \frac{H + h - 2l}{lh}; \quad T_{с.п.} = \frac{H^2}{hw_n}; \quad T_к = \frac{H}{h} t_к,$$

где  $t_m$  — время, необходимое для развинчивания и свинчивания одной штанги, мин;  $l$  — длина одной штанги, м;  $h$  — стойкость коронки до затупления, м;  $t_к$  — время замены одной коронки, мин;  $v_n$  — скорость подъема и спуска бурового става, м/мин.

Подставив значения составляющих вспомогательного времени  $T_в$  в формулу (12), получим

$$P = \frac{m (T - T_{п.з}) k_в}{\frac{1}{v_б} + \frac{1}{h} \left( \frac{H}{v_n} + t_к - 2t_m \right) + \frac{t_m}{l} \left( \frac{H}{h} + 1 \right) + \frac{t_n}{H}}, \text{ м/смену}. \quad (14)$$

Составляющие члены формулы (14) берутся из паспортных данных или данных практики.

Как видно из формулы (14), сменная производительность станка зависит от механической скорости бурения. Для уменьшения спуско-подъемных операций коронки должны иметь наибольшую стойкость, которая, в свою очередь, должна быть

кратна целому числу штанг. Сменная производительность с увеличением длины штанг сначала растет по закону параболы, затем эта кривая выполаживается и переходит в прямую. Так, для станка пневмоударного бурения СБУ-125 с увеличением длины штанг от 1 до 4 м, от 1 до 8 м и от 1 до 16 м при скорости бурения 0,1 м/мин производительность бурения повышается соответственно на 20, 22 и 27%, а при скорости бурения 0,2 м/мин — соответственно на 36, 45 и 50%.

### § 3. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

На зарядание шпуров в забоях подготовительно-нарезных и очистных выработок высотой до 4 м, а также в очистных забоях, где не могут работать самоходные комплексы, применяют переносные пневмозарядчики различных типов: «Курама-6», «Курама-7м», ЗП-1. При разработке пологопадающих залежей мощностью свыше 4 м с применением самоходных комплексов механизация доставки ВВ и зарядания шпуров осуществляется посредством специальных мобильных машин, в частности ПМЗШ-2.

На зарядании скважин в зависимости от горнотехнических условий наиболее часто применяются зарядно-доставочные машины УЗДМ-1, ЗАС-1, ЗДУ-50, ДДУ-1.

### § 4. ПОГРУЗКА

Из погрузочных средств на очистных подземных работах наибольшее распространение имеют ковшовые погрузочные машины, машины с нагребными лапами, подземные экскаваторы.

Погрузочные машины с нагребными лапами имеют ряд ценных достоинств: непрерывность действия; малые габариты; большое напорное усилие и хорошее внедрение в развал отбитой массы; маневренность; благодаря применению поворотного хвостового конвейера могут грузить в сосуды различной высоты и длины; незначительная доля подготовительно-заключительных операций и маневров.

Однако погрузочные машины с боковым захватом имеют и недостатки: из-за жесткой кинематической связи механизмов машина имеет большую динамику, что резко снижает надежность ее работы; погружаемая конвейером масса доставляется в сосуд, как правило, методом волочения, что вызывает интенсивный износ элементов заборно-погрузочной части конвейера и большой удельный расход электроэнергии. Эти недостатки особенно проявляются при погрузке крупнокусковых абразивных руд; машина плохо выбирает негабарит, при этом требуется много времени на транспортирование его к месту складирования для вторичного дробления; машина имеет сложную конструкцию и большой вес, что обуславливает ее высокую первоначальную стоимость.

Погрузочные машины с нагребными лапами охвачены типажом (ПНБ), согласно которому подразделяются на четыре класса: легкие, средние, тяжелые, сверхтяжелые. Класс машины выра-

## Машины

## Параметры

Параметры	Машины												
	ПНБ-1	8ВН	ЛН-62	NR-25E	2ПНБ-2	14ВН-10	МС-1	ПНБ-3E	ПНБ-2D	18НВ-29	ПНБ-4	14НВ-2	МС-2
Производительность, т/мин	1,45	1,5—2,5	1	1,5	2 м <sup>3</sup> /мин	5—8	5,1—7,7	3	4	2,5	6	6	10
Скорость передвижения, м/мин:													
рабочая . . . . .	15,5	48	10	10	8,2	30,5	11,5	10,9	10	10	10	10	8,8
маневровая . . . . .	15,5	54	10	18	14,9	45,7	25	10,9	20	30	20	20	22,2
Число качаний лап в минуту . . . . .	—	45	38	—	—	42	31; 35; 39	30	33,5	30	30,6	28	33
Конвейер:													
ширина репчатого состава, мм . . . . .	—	534	420	460	—	610	635	725	725	720	850	840	813
скорость движения цепи, м/с . . . . .	0,93	0,85	0,67—0,8	1,0	0,9	1,58	0,98; 1,12	1,09	1,09	1,0	1,0	0,95	1,39
Удельное давление на грунт, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	0,61	—	—	—	0,62	—	1,46	1,75	1,85	—	2,1	1,85	1,33
Расстояние от почвы до нижней кромки стрелы конвейера, м:													
Максимальное . . . . .	—	2,33	0,82	1,96	—	0,88	2,54	2,4	2,4	1,76	3,0	2,46	2,65
Минимальное . . . . .	—	1,41	0,15	0,44	—	0,29	1,67	1,2	1,2	1,20	1,56	1,0	0,83
Установленная мощность двигателей, кВт . . . . .	22	22	—	—	65	47	37	94	134	80	142	181	110
Габариты, м:													
длина . . . . .	6,5	7,21	4,77	7,0	8,0	6,88	7,64	8,5	9,0	7,83	10,0	9,47	8,83
ширина . . . . .	4,1	1,42	1,56	1,45	1,8	2,34	1,82	2,0	2,7	1,98	2,68	2,98	2,28
высота . . . . .	1,06	1,66	1,2	0,7	2,125	0,83	2,07	1,9	1,9	1,82	2,0	1,87	2,0
Масса, т . . . . .	4,7	4,2	3,5	5,2	10,5	8,5	10,9	23,6	26,0	18,0	34,0	29,0	27,4

жается цифрой, стоящей после буквенного шифра (например, ПНБ-4). Машины первых двух классов предназначены для погрузки легких и сыпучих материалов (угля, песка, марганцевых руд и т. д.) на проходческих и нарезных работах и на очистной выемке при малых габаритах выработок.

Тяжелые машины третьего класса используются при проведении горизонтальных выработок и камер больших размеров со средней кусковатостью породы или руды, а также на очистных работах с малой производительностью забоев, т. е. там, где за один взрыв отбивается относительно небольшое количество горной массы кусковатостью до 500 мм.

Машины четвертого класса применяются в очистных забоях с большим количеством отбитой массы, преимущественно крепкой и абразивной руды с размером куска до 700 мм. Как показала практика, эти машины еще не могут соперничать по производительности и надежности с подземными экскаваторами, поэтому применяются на погрузке только в безступенчатых очистных забоях высотой менее 6 м, т. е. там, где невозможно использовать экскаваторы, а также при проходке верхних подсеков.

В настоящее время в мировой практике наибольшее распространение получили электрические погрузочные машины на гусеничном ходу с одним одноцепным скребковым конвейером и индивидуальным приводом на различные механизмы. Двумя двухцепными пластинчатыми конвейерами оборудуются некоторые тяжелые и сверхтяжелые машины. Погрузочные машины с нагребными лапами, за редким исключением, имеют гусеничный ход с независимой подвеской и индивидуальным приводом каждой гусеницы. Для повышения маневренности гусеничный ход имеет, как правило, две скорости движения — рабочую и маневровую. Каждая гусеница крепится к раме машины шарнирно на цапфе. Гусеница оборудуется тормозом с ручным, гидравлическим или электромагнитным приводом. Выпускаются машины с непосредственным или дистанционным управлением.

Позрузочные машины с нагребными лапами широко эксплуатируются в общем комплексе самоходного оборудования при разработке пологих залежей сплошными и камерными системами с открытым выработанным пространством, а также при других системах с погрузкой руды с почвы откаточных выработок (безлюковая погрузка) и на проходке горизонтальных подготовительных выработок. Наиболее распространенные модели машин приведены в табл. 22.

Из легких машин в Советском Союзе серийно выпускается погрузочная машина ПНБ-1. За рубежом широкое применение нашли погрузочные машины 8ВН фирмы «Джой» (США), ЛН-62 японской фирмы «Сумитомо Сьюзи Кайса» и NR-25E (Чехословакия).

Машина ПНБ-1 (рис. 22), выпускаемая Ясногорским машиностроительным заводом, используется на погрузке взорванной массы с коэффициентом крепости до 10 в вагонетки, на конвейеры

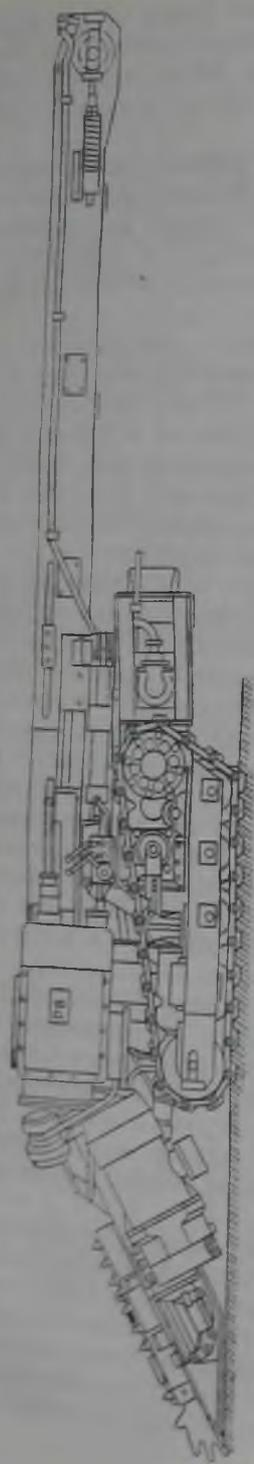


Рис. 22. Погрузочная машина ПНБ-1

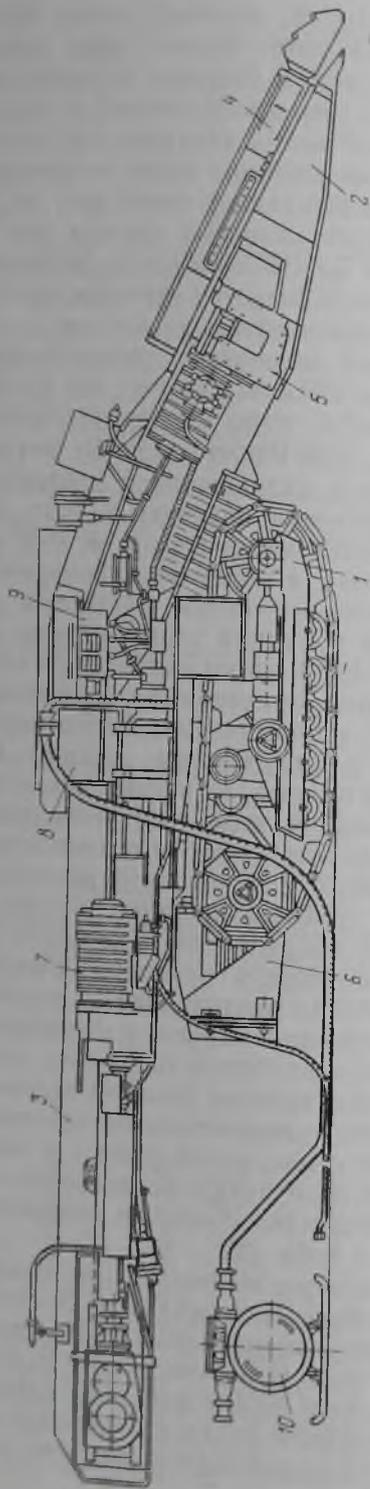


Рис. 23. Погрузочная машина ПНБ-3Д:

1 — гусеничный ход; 2 — заборно-погрузочная часть; 3 — конвейер; 4 — нагребающие лапы; 5 — привод нагребающих лап; 6 — привод заборных лап; 7 — привод конвейера; 8 — масляная станция; 9 — пульта управления; 10 — маневренный пускатель

и другие транспортные устройства при проведении горизонтальных и наклонных выработок и в очистных забоях с минимальным сечением выработок  $3 \text{ м}^2$ . Машина имеет гусеничный ход и один одноцепный скребковый конвейер, хвостовая часть которого поворачивается в обе стороны от осп на  $45^\circ$ . Обе гусеницы приводятся в движение от одного привода. Каждая лапа имеет индивидуальный привод, собранный из электродвигателя, планетарного редуктора и редуктора лап. Машина имеет двустороннее управление. Электрооборудование выполнено во взрывобезопасном исполнении, что позволяет эксплуатировать ее в шахтах, опасных по газу или пыли. На машине установлены асинхронные короткозамкнутые двигатели, питаемые напряжением 380 В.

К среднему классу относится большая группа погрузочных машин различного типа. В СССР Копейским машиностроительным заводом выпускаются 1ПНБ-2 и 2ПНБ-2, а заводом «Коммунист» — ПНБ-2к.

Из зарубежных машин широко известны 11ВИ, 14ВИ-7, 14ВИ-8, 14ВИ-9, 14ВИ-10 фирмы «Джой» (США), МС-3 и МС-4 фирмы «Мейвор энд Коулсон» (Англия), 964, 965, 966, 967 фирмы Гудмен, 34СЕ и 343СЕ акционерного общества ANF (Франция). Машины второго класса предназначены для погрузки горной массы кусковатостью до 400 мм с коэффициентом крепости до 8 на очистных работах и проведении горизонтальных и наклонных выработок с углом падения до  $10^\circ$ .

Машина 1ПНБ-2 имеет конструктивную схему, сходную с ПНБ-3к. Однако в отличие от ПНБ-3к ходовая часть гусеничного типа имеет подвеску на балансирных катках и две скорости движения. С помощью фрикционных муфт обеспечивается одновременное или раздельное включение в работу каждой гусеницы. Нагребающие лапы и конвейер имеют общий электропривод. Включение в работу того или другого механизма производится посредством фрикционных муфт. Машина имеет двустороннее управление, оборудована асинхронными короткозамкнутыми двигателями напряжением 380/660 В, электрооборудование выполнено во взрывобезопасном исполнении.

Она может работать в выработках с минимальным сечением  $4,5 \text{ м}^2$ .

Машина 2ПНБ-2 по кинематической схеме идентична машине ПНБ-3к, за некоторым исключением: она имеет двустороннее управление и две скорости движения. Асинхронные короткозамкнутые ее двигатели работают на напряжении 380 В. Машина может работать в выработках сечением более  $8 \text{ м}^2$ .

В Советском Союзе выпускаются две марки тяжелых погрузочных машин: ПНБ-3к, ПНБ-3Д. Из зарубежных наибольшее распространение получили машины американской фирмы «Джой» и ее филиалов: 15ВИ-2, 14НР-1, 18НР-2у, 18НР-4. Последняя является улучшенной моделью 18НР-2у.

Машины ПНБ-3к и ПНБ-3Д разработаны институтом Гипрорудмаш в соответствии с типажом и предназначены для погрузки высокоабразивной крепкой руды с кондиционным куском до 600 мм. Они могут работать в выработках с минимальными размерами (м): ширина — 3, высота — 2,5; угол подъема почвы — до 8°.

Погрузочная машина ПНБ-3Д (рис. 23). Каждая гусеница имеет свой привод. Правая и левая нагребальные лапы индивидуально приводятся в движение с помощью цилиндрического и конического редукторов и электродвигателя. Приводы имеют один тип асинхронного короткозамкнутого двигателя мощностью 15 кВт и напряжением 380, 660, 500 В.

Для зачистки почвы и работы машины на неровной почве носок погрузочной головки может опускаться и подниматься относительно уровня гусеничного хода. Изменение положения ходовой части конвейера и погрузочной головки осуществляется с помощью соответствующих гидроцилиндров.

Погрузочные машины ПНБ-3к и ПНБ-3Д широко используются на очистных работах в комплексе с буровыми каретками (СБУ-2к, СБУ-2м) и автосамосвалами МоАЗ-6401; на проходке горных выработок с буровыми каретками СБУ-2м, СБКН-2п и проходческими вагонами ВПК-7. Машина ПНБ-3к была испытана на безлюковой погрузке в вагоны рельсового транспорта на железных рудниках Урала и Сибири. На Шерегешском руднике среднесменная производительность машины составила 240—360 т при коэффициенте использования ее во времени 0,15—0,25. Машина ПНБ-3к успешно работает на шахте «Северо-Песчанская» Богословского рудоуправления при торцовом выпуске руды, где была получена производительность на ней 300—500 т/смену (табл. 23).

Ясногорский завод в 1973 г. выпустил модифицированную машину ПНБ-3Д (см. табл. 22). На этой машине установлены двигатели мощностью 22 кВт; улучшена конструкция конвейера, гусеничного хода, где установлены двухскоростные двигатели.

В Советском Союзе выпускается сверхтяжелая погрузочная машина ПНБ-4. За рубежом наиболее распространенными являются: 19HR-2-1H и 19HR-4 фирмы «Джой» (США), МС-5 фирмы «Мейвор энд Коулсон» (Англия), 36СЕ акционерного общества ANF (Франция). Все машины предназначены для погрузки крупнокусковой абразивной горной массы.

Машина ПНБ-4, созданная институтом Гипрорудмаш, предназначена для погрузки горной массы на очистных работах систем с открытым выработанным пространством, при проходке горизонтальных выработок больших сечений, тоннелей, камер при строительстве гидротехнических сооружений. Машина выпускается Ясногорским машиностроительным заводом в рудничном нормальном исполнении. ПНБ-4 имеет такую же кинематическую

рудники, шахты	Марка машины	Производительность		Коэффициент использования
		техническая, т/мин	эксплуатационная, т/смену	
Миргалмсайский	ПНБ-3к	2,65	269	—
	18HR-2У	1,95	240	—
	ПНБ-3Д	2,65	280	0,6
Западно-Джезказганский	ПНБ-4	5,3	350	0,55
	19HR-2	4,3	291	—
Южно-Джезказганский	ПНБ-3к	2,15	246	0,69
	ПНБ-3м	1,12	—	0,20
	18HR-2у	1,56	196	0,65
Восточно-Джезказганский	ПНБ-4	5,30	310	0,50
	ПНБ-3Д	2,15	270	0,60
	ПНБ-3к	3,26	210	—
Шахта № 2 Новомосковского гипсового комбината «Кируна» (Швеция)	18HR-2У	—	580	—
	ПНБ-3к	—	240—360	0,15—0,25
Шерегешский	ПНБ-3к	—	300—500	—
Шахта «Северо-Песчанская» Богословского рудоуправления	ПНБ-3к	—	—	—

схему, как и ПНБ-3Д и отличается от последней конструктивным исполнением.

Оригинальную конструкцию заборно-погрузочного органа машины с нагребальными лапами предложил проф. Н. В. Тихонов (МГРИ). В этой конструкции диски с кривошипами вынесены из-под абразивной горной массы; погрузочный орган может обрабатывать навал на высоте с целью ликвидации навесов горной массы. Новый заборно-погрузочный орган навешивается на погрузочную машину ПНБ-3к.

Погрузочные машины ПНК и ПНКЧ института ВостНИГРИ испытаны на рудниках Сибири при самотечной доставке руды на подшвы откаточной выработки. Отличительной особенностью машины ПНК является своеобразное конструктивное исполнение и компоновка основного забойного органа — клина со встроенным в него захватывающим конвейером. ПНК имеет производительность 7 м<sup>3</sup>/мин, общую установленную мощность — 40 кВт, вес — 8,6 тс. Размер погружаемого куска — 1200 мм.

Габариты (м): длина — 5, ширина — 1,9, высота — 2,5. Машина имеет колесно-рельсовый ход. На основе этой машины ВостНИГРИ разработал другую модель машины ПНКЧ, которая отличается от ПНК тем, что она снабжена ковшовым приспособлением для улучшения загрузки руды на заборный конвейер и имеет гусеничный ход, что делает ее более маневренной.

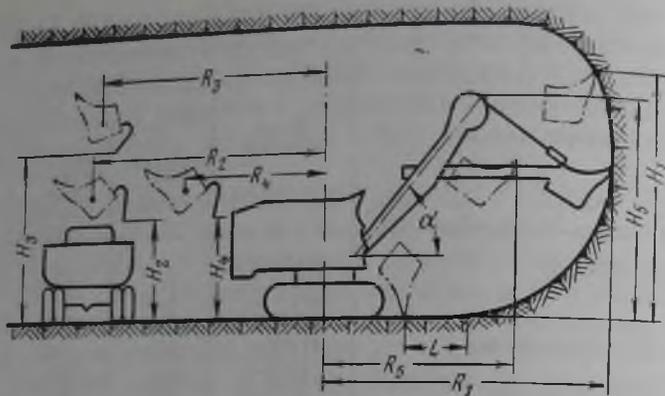


Рис. 24. Схема к определению основных параметров экскаваторов (см. табл. 25)

Подземные экскаваторы нашли широкое применение на погрузке горной массы в очистных забоях шахт и особенно на погрузке крупнокусковой руды. По сравнению с другими погрузочными средствами они имеют ценные эксплуатационные качества. Динамические нагрузки, возникающие на ковше, почти полностью гасятся в канате. В отличие от машин с нагребающими лапами, у экскаваторов с горной массой контактируется только ковш, изготовление и замена которого не требуют больших затрат. Они хорошо выбирают негабаритные куски из навала и легко складывают их для вторичного дробления. Экскаваторы практически могут работать при любой высоте навала горной массы. Расстояние от экскаватора до транспортной машины строго не регламентируется, что уменьшает затраты времени на маневровые операции.

Условия работы экскаваторов под землей характеризуются ограниченным пространством выработок, плохой освещенностью, наличием крупнокусковой абразивной руды с выходом негабарита до 30%, наклоном почвы выработок до 10°. Все эти особенности осложняют погрузку, так как экскаватор в таких условиях часто перегружается, поэтому к конструкции машин, износостойкости деталей, узлов и особенно рабочего оборудования предъявляются жесткие требования.

На подземных рудниках широкое применение получили электрические одноковшовые гусеничные экскаваторы L-67, L-77, L-85, KL-260, KL-600 шведской фирмы «Кокум-Ландсверк», ЭП-1 Костромского экскаваторного завода «Рабочий металлист», Э-7515 Ковровского экскаваторного завода [3]. Характеристика наиболее распространенных машин приведена в табл. 24.

Экскаваторы типов ЭП-1, Э-7515, L-67, L-77 используются на погрузке руды в очистных забоях, а L-85, KL-600 — при проведении горизонтальных подземных выработок большого сечения

Таблица 24

Параметры (рис. 24)	Экскаваторы					
	ЭП-1		KL-260		L-67	
Радиус вращения хвостовой части, м	2,9		1,6		2,76	
Ширина экскаватора, м	3,0		2,9		2,9	
Высота по блоку двуногой стойки, м	3,3		4-4,4		3,1	
Скорость вращения поворотной платформы, об/мин	4,55		6,2		6,2	
Предельный подъем при твердом грунте, градус	15		20		20	
Рабочее напряжение в электрической силовой сети, В	380		380		380	
Емкость ковша, м <sup>3</sup>	1		0,95		0,95	
Угол наклона стрелы $\alpha$ , градус	40	60	45	55	45	60
Наибольший радиус черпания (рис. 24) $R_1$ , м	8,5	7,8	6,31	7,07	6,6	6,25
Наибольшая высота черпания $H_1$ , м	5,5	7,5	5,27	6,06	5,03	6,1
Наибольший радиус выгрузки $R_2$ , м	7,2	6,5	5,05	5,81	—	—
Высота выгрузки (при $R_2$ ) $H_2$ , м	2,3	2,9	—	—	—	—
Наибольшая высота выгрузки $H_3$ , м	3,1	5,1	3,37	4,1	2,85	3,6
Радиус выгрузки (при $H_3$ ) $R_3$ , м	7,1	5,8	—	—	—	—
Наименьший радиус выгрузки $R_4$ , м	5,0	4,3	4,93	5,48	—	—
Высота выгрузки (при $R_4$ ) $H_4$ , м	2,2	2,8	—	—	—	—
Высота $H_5$ по верху головных блоков, м	5,5	6,9	4,81	5,25	—	—
Наименьший радиус черпания $R_5$ , м	6,0	5,8	—	—	—	—
Длина планируемой площади $L$ , м	3,3	3,0	—	—	—	—
Расчетная продолжительность цикла (с) при угле поворота, градус:						
90	19,3	—	—	—	22	—
135	22,5	—	—	—	—	—
180	25,7	—	—	—	35	—
Масса, т	35,6	—	32,9	—	28,6	—
Скорость передвижения экскаватора, км/ч	1,48	—	1,65 + 3,00	—	1,65 + 3,00	—

тоннелей, а также в небольших камерах. Рабочее оборудование экскаваторов L-85, KL-260, KL-600 имеет конструктивное отличие от обычного рабочего оборудования прямой лопаты, которым оснащены экскаваторы ЭП-1, Э-7515, L-67.

Экскаватор Э-7515 является многоприводной машиной, а остальные — одноприводными. Несмотря на конструктивные различия, все рассматриваемые экскаваторы имеют единую компоновочную схему. Их составными частями являются: рабочее оборудование, поворотная платформа с механизмами и приводом, размещенными на ней, тележка гусеничного хода.

Подземные экскаваторы предназначаются для работы в очистных забоях, проведения тоннелей и горизонтальных выработок большого сечения. Они могут грузить крепкую крупнокусковую (до 1 м) руду.

В связи с тем, что экскаваторы являются высокопроизводительными машинами, наиболее эффективно их применение в открытых высоких забоях с большим количеством руды и углом подъема почвы залежи до 20°. Они успешно эксплуатируются при сплошных и камерных системах разработки горизонтальных и слабонаклонных залежей с открытым выработанным пространством, а также на безлюковой погрузке при блоковых системах.

Полноповоротная электрическая машина ЭП-1 Костромского экскаваторного завода (рис. 25) на гусеничном ходу в качестве рабочего органа имеет прямую лопату с емкостью ковша 1 м<sup>3</sup>. Экскаватор применяется в очистных забоях шахт, ведущих разработку залежей камерными системами с открытым выработанным пространством, при проходке гидротехнических сооружений и тоннелей. Он может грузить крупную и весьма абразивную горную массу кусковатостью до 800 мм в самосвалы или самоходные вагоны с наибольшей высотой разгрузки ковша — до 5 м. Для нормальной работы машины забои должны иметь высоту не ниже 6 м и ширину не менее 10 м.

Экскаватор ЭП-1 создан специально для работы в тяжелых условиях под землей, в связи с чем его конструкция имеет ряд отличительных особенностей. Для удобства спуска экскаватора по стволу шахты, доставки его по горным выработкам и сборки на монтажной площадке конструкцией предусмотрена разборка его на отдельные транспортабельные узлы. Размеры экскаватора по сравнению с размерами, утвержденными ГОСТом для экскаваторов с емкостью ковша 1 м<sup>3</sup>, уменьшены, что дает возможность погрузки горной массы в стесненных подземных условиях.

Учитывая особенности эксплуатации экскаватора под землей, рабочее место машиниста и задняя часть кабины защищены листами толщиной 10 мм, а кабина машиниста изолирована от окружающей среды; воздух в ней очищается от пыли специальной воздухоочистительной установкой, смонтированной на экскаваторе. Предусмотрено повышенное освещение призабойного пространства, механизмов поворотной платформы и гусеничного хода.

В настоящее время экскаваторы ЭП-1 работают под землей на многих шахтах Советского Союза, в том числе на шахтах № 55 и 57 Джеказганского горно-металлургического комбината, на Соликамском и Алтын-Топканском подземных рудниках и на строительстве гидротехнических сооружений. Среднесменная производительность колеблется от 350 до 550 т.

На Алтын-Топканском подземном руднике ЭП-1 применяется на погрузке руды, выпущенной на почву. Техническая производительность — 240 т/ч, среднесменная производительность — 350—400 т.

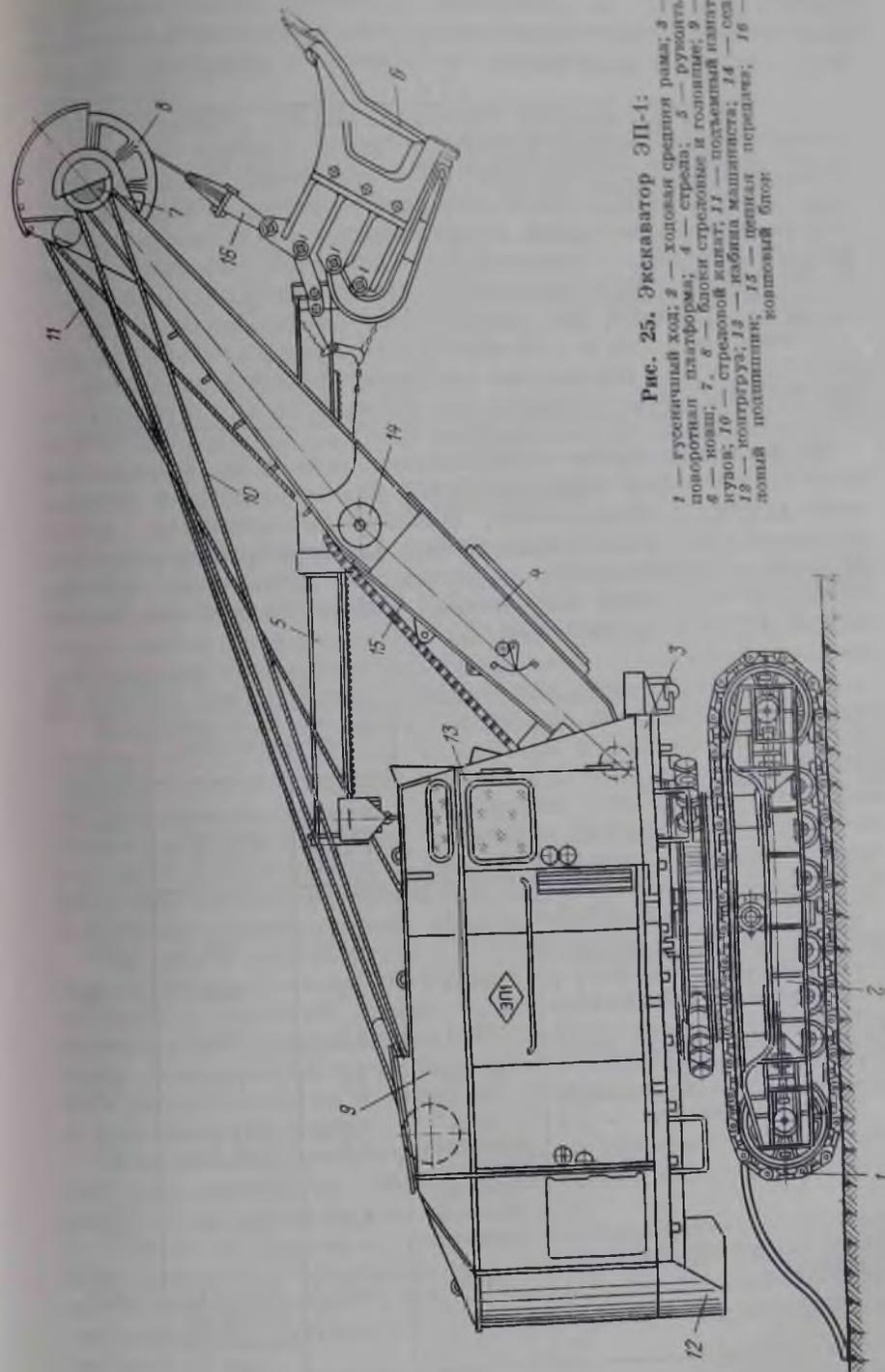


Рис. 25. Экскаватор ЭП-1:

- 1 — гусеничный ход; 2 — ходовая средняя рама; 3 — поворотная платформа; 4 — стрела; 5 — рукоять; 6 — ковш; 7, 8 — блоки стрелы и головки; 9 — кузов; 10 — стреловой калат; 11 — подъемный калат; 12 — ковшовый калат; 13 — кабина машиниста; 14 — седельный подшипник; 15 — цепная передача; 16 — колесный блок

Таблица 25

Параметры	RH-9E		RH-25
	75	132	
Мощность первичного электродвигателя, кВт . . .	75	132	
Производительность гидронасосов, л/мин . . .	2×166	2×225	
Давление в гидросистеме, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	100—300	135—300	
Скорость движения, км/ч . . . . .	0—3,2	0—2,0	
Скорость вращения платформы, об/мин . . . . .	9	0—7,2	
Емкость ковша, м <sup>3</sup> . . . . .	1	2,5	
Высота черпания, м . . . . .	7	9,5	
при радиусе черпания, м . . . . .	4,5	5,65	
Радиус выгрузки, м . . . . .	6,5	8	
при высоте выгрузки, м . . . . .	3	4	
Масса, т . . . . .	26,5	54,5	
Высота машины, м . . . . .	3,04	3,3	

В последнее время электрические подземные экскаваторы начали вытесняться гидравлическими благодаря лучшей кинематики рабочего оборудования, большей маневренности, малой высоте, лучшей ремонтпригодности. На зарубежных рудниках наиболее распространены гидравлические экскаваторы RH-9E, RH-20, RH-25 фирмы «Орешштейн» (ФРГ). Технические данные двух из них приведены в табл. 25.

Таблица 26

Рудник, шахта	Тип	Производительность		Коэффициент использования
		техническая, т/мин	эксплуатационная, т/смену	
Шахта № 51, Восточно-Джезказганский рудник	L-67	2,95	294	0,30
Шахта № 55, Западно-Джезказганский рудник	ЭП-1	3,2	440	0,40
Солыкамский калийный комбинат	ЭП-1	3,3	204	—
Шахта № 51, Восточно-Джезказганский рудник	Э-7515	2,1	150	0,2
Шахта № 2 Новомосковского гипсового комбината	ЭП-1	4,1	150 т/ч	0,6
	Э-652 (модернизированный)	3,3	120 т/ч	0,6
	Э-652 (серийный)	3,0	118 т/ч	0,6
Алтын-Топкавский подземный рудник	ЭП-1	4,0	350—400 (безлюковая погруз-ка)	0,36

Привод машин полностью гидрофицирован. На раме гусеничного хода установлены два аксиально-поршневых двигателя. Рабочее оборудование приводится в движение посредством гидроцилиндров.

Экскаваторы RH-9E и RH-20 предназначены для работы в камерах высотой > 7 м и шириной более 12 м, а RH-25 — в камерах соответственно более 10 и 20 м. Экскаватор RH-25, работающий на погрузке калийных солей на шахте «Борс», показал по сравнению с электрическими экскаваторами лучшие эксплуатационные качества. Техническая производительность составила 6,9 т/мин, а эксплуатационная — 1600 т/смену.

Показатели работы экскаваторов на некоторых рудниках Советского Союза приведены в табл. 26.

Показанная эксплуатационная производительность на отдельных рудниках не исчерпывает технических возможностей экскаваторов, что видно из значений коэффициента использования.

### § 5. ДОСТАВКА

Скреперные установки в связи с внедрением более совершенных средств доставки при разработке месторождений камерными системами будут находить применение лишь при разработке маломощных месторождений, когда отсутствуют другие, более эффективные средства погрузки и доставки, а также в обводненных и опасных для длительного пребывания людей в забоях.

Конвейерные установки (ленточные и скребковые) совсем недавно эксплуатировались на доставке только мягких руд (марганцевых, бокситовых) кусковатостью до 300 мм, калийных солей и нерудных материалов, добываемых камерными системами. Однако в последнее время, в связи с совершенствованием конструкции существующих и разработкой новых моделей конвейеров, они начали внедряться при камерных системах на выпуске и доставке крупнокусковых крепких абразивных руд.

На добыче мягких руд в пологопадающих залежах ленточные или скребковые конвейеры работают в сочетании с комбайновой выемкой и доставкой руд из забоев челночными вагонами. При применении буровзрывного метода отбойки на погрузке и доставке руды до конвейеров могут быть использованы забойные секционные виброконвейеры, а также погрузочные машины в сочетании с челночными вагонами.

Пластинчатые конвейеры работают на доставке крупнокусковых или крепких руд по аккумулярующим выработкам длиной до 60—70 м, в очистных камерах и т. д.

Сейчас на выпуске и доставке крепких и крупнокусковых руд при разработке крутопадающих месторождений этажно-камерными системами ведутся работы по внедрению различных типов вибрационных установок: вибропитателей, виброконвейеров, вибролент.

Вибропитатели служат для донного выпуска руды в вагонетку, автосамосвал, рудоспуск или на конвейер; торцового выпуска руды на конвейер или в самоходные транспортные средства; погрузки руды из рудоспусков в вагонетки. Вибропитатели часто устанавливаются в нишах скреперного штрека, в этом случае они играют роль побудителей для улучшения истечения руды из выпускных отверстий и ликвидации завесаний.

На многих рудниках Советского Союза комплексы вибрационных установок начали использовать на торцовом выпуске. Наибольшее распространение получили виброкомплексы, созданные институтами ВНИИцветмет, НИПИГормаш и НИГРИ.

Самоходные челночные вагоны и автотягачи с прицепами начали широко внедряться в общем комплексе самоходных машин для разработки пологопадающих залежей безэтажно-камерными системами.

Средняя длина доставки электрическими вагонами составляет 50—100 м, дизельными — 600 м, максимальная длина доставки — соответственно 400 и 1000 м. При выборе типа вагона для конкретных условий следует пользоваться табл. 11.

Челночные самоходные вагоны, работающие на очистной выемке, сейчас из-за ряда их недостатков вытеснены автотягачами с прицепами и погрузочно-доставочными машинами ПДМ.

Автотягачи с прицепами рекомендуется применять для обслуживания подземных экскаваторов или высокопроизводительных погрузочных машин, если позволяют поперечные сечения откаточных выработок, а использование ПДМ экономически не выгодно.

## § 6. ПОГРУЗОЧНО-ДОСТАВОЧНЫЕ МАШИНЫ

В настоящее время в горнорудной промышленности Советского Союза и за рубежом начинают широко применяться погрузочно-доставочные машины, которые заменяют скреперные установки, комплексы из погрузочного и доставочного оборудования почти при всех системах разработки.

Область применения погрузочно-доставочных машин указана в табл. 13. Минимальные размеры выработок, где может применяться тот или иной тип ПДМ, находятся из условия соблюдения зазоров по высоте не менее 300—400 мм, со стороны людского прохода более 700 мм и с противоположной стороны более 300—400 мм.

Выбор ПДМ зависит от конкретных условий их работы. Если ПДМ работают на доставке при системах с торцовым выпуском или с магазинированием руды, то в этих условиях следует признать наиболее тяжелые машины. Ограничивающими факторами могут быть габариты выработок, увеличение которых невозможно из-за возрастания давления на крепь, выпучивания, вывалов породы и т. п., а также из-за недостаточной емкости рудоспусков. В одиночных изолированных забоях с небольшим коли-

чеством руды, где отбойка чередуется с доставкой, и неограниченных размерах доставочных выработок тип ПДМ и оптимальная длина транспортирования выбираются из условия минимума удельных затрат на отбойку, доставку, проведение дополнительных выработок и связанные с этим другие расходы.

В одиночных забоях, когда вентиляция осуществляется от общешахтной струи, а взрывные работы связаны с общим технологическим процессом добычи по шахте, выбирают такой тип ПДМ, чтобы цикл работ в этом забое заканчивался за целое число смен.

При подземной разработке руд камерными системами нашли применение ПДМ как легкого, так и тяжелого класса.

Из всех типов ПДМ наибольшее распространение на подземных рудниках получили ковшовые. Они бывают бункерными и безбункерными. Первые разделяются на ПДМ с опрокидыванием бункера назад, в стороны, с донной разгрузкой через люк, с телескопической разгрузкой бункера. Из тяжелого класса машин этой группы известны ПДН-ЗД (СССР), Т7С-Д фирмы «Атлас Копко» (Швеция), ТЛ-110, ТЛ-55, ТЛ-60, ТЛ-70 фирмы «Джой» (США), ES-2 типа «Экспаскуп» фирмы «Джой-Газет» (Франция), «Компон» фирмы «Блау Нокс» (Франция) и др.

Пгрузочно-доставочная машина ПДН-ЗД (рис. 26), созданная институтом НИПИГормаш, предназначена для работы в очистных забоях горизонтальных и слабонаклонных выработок сечением 12 м<sup>2</sup>. Наиболее эффективно эта машина может быть использована при камерной системе разработки. Машина состоит из пневмоколесного хода с колесной формулой 4 × 4, кузова емкостью 6 м<sup>3</sup>, ковша емкостью 1,5 м<sup>3</sup>. Она имеет автономный привод, включающий в себя дизельный двигатель с системой очистки выхлопных газов и гидромеханическую коробку передач.

Машина оборудована двухпозиционной кабиной управления и двойной системой тормозов: рабочей пневмогидравлической системой на все четыре колеса и механической стояночной. Наибольшая длина доставки до 400 м.

Двигатель имеет специальную газоочистку, состоящую из каталитического дожигателя и жидкостной ступени. В катализаторе окись углерода дожигается до углекислого газа. Жидкостная ступень включает в себя скруббер, наполненный водой, проходя через который выхлопной газ очищается от альдегидов и окиси азота.

ПДМ ПДН-ЗД была успешно применена на шахте «Северо-Песчанская» Богословского рудоуправления при торцовом выпуске руды, где достигнута сменная производительность 300—500 т.

Пгрузочно-доставочная машина ТЛ-110 фирмы «Джой» имеет шарнирно сочлененную раму. Ковш работает посредством двух гидроцилиндров. Привод разгрузки кузова также гидравлический. Дизельный двигатель имеет двойную газоочистку, тормоза — пневматические. Кузов — цельносварной из высокопрочной

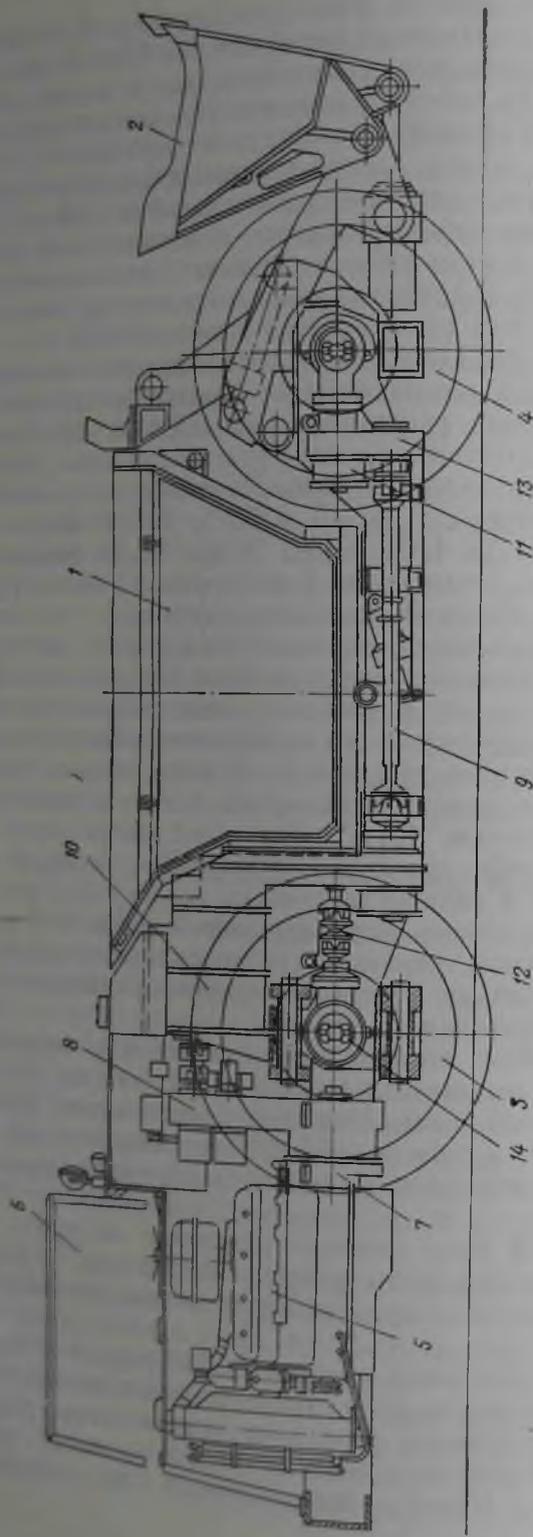


Рис. 26. Погрузочно-доставочная машина ПДН-ЗД:  
 1 — кузов; 2 — ковш; 3, 4 — передние и задние колеса; 5 — двигатель; 6 — кабина; 7 — муфта сцепления; 8 — промежуточный редуктор;  
 4 — карданная передача к заднему мосту; 10 — гидротрансформатор; 11 — тормоз; 12 — карданная передача переднего моста; 13 — зад-  
 ний мост; 14 — передний мост

Таблица 27

Параметры	Фирма и модель									
	Гутенх оффшунг-схюйте — ФРГ	США	Вабзю (США)	Шюфф (ФРГ)	«Фазрон» (Польша)	Вегнер Майнинг Сквп (США)	НИИТгоркам (СССР)			
Грузоподъемность, т	2,72	10	4,1	1,7	2,3	3,68	5,0	8,0	12,0	
Объем ковша, м <sup>3</sup>	1,53	4,2	1,0	0,85	1,0	2,3	2,5	4,0	6,0	
Масса машины, т	10,0	19,0	13,44	5,8	8,0	15	19,4	22,0	26,0	
Мощность двигателя, л. с.	70	196	130	54	75	145	195	190	250	
Коробка передач	4-4	4-4	3-3	1-1	2-2	4-4	4-4	2-2	2-2	
число передач	21,4	24,4	36,9	20,0	20,0	29,0	37,0	25,0	30,0	
максимальная скорость, км/ч	5,66	8,685	7,080	6,919	6,500	6,370	8,900	9,000	9,260	
Габариты, мм:	1880	2440	2380	1820	2200	2130	2430	2450	2500	
длина	1626	2005	1850	1840	1900	1780	1520	1530	1810	
высота	4,72	6,17	6,76	6,8	6,1	4,88	6,17	4,45	7,6	
наружный радиус поворота, м:	3,46	2,84	2,5	4,8	3,95	2,50	3,20	2,0	4,4	
внутренний радиус поворота, м:	30	20	25	—	—	18	20	18	18	
Преодолеваемый подъем, градус	2134	3405	2680	2850	2270	2430	3400	2400	3700	
База, мм	330	466	406	300	350	380	500	370	400	
Клиренс, мм	12-24	—	14-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	
Размер шин, дюйм:	20,5-25	—	26,5-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	
размер шин, мм:	12-24	—	14-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	
размер шин, дюйм:	20,5-25	—	26,5-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	
размер шин, мм:	12-24	—	14-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	
размер шин, дюйм:	20,5-25	—	26,5-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	
размер шин, мм:	12-24	—	14-25	—	—	16-25	18-25	12-20	18-25	

легированной стали. Приводными могут быть как два, так и все четыре колеса.

**Ковшовые погрузочно-доставочные машины с донной разгрузкой бункера** через люк TL-50, TL-55, TL-60, TL-70 требуют специального приспособления над приемным бункером или конвейером. Все машины имеют шарнирно сочлененную раму и дизельный привод с воздушным охлаждением и газоочисткой. Машины получили широкое распространение на рудниках США и Австралии, они отличаются высокой производительностью. Так, TL-70 грузоподъемностью 9,5 т эксплуатируется на свинцовом руднике «Мэгмонт» (штат Миссури) при камерной системе. За 8-часовую рабочую смену при расстоянии доставки в один конец 420 м машина имеет среднюю производительность 500 т. Имеются случаи применения этих машин для доставки руды до бункера ствола на расстояние 1000 м и более.

**Ковшовые погрузочно-доставочные машины с телескопической разгрузкой бункера (типа «Экспаскуп»)** выпускаются во Франции фирмой «Джой» и используются на железных рудниках Лотарингии. Машина имеет шарнирно сочлененную раму, дизельный привод с газоочисткой. Кузов загружается ковшем, управляемым двумя гидроцилиндрами, а разгружается телескопическим устройством, встроенным в кузов. При эксплуатации этих машин на подземных рудниках получены высокие показатели. Так, на одном железном руднике Франции среднесменная производительность машины ES-2 грузоподъемностью 15 т при транспортировании руды на расстояние до 450 м составила 680 т.

К **безбункерным машинам** (транспортирующим горную массу в ковше) тяжелого класса относятся ПД-8 и ПД-12 (СССР), G-ST-5A, G-ST-8A, G-ST-11 фирмы GHN (ФРГ), «Эймко-915LHD», «Эймко-916LHD», «Эймко-917LHD», «Эймко-920LHD» фирмы «Эймко» (США), 450M фирмы «Вабко» (США), L-110, L-118 фирмы «Шопф» (ФРГ), ST-5A, ST-8, ST-11 фирмы «Вагнер» (США) и др. Данные наиболее распространенных дизельных ПДМ приведены в табл. 27.

**Погрузочно-доставочная машина ДК-2,8Д** (по типу ПД-8) (рис. 27) института НИПИГормаш относится к классу тяжелых машин с поворотным ковшем, имеющим переднюю разгрузку. Горная масса доставляется в ковше. Машина имеет автономный дизельный привод, предназначена для погрузки и транспортирования полезного ископаемого по выработкам сечением более 12 м<sup>2</sup> при системах разработки с открытым забоем. Она способна грузить горную массу любой кусковатости. Наиболее эффективно машина может быть использована при погрузке и доставке горной массы на расстояние до 300 м. Она также может быть применена как погрузчик руды в самоходные транспортные средства, использована на зачистке и устройстве дорог, доставке оборудования и материалов. Машину обслуживает один во-

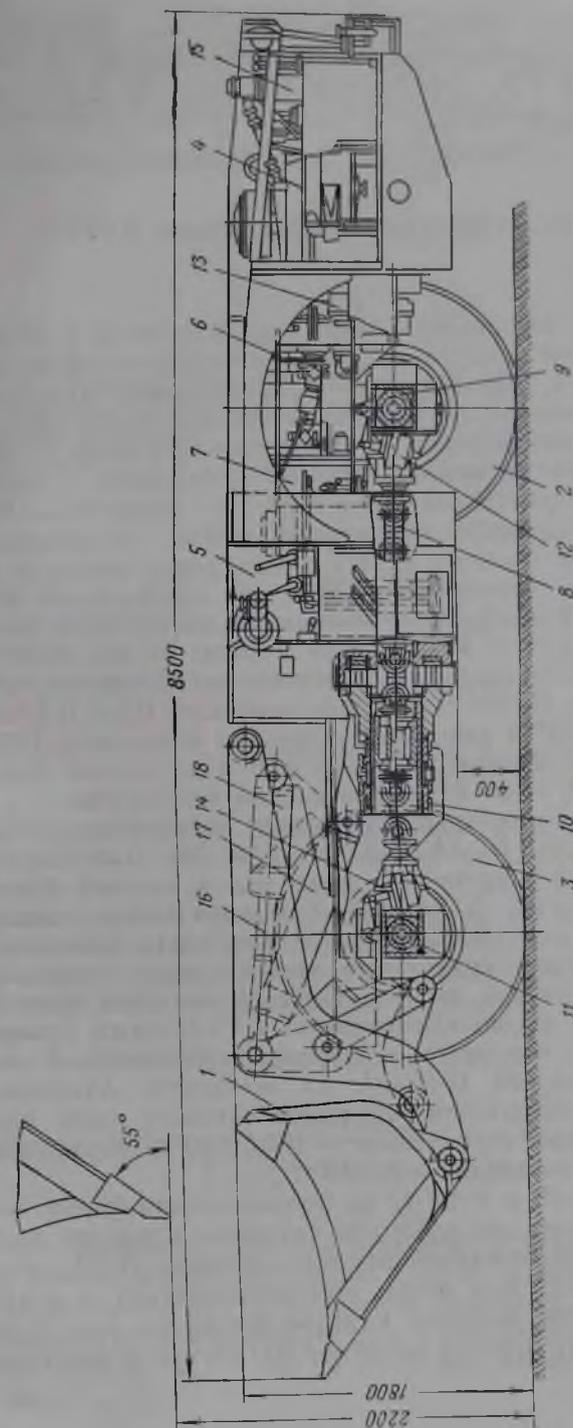


Рис. 27. Погрузочно-доставочная машина ДК-2,8Д:

1 — рабочий орган; 2—3 — задние и передние колеса; 4 — двигатель; 5 — кабина оператора; 6 — рама; 7 — гидромеханическая коробка перемены передач; 8, 10 — задний и передний карданные переключатели; 9, 11 — задний и передний мосты; 12, 14 — тормоза; 15 — муфта сцепления; 16 — радиатор; 17, 18 — стрелы; 17, 18 — гидроцилиндры соответственно подъема стрелы и поворота ковша

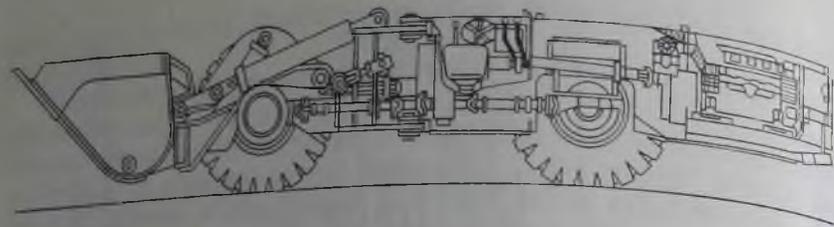


Рис. 28. Погрузочно-доставочная машина G-ST-5A

Она состоит из пневмокопесной ходовой части с шарнирно сочлененной рамой, дизельного привода с системами нейтрализации выхлопных газов, питания, смазки, охлаждения, гидромеханической трансмиссии, погрузочного органа ковшового типа, пневматической, гидравлической и электрической систем и системы управления. Все механизмы машины приводятся в движение четырехтактным двигателем марки ЯМЗ-238А мощностью 190 л. с. Среднеэксплуатационная производительность, полученная на Миргалимсайском руднике в 1972 г. при длине доставки 110 м; сменная — 204 т, месячная — 9850 т при коэффициенте использования во времени 0,42; себестоимость погрузки и доставки 1 т равна 0,399 руб. С 1972 г. организовано производство ПДМ ДК-2,8Д на Донецком машиностроительном заводе им. Ленинского Комсомола. С 1974 г. намечено выпускать ПДМ ПД-5 с ковшем емкостью 2 м<sup>3</sup> и дизельным приводом мощностью 130 л. с. и ПДМ ПД-12 с ковшем емкостью 4 м<sup>3</sup> и дизельным приводом мощностью 260 л. с. во взрывобезопасном исполнении.

Наибольшее распространение из всех зарубежных *безбункерных машин* получила ST-5A (G-ST-5A) (рис. 28). Она может работать в выработках шириной не менее 4 м и высотой более 2 м с углом подъема до 15°. В Советском Союзе эти машины эксплуатируются в очистных забоях рудников комбината Ачполиметалл. По общей компоновочной схеме машина мало отличается от ДК-2,8Д. Особенностью машины G-ST-5A является применение на ней двигателя фирмы «Дейцдизель» с V-образным расположением цилиндров, имеющего воздушное охлаждение. В период эксплуатации машины G-ST-5A на комбинате Ачполиметалл была получена следующая производительность (при средней длине откатки 81 м): техническая — 100,5 т/ч, эксплуатационная сменная — 320 т, месячная — 15 318 т.

Машины G-ST-8V и G-ST-11 по рекомендациям фирмы целесообразно использовать для работы на калийных и соляных шахтах.

Наиболее мощными машинами среди ковшовых ПДМ являются G-ST-8 и G-ST-8A; они могут эксплуатироваться в очистных забоях на погрузке тяжелых и крупнокусковых руд. Средняя производительность машины достигает 200 т/ч при длине доставки 150 м.

## Расчет производительности погрузочно-доставочных машин

### Техническая производительность

а) Для ковшовых бункерных машин

$$Q_{\text{ч}} = 60 \frac{V_{\text{б}} k_{\text{н. б}}}{t k_{\text{р}}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (15)$$

или

$$Q_{\text{ч}} = 60 \frac{V_{\text{б}} k_{\text{н. б}} \gamma}{t k_{\text{р}}}, \text{ т/ч}, \quad (16)$$

где  $V_{\text{б}}$  — геометрическая емкость бункера, м<sup>3</sup>;  $t$  — продолжительность рабочего цикла, мин;  $k_{\text{н. б}} = 0,75 \div 1$  — коэффициент наполнения бункера;  $\gamma$  — объемная масса материала в целике, т/м<sup>3</sup>;  $k_{\text{р}} = 1,5 \div 1,6$  — коэффициент разрыхления;

$$t = t_{\text{н}} + t_{\text{р}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{п}}, \text{ мин.}$$

Здесь  $t_{\text{н}}$ ,  $t_{\text{р}}$ ,  $t_{\text{раз}}$ ,  $t_{\text{п}}$  — соответственно время, затрачиваемое на наполнение бункера, езду к месту разгрузки, разгрузку и возвращение в забой.

Время наполнения находится по формуле

$$t_{\text{н}} = \frac{V_{\text{б}} k_{\text{н. б}}}{\psi Q_{\text{б}}}, \text{ мин}, \quad (17)$$

где  $Q_{\text{б}}$  — теоретическая производительность рабочего органа по погрузке, м<sup>3</sup>/мин, дается в технической характеристике машины;  $\psi$  — коэффициент, который учитывает влияние на теоретическую производительность высоты развала, угла подъема почвы, крепости и кусковатости горной массы, находится по формуле (6);  $Q_{\text{б}}$  для отечественных бункерных машин МПДН-1, 1ПДН-2, ПДВ-2 и ПДН-3Д соответственно составляет 1,33; 0,6; 0,5 и 2,5 м<sup>3</sup>/мин.

Тогда формулу (15) можно записать в виде

$$Q_{\text{ч}} = \frac{60 V_{\text{б}} k_{\text{н. б}}}{\left( \frac{V_{\text{б}} k_{\text{н. б}}}{\psi Q_{\text{б}}} + t_{\text{р}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{п}} \right) k_{\text{р}}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (18)$$

Время движения груженой машины к месту разгрузки  $t_{\text{р}}$  и возвращения порожней машины в забой  $t_{\text{п}}$  находится по методике, изложенной в гл. IX настоящей работы.  $t_{\text{раз}} = 60 \div 100$  с для машин с опрокидным кузовом, с разгрузкой через дно или боковую стенку;  $t_{\text{раз}} = 120 \div 180$  с для машин с донным конвейером;

б) Для ковшовых безбункерных машин

$$Q_3 = 60 \frac{V_k k_{н.к}}{t_{ц} k_p}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (19)$$

или

$$Q_3 = 60 \frac{V_k k_{н.кY}}{t_{ц} k_p}, \text{ т/ч}$$

где

$$t_{ц} = t'_н + t_r + t_{раз} + t_n, \text{ мин — время цикла.}$$

Здесь

$$t'_н = \frac{k'_п (t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5)}{60}, \text{ мин — время наполнения ковша;}$$

$t_1 = 3 \text{ с}$ ,  $t_2 = 5 \text{ с}$  — соответственно время опускания и подъема ковша;  $t_3 = 8 \text{ с}$ ,  $t_4 = 15 \text{ с}$  — соответственно время опускания и подъема стрелы;  $t_5 = 10 \div 15 \text{ с}$  — время заполнения ковша. Здесь приведены средние значения времени с учетом вспомогательных операций;

$k'_п$  — коэффициент, учитывающий увеличение продолжительности цикла черпания в зависимости от выхода негабарита. Ориентировочные значения  $k'_п$  приведены ниже:

выход негабарита, % . . .	0—5;	5—10;	10—15;	15—20
$k'_п$ . . . . .	1	1,2	1,3	1,4

$k_{н.к}$  — коэффициент наполнения ковша, принимается равным:  $0,8 \div 1,1$  — для крупнокусковой горной массы;  $0,55—0,70$  — влажного и сыпучего материала;  $0,55 \div 0,75$  — материала крупностью до 50 мм,  $t_r$  и  $t_n$  определяется по формулам гл. IX;

$$t_{раз} = \frac{k'_p (t_1 + t_2 + t_3 + t_4)}{60} \text{ — время разгрузки, мин,}$$

где  $k'_p = 1,10 \div 1,15$  — коэффициент, учитывающий время, затрачиваемое на маневры при разгрузке.

Как видно из формул (18), (19), производительность зависит от длины доставки.

Зависимость производительности от длины доставки ПДМ ДК-2,8Д и Т4Г показана на рис. 29;

в) Для машин с гребковым рабочим органом

$$Q_3 = 60 \frac{V_6 k_{н.6}}{T k_p}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

или

$$Q_3 = \frac{V_6 k_{н.6Y}}{T k_p}, \text{ т/ч}$$

где

$$T = t'_н + t_r + t_{раз} + t_n, \text{ мин — время цикла.}$$

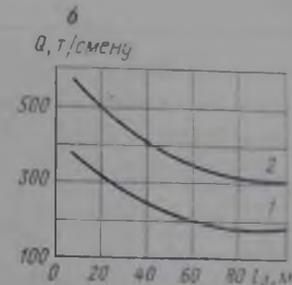
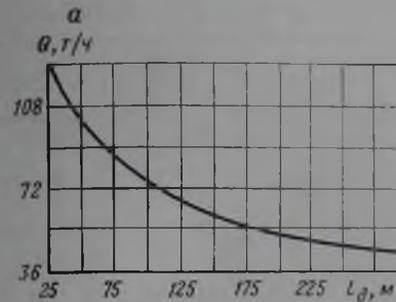


Рис. 29. График зависимости производительности  $Q$  от длины доставки  $L_d$ :

а — технической для ПДМ ДК-2,8Д; б — эксплуатационной для ПДМ Т4Г в условиях рудника «Мальбергет» (Швеция); 1 — плотность руды  $1,7 \text{ т/м}^3$ ; 2 —  $2,7 \text{ т/м}^3$ .

Время наполнения  $t'_н$  бункера определяется по паспортной производительности машины на погрузке  $Q_6$ ,

$$t'_н = \frac{V_6 k_{н.6}}{\psi Q_6}, \text{ мин,}$$

где  $\psi$  находят по формуле (6);  $t_r$  и  $t_n$  — находится по формулам гл. IX;

$$t_{раз} = \frac{k_{реж} L_k \mu}{60 v_k}, \text{ мин,} \quad (20)$$

где  $L_k$  — длина конвейера, м;  $v_k$  — скорость движения полотна донного конвейера, м/с;  $k_{реж} = 1,2 \div 1,3$  — коэффициент, учитывающий время на маневры при разгрузке;  $\mu = 1,3 \div 1,6$  — коэффициент, учитывающий влияние «растягивания» материала при разгрузке.

Сменная эксплуатационная производительность погрузочно-доставочных машин определяется по формуле

$$Q_3 = Q_3 T_{см} k_3, \text{ м}^3 (\text{т})/\text{смену,}$$

где  $T_{см}$  — длительность смены, ч;  $k_3$  — коэффициент использования машины во времени за смену.

Рабочий парк ПДМ по участку, шахте, необходимый для уборки заданного объема горной массы, равен

$$N_p = \frac{k_n A}{Q_3 m}, \quad (20a)$$

где  $k_n = 1,25 \div 1,50$  — коэффициент неравномерности работы шахты, участка;  $A$  — суточная добыча участка (шахты), т;  $m$  — число смен.

Инвентарный парк машин рассчитывается по формуле  $N_{ин} = N_p / \sigma_r$ , где  $\sigma_r = 0,7 \div 0,9$  — коэффициент технической готовности парка машин.

Таблица 28

Параметры	ШБМ-2м	ПК-8	ПК-9р
Размеры выработки:			
площадь сечения, м <sup>2</sup> . . . . .	7,5	8,0—9,0	6—16
ширина у почвы, м . . . . .	3,0	3,0—3,2	3—5,8
высота, м . . . . .	2,7	3,0—3,2	2,2—3,9
Угол падения пласта, градус . . . . .	± 10—15	± 15	± 8
Проводимость, м/ч . . . . .	7; 3*	8	15—5
Тип исполнительного органа . . . . .		Роторный	
Способ погрузки на транспортные средства . . . . .	Скребок-конвейер и перегружатель	Перегружатель	Скребок-конвейер и перегружатель
Подача . . . . .	Шагающая с гидроприводом	Гусеничная	
Скорость подачи, м/мин:			
рабочая . . . . .	До 0,15	0,03—0,2	2
маневровая . . . . .	—	До 3	2
Удельное давление на почву, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	—	2,05	0,6
Суммарная мощность двигателей, кВт . . . . .	106,2	333	167,3
Габариты комбайна в рабочем положении, мм:			
длина . . . . .	6000 (14 000)**	9100**	7800**
ширина . . . . .	3000	3000; 4000	1800/2800
высота . . . . .	3000	3000; 3200	1830
Масса, т . . . . .	35	56,0; 57,5	36,2

\* По крепким породам.  
\*\* Длина с конвейером.

Добычные комбайны используются для отбойки и погрузки полезного ископаемого и обеспечивают поточность добычи.

На отбойке и погрузке мягких руд ( $f < 4$ ) в очистных и подготовительных выработках в комплексе с самоходными транспортными машинами или забойными конвейерами получили применение комбайны ШБМ-2м, ШБМ-3, ПК-8, ПК-9р, МБЛ-М и МБЛД. Техническая характеристика некоторых из них приведена в табл. 28.

Комбайн МБЛ-М (рис. 30), созданный институтом Гипрорудмаш совместно с работниками Никопольского комбината, имеет барабанный рабочий орган шириной 660 мм с девятью самозачищающимися лопастями; он может работать по рудам и породам крепостью до 3 и крупностью кусков до 300—350 мм.

Комбайн МБЛД, изготавливаемый Днепропетровским заводом горно-шахтного оборудования, может применяться в выработках сечением 4 м<sup>2</sup> и более на отбойке и погрузке руды, глины, гравия,

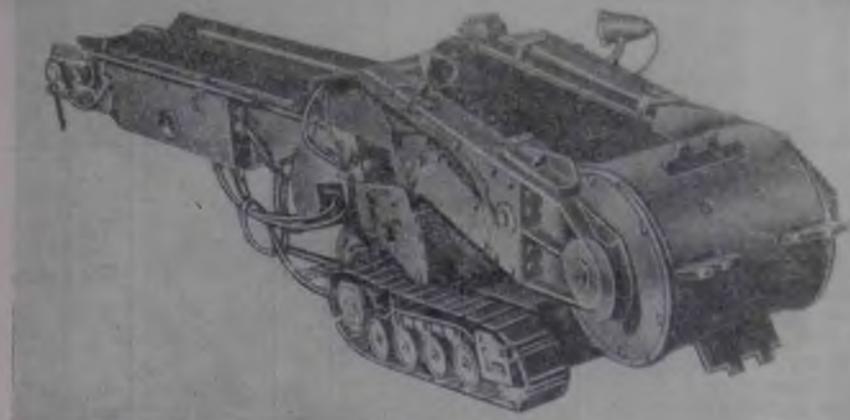


Рис. 30. Комбайн МБЛ-М

угля и т. п. Техническая производительность комбайна (при  $\gamma = 2,1$  т/м<sup>3</sup>) на погрузке составляет 40 т/ч, а на отбойке и погрузке — 20 т/ч. Эксплуатационная производительность составляет 100—160 т/смену. Дистанционное управление комбайном расширяет области его применения. Комбайны грузят руду на забойный конвейер, который подает руду на магистральные конвейеры или в вагонетки рельсового транспорта.

## § 7. КРЕПЛЕНИЕ И ЗАКЛАДКА

Машины для крепления и поддержания выработанного пространства [3] применяются в открытых камерах при неустойчивой маломощной непосредственной кровле, где анкерное крепление является обязательной операцией. Отставание крепления от груди забоя допускается не более 5—7 м.

Крепление кровли анкерной крепью включает в себя бурение восстающих шпуров глубиной 2,5—3 м в кровле выработки, нагнетание в шпур цементного раствора и установку анкерного болта, который изготавливается из рифленой арматурной стали диаметром 22 мм. Анкерный болт имеет на конце головку, на которой надета металлическая шайба прямоугольного сечения размером 150 × 150 мм и толщиной 8—12 мм. При слабой кровле дополнительно крепят металлической сеткой. В последние годы в Советском Союзе и за рубежом для крепления кровли начали применять анкерные болты с пластиковыми патронами, что упрощает процесс крепления и делает его более экономичным. В СССР применяют сталеполлимерные крепежные штанги с использованием быстротвердеющего полимербетона на основе эпоксидной смолы ЭД-5.

Таблица 29

Параметры	СААК-3	СП-12	КСО-12	КСО-25	СП-25	«Секома-060»	СП-8А	СП-18А
Максимальная высота от почвы до рабочей площадки, м . . . . .	6,1	11	11	21,8	20,8	5,5	7,5	16
Грузоподъемность рабочей площадки, кг . . . . .	1500	500	500	400	400	—	900	400
Наибольший допустимый уклон почвы при работе машины, градус	7	10	10	10	3	—	7	7
То же, в транспортном положении, градус . . . . .	20	20	25	20	12	—	16	16
Тип ходовой части . . . . .	Гусеничный					Пневмоколесный	Дизельный	
Привод ходовой части	Электрический							
Мощность двигателей ходовой части, кВт . . . . .	40	28	2×13	27,3	42	—	100	100
Скорость движения, км/ч . . . . .	1,65	4,25	1,10	1,0	4,25	—	До 30	До 15
Габариты, м:								
длина . . . . .	6,1	7,5	7,4	10,0	7,36	6,1	8,06	11,5
ширина . . . . .	2,51	2,50	3,00	3,20	2,50	—	2,60	2,58
высота . . . . .	3,46	3,00	3,00	3,30	3,00	—	2,68	2,80
Масса, т . . . . .	17,7	13,6	16,0	28	16,1	—	11,51	14,33

В камерах, где неизбежно пребывание людей и машин, кровля требует постоянной обделки отслоившихся кусков, замены негодных болтов и т. п. Для механизации процессов штангового крепления и поддержания выработанного пространства в Советском Союзе созданы агрегаты СААК-3-2000, СП-8А, СП-12, СП-18А, КСО-12, КСО-25, СП-25 и другие, за рубежом — агрегаты «Секома-060», «Секома-093», «Секома-049», «Секома-082», «Секома-091» (табл. 29).

В настоящее время на отечественных рудниках, в том числе Джезказганского и Ачисайского комбинатов, где широко применяется самоходное оборудование, для бурения шпуров под анкерные болты используются обычные буровые каретки и для установки болтов специальные самоходные полки. По конструкции они разделяются на машины и приспособления для крепления и поддержания кровли в забоях высотой: 1) до 5; 2) от 5 до 8; 3) от 8 до 12 и 4) от 12 до 25 м.

Для бурения шпуров под анкерные болты в кровле выработок высотой до 5 м применяют буровые каретки с длиной автоподатчика от 2 до 4 м (в частности — СБУ-2м). Для установки болтов

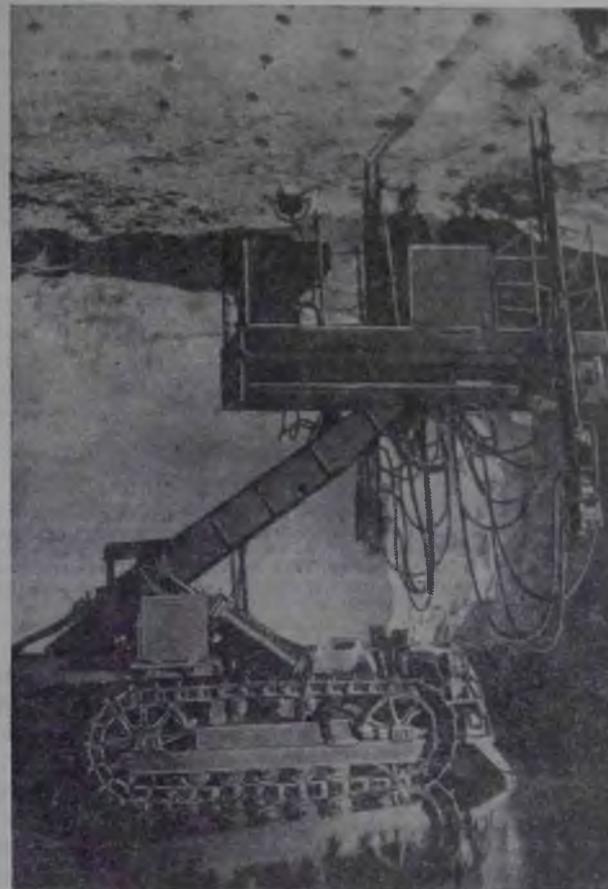


Рис. 31. Самоходный агрегат СААК-2(3)-2000

используются специальные полки, которые обычно монтируются на шасси самоходных вагонов, автомобилей, буровых кареток, тракторов. На рудниках Джезказгана используются полки, установленные на гусеничном ходу буровых кареток СБУ-2м.

На Миргалимсайском руднике изготовлен и успешно применяется полка, смонтированный на шасси автомобиля «Татра-138С». Составными частями полка являются рабочая площадка и стрела. На автомобиле кузов заменен платформой, где размещены смесительное устройство для приготовления цемента, бак, из которого через шланги раствор подается в пневмонагнетатели, расположенные на рабочей платформе полка, а также запас необходимых материалов (цемент, штанги). На полке механизирован не только сам процесс крепления, но и приготовление смеси.

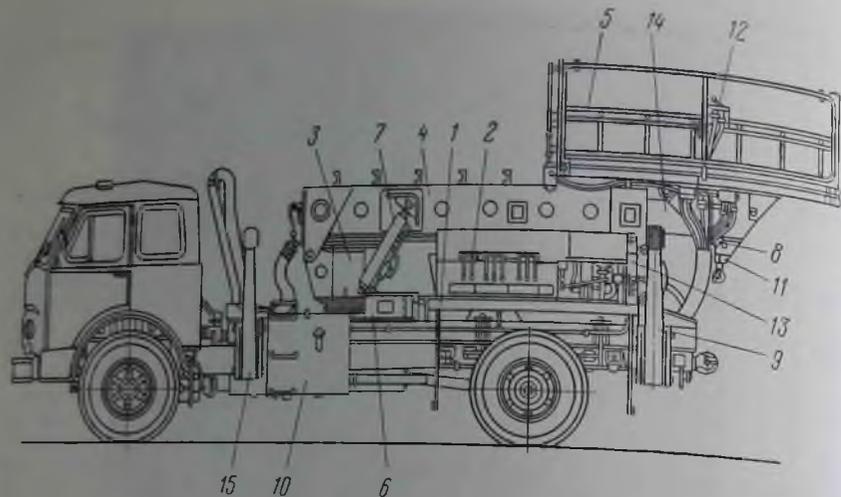


Рис. 32. Самоходный полк СП-8А:

1 — платформа; 2 — пульт управления; 3 — поворотная колонка; 4 — стрела; 5 — рабочая площадка; 6 — привод колонки; 7 — гидроцилиндры подъема стрелы; 8 — гидроцилиндры управления рабочей площадкой; 9, 15 — задние и передние выносные опоры; 10 — насосная станция; 11 — крюк для подъема грузов; 12 — пульт управления полком; 13 — опора для размещения стрелы в транспортном положении; 14 — передняя телескопическая часть стрелы

За рубежом широко распространена комбинированная машина «Секома-098». С ее помощью выполняется большое количество вспомогательных работ: осмотр, оборка, установка анкерных болтов, крепление кровли набрызгбетоном.

Для крепления кровли в выработках высотой 5—8 м применяют как комбинированные, так и специализированные машины. К первым относят агрегат СААК-2(3)-2000 и каретки «Секома-060», «Секома-049», «Секома-091» и другие, ко вторым — самоходный полк СП-8А.

Самоходный агрегат СААК-2(3)-2000 (рис. 31) предназначен для бурения кровли под анкерные болты, установки болтов, оборки кровли и стенок выработок высотой до 8 м. Приводом гусеничного хода и маслососа является асинхронный короткозамкнутый электродвигатель. Управление движением машины осуществляется из кабины. К недостаткам конструкции СААК следует отнести громоздкость, малые маневренность и устойчивость, отсутствие автономного привода.

Самоходный полк СП-8А (рис. 32) предназначен для крепления и оборки кровли в камерах высотой от 6 до 10 м и углом наклона почвы до 7°. Полк смонтирован на шасси автомобиля МАЗ-503, на котором установлен дизельный двигатель ЯМЗ-236 мощностью 100 л. с. Управление всеми механизмами полка осуществляется посредством гидропривода. Колонка 3 с помощью привода 6 может поворачиваться на 180° в обе стороны от продольной оси машины. Стрела телескопическая; ее передняя часть 14 выдвигается посред-

ством гидроцилиндра, вмонтированного во внутреннюю полость корпуса стрелы. Управление гидроцилиндрами подъема стрелы и ориентирования площадки дублируется гидрораспределителем, установленным на рабочей площадке. С пульта управления 2 приводятся в движение гидроцилиндры стрелы, полка, выносных опор, привод поворота колонки 3, привод выдвижения телескопической части стрелы и др. При движении машина управляется из кабины. Машина может быть использована и как кран. Двигатель имеет двухступенчатую газоочистку: первая ступень — каталитический нейтрализатор НКД-180 с катализаторами ШЖ-2, вторая ступень — жидкостная.

Каретка «Секома-060» имеет пневмоколесный ход и подъемную неповоротную стрелу, снабженную кабиной, которая оборудована автоматом для бурения шпуров в кровле и установки анкерных болтов. В качестве главного двигателя используется пневматический, электрический или дизельный двигатель. Максимальная высота подъема кабины 5,5 м.

Залежи выше 8 м обычно отрабатываются с приведением верхней подсежки высотой 4—5 м, откуда и ведут анкерное крепление кровли. Поэтому в камерах выше 8 м кровля уже заранее закреплена. Однако в процессе разработки залежи необходимо следить за состоянием кровли, производить осмотр, остукивание, оборку кровли, замену анкерных болтов, бурение шпуров для новых штанг. Для этих целей используются самоходные полки, в частности СП-8А. В камерах высотой от 12 до 25 м кровля предварительно закрепляется, для производства работ по поддержанию кровли используются три каретки: КСО-25, созданная институтом Гипроникель, СП-25 и СП-18А Джезказганского комбината. Каретки КСО-25 и СП-25 из-за больших конструктивных недостатков серийно не выпускаются.

Самоходный полк СП-18А смонтирован на пневмоколесном шасси автомобиля МАЗ-503 с дизельным двигателем, благодаря чему он отличается высокой мобильностью. На максимальной высоте с одной установки можно осмотреть кровлю, произвести ее оборку на площади 185 м<sup>2</sup>. Стрела в плане поворачивается на 360°. Двигатель с газоочисткой аналогичен двигателю полка СП-8А.

Для крепления выработок горизонта выпуска руды применяют железобетонные штанги, устанавливаемые с помощью машины ПН-1. Для крепления набрызгбетоном подготовительно-нарезных и очистных выработок широко используются установки НВН-1 и БМ-60. Кроме того, сейчас для этих же целей начали широко применять на рудниках Иртышского полиметаллического и Зырянского свинцового комбинатов, Салаирском рудоуправлении малогабаритные агрегаты ТП-3 конструкции ВНИИцветмета. При работе на этих агрегатах производительность труда рабочего составила 19 м<sup>2</sup>/чел-смену, что в 1,8 раза выше, чем при креплении цемент-пушкой БМ-60.

### Техническая характеристика ТП-3

Проправодительность по сухой смеси, м <sup>3</sup> /ч	2—2,5
Максимальный размер фракций, мм	До 15
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	5—6
Давление сжатого воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	3—5
Давление воды, кгс/см <sup>2</sup>	4—6
Мощность электродвигателя, кВт	7
Дальность подачи, м:	
по горизонтали	До 100
по вертикали	До 40
Масса, кг	500

Для возведения различных видов деревянной, металлической, бетонной разборной кровли в подготовительно-нарезных и очистных выработках при камерных системах за границей применяются различные типы самоходных малогабаритных крепельщиков.

Установки и машины для механизации закладочных работ при камерных системах применяются тех же типов, что и при сплошных системах.

### § 8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

К средствам механизации вспомогательных работ относятся автотележки для перевозки материалов и людей, бульдозеры и комбинированные машины. Техническая характеристика некоторых из этих машин приведена в табл. 30.

Для доставки материалов, запчастей и оборудования в подземных условиях широко используются различные типы авто-

Таблица 30

Параметры	ПСШ-20Д	«Джой Скаут» ТРМ-2м	«Джой Флекситран»	MT-25 «Ханслет»	MT-30 «Ханслет»	MT-40 «Ханслет»
Грузоподъемность, кг	1000	До 3000	2000	1900	3000	4500
Исполнение	Нормальное	PB	PB	PB	PB	PB
Мощность двигателя, л. с.	20	72	59	25	30	40
Скорость передвижения, км/ч	4—20	20	—	6	22	12,8
Преодолеваемый подъем пути, градус	10	25	—	18	22	27
Радиус поворота, м:						
внешний	—	5,5	—	1,68	4,0	3,66
внутренний	—	2,75	—	—	2,135	—
Габариты, м:						
длина	3,5	5,19	4,26	3,07	5,435	4,265
ширина	2,033	2,00	1,5	0,915	1,525	1,3
высота	3,8	1,32	1,4	1,05	1,445	0,99
Масса, т	1,6	3,7	4,0	2,54	3,81	5,08

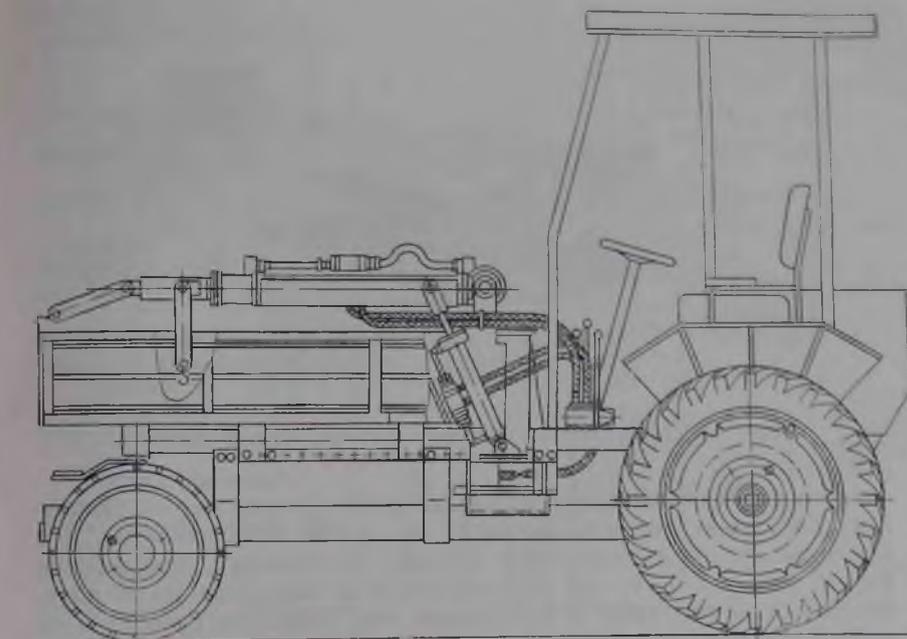


Рис. 33. Погрузочно-транспортный агрегат ПСШ-20Д

тележек и тракторов, имеющие пневмоколесный ход, дизельный или электрический автономный привод. Ниже описаны наиболее распространенные из них.

**Погрузочно-транспортные машины.** Погрузочно-транспортный агрегат ПСШ-20Д (рис. 33), созданный на Джеккаганском комбинате на базе самоходного шасси СШ-20, предназначен для механизации погрузки, доставки и разгрузки различных грузов по выработкам с углом наклона до 10°. На шасси смонтированы кран грузоподъемностью 500 кг и платформа для размещения на ней грузов общим весом до 1 тс. В качестве привода применен дизельный двигатель с двойной газоочисткой.

Дизельная вагонетка MT-30 фирмы «Ханслет» (Великобритания) используется на перевозке людей и доставке материалов. В вагонетке перевозится вместе с водителем 26 человек. Она легко переоборудуется для перевозки грузов до 3 т. Вагонетка имеет четыре ведущих колеса, преодолевает подъем до 22° и развивает тяговое усилие до 2700 кгс. На ней установлен дизельный двигатель 30 л. с. с газоочисткой.

Эта же компания выпускает вагонетку MT-60, которая является улучшенной моделью MT-30, с уменьшением габарита по высоте до 1,2 м. На MT-60 установлен дизельный двигатель мощностью 60 л. с.

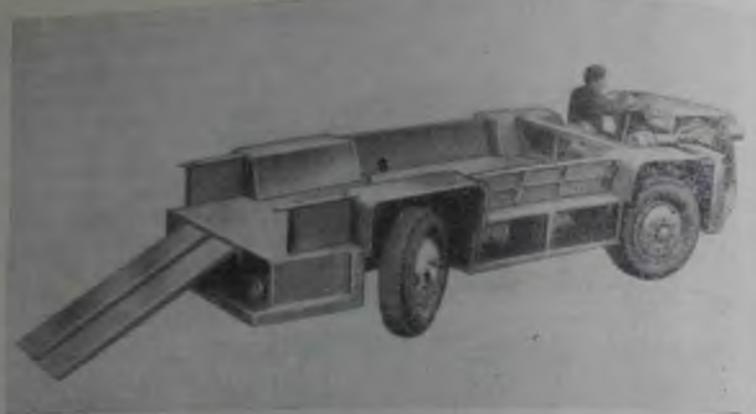


Рис. 34. Дизельная автотележка ТРМ-2м «Джой-Скаут»

Дизельная автотележка ТРМ-2м «Джой-Скаут» фирмы «Джой» (рис. 34) имеет грузоподъемность до 3 т и предназначена для доставки людей и различных грузов. На тележке оборудованы 12—17 сидячих мест, она передвигается со скоростью до 20 км/ч, имеет малые габариты и небольшой вес, способна преодолевать подъемы до 30°. Эта тележка широко распространена на зарубежных горных предприятиях, она может изготавливаться с удлиненным кузовом, что увеличивает ее габариты до 6 м и вес до 3,85 тс. Тележка оборудована дизельным взрывобезопасным двигателем «Перкинс» мощностью 72 л. с.

Фирма «Мерседес Бенц» (ФРГ) для доставки людей и материалов выпускает дизельную вагонетку, которая широко эксплуатируется на рудниках Канады, Австрии и ФРГ.

Служебные четырех- и пятиместные электромобили фирмы «Кашмен Титан» используются в шахтах компании «Мортон Солт» (США) для административно-управленческого аппарата. Фронт работ в шахте около 1,3 км. Электромобили оснащены тяговыми двигателями постоянного тока напряжением 36 В, получающими питание от батарей, которые заряжаются от общешахтной электросети.

Фирма «Канадиан Майн Сервис» сконструировала новую самодвижную вагонетку «Кинг Ниппер» на пневмошинном ходу, которая может применяться для перевозки людей (18 человек) и различных грузов (до 3 т). Вагонетка обладает высокой маневренностью и экономичностью. Все четыре колеса в качестве индивидуального привода имеют гидродвигатели. Отличительной особенностью вагонетки является отсутствие механических передач и карданных валов. Двигатели используются и в период торможения машины. В качестве главного на вагонетке установлен дизельный двигатель, который приводит в действие гидронасос. Габариты, м: длина — 8,4, высота — 1,52, радиус поворота — 5,8. Фирма «Олеман»

Таблица 31

Параметры	БПД-1	БПД-2Д	«Террат-рак-1000»	ВПДУ-2	ВПД-2
Базовый трактор . . . . .	Т-100-ТП	Т-100 ГП	«Кейс 1000»	Т-100 ГП	Т-100 ГП
Привод . . . . .	Электрический	Дизельный		Электрический	Пневматический
Тип главного двигателя . . . . .	ДП-52	Д-108	JD-382	МТ	—
Мощность, кВт . . . . .	42	80	75	54	45 л. с.
Род тока . . . . .	Постоянный	—	—	Переменный	—
Тяговое усилие . . . . .	4000	7000	4000	7000	4000
Скорость движения, км/ч:					
рабочая . . . . .	—	—	—	1,8	1,9
маневровая . . . . .	—	—	—	2,5	2,6
Габариты, мм:					
длина . . . . .	5440	5440	4000	4440	3580
ширина (по отвалу) . . . . .	3460	3018	3000	2400	1830
высота . . . . .	2970	2250	2400	1620	1700
Угол поворота отвала, градус . . . . .	22	25	20	—	—
Масса бульдозера, т . . . . .	13,5	11,4	6,6	12	5,6

(ФРГ) выпускает несколько моделей дизельных машин для доставки в шахтах людей и материалов. Наиболее известны «Мули-Т», «Мули-13», «Мули-18», которые также эксплуатируются на некоторых рудниках цветной металлургии СССР (СУБР, Мир-галдмсайский и др.).

Подземные бульдозеры применяются для доставки горной массы на расстояние до 50 м, на зачистке почвы забоев после взрыва, сооружения и ремонта подземных дорог. Они оборудованы дизельным, пневматическим или электрическим приводом, имеют непосредственное или дистанционное управление (табл. 31).

**Бульдозер БПД-2Д.** Основой для этой машины послужил серийно изготавливаемый бульдозер Челябинского тракторного завода, на котором были установлены комбинированная газоочистка и навесное оборудование с поворачивающимся отвалом, что было необходимо для работы в подземных условиях. БПД-2Д находит широкое применение на рудниках Джекказгана.

**Электрический бульдозер ВПДУ-2** с дистанционным управлением конструкции института Гипроникель предназначен для механизации доставки горной массы при отработке наклонных камер на участках средней мощности взамен скреперной доставки без присутствия рабочих в очистном пространстве, а также для вспомогательных транспортных работ и возведения закладки в камерах по простиранию. В камерах до 35° бульдозер работает совместно с тягальной лебедкой.

Электрические аппараты получают питание через гибкий кабель, который наматывается на кабестан емкостью 80 м. На

бульдозере имеется гидравлическая система, которая питает маслом гидроцилиндры подъема отвала, привод кабестана.

На БПДУ-2 смонтирована тягальная электрическая лебедка Т-145В грузоподъемностью 7 т, имеющая один барабан с канатом емкостью 220 м. Опытный образец бульдозера прошел промышленные испытания на руднике «Каула-Котсельвара» и Миргалим-сайском руднике.

Бульдозер БПП-2 института Гипроникель предназначен как для доставки рудной массы и закладки на расстояние до 30 м при разработке горизонтальных и слабонаклонных залежей, так и для различных вспомогательных работ (подгребки, зачистки забоя, устройства дорог). На раме гусеничного хода смонтировано навесное оборудование, имеющее прямой или обратный отвал криволинейной формы. Каждая гусеница имеет индивидуальный привод с пневмодвигателем. Машина имеет кабину с рабочим местом для водителя и пультом управления. БПП-2 успешно прошел промышленные испытания и находится в опытной эксплуатации на одном из рудников Норильского ГМК. Бульдозер может работать с дистанционным управлением.

Фирма «Доллери энд Палмерс Лтд» (Англия) по лицензии фирмы «Рудольф Хаусхерр энд Сан» (ФРГ) выпускает мини-бульдозер «Хаусхерр» с дистанционным гидравлическим управлением, предназначенный для забутовки штреков отбитой породой. Минибульдозер имеет ширину 0,85 м и высоту 0,63 м. На нем установлен один электродвигатель мощностью 25 л. с., который приводит в движение три маслососа, создающие в гидросистеме давление 168 кгс/см<sup>2</sup>. Каждая гусеница имеет индивидуальный гидропривод. Для поднятия и опускания отвала, а также для выдвижения верхней части отвала (толкателя), который предназначен для утрамбовки закладки, используются по два гидроцилиндра.

Комбинированные машины помимо транспортных работ могут выполнять погрузку и разгрузку, подъем, использоваться при оборке и креплении кровли и т. п.

Бульдозер-кран конструкции ДГМК широко используется на подсобных работах под землей на рудниках Джезказганского комбината. Кран грузоподъемностью 3 т навешен на дизельный бульдозер Т-100ГП. Кран гидрофицирован, получает питание от гидросистемы бульдозера.

Фирма «Джой» выпускает дизельную взрывобезопасную машину «Флекситрак», которая имеет навесное съемное оборудование и может использоваться в качестве подъемной лебедки грузоподъемностью 2 т, бульдозера или трактора с тяговым усилием 3500 кгс; погрузчика с ковшом емкостью 0,8 м<sup>3</sup>. Машина имеет шарнирно-поворотную раму, что увеличивает ее маневренность.

Малогобаритный пневмоколесный дизельный трактор МТ-25 компании «Ханслет» не имеет собственной платформы и используется в сочетании с большим разнообразием вспомогательного

оборудования. Трактор может быть оборудован гидравлической лебедкой грузоподъемностью до 2 т или оснащен механической лопатой с емкостью ковша 0,28 м<sup>3</sup>, на него можно навесить бульдозерный отвал шириной 1220 мм. К трактору может быть прицеплена тележка грузоподъемностью до 1,5 т.

Трактор МТ40 фирмы «Ханслет» выпускается с четырьмя ведущими и поворотными колесами и дизельным приводом. Он оснащен гидростатической трансмиссией. Трактор работает с навесным и прицепным оборудованием. Преодолевает уклоны до 27°. Может быть оснащен механической лопатой, бульдозерным отвалом, дорожным рыхлителем, вилообразным захватом, прицепом или волокушей.

Универсальная дизельная транспортная вагонетка РТ-10 фирмы «Вагнер» используется для различных работ. Основное ее назначение — транспортирование людей и материалов. Путем навески на нее соответствующего оборудования она может быть использована как бульдозер, кран, автозаправочный агрегат, передвижная ремонтная мастерская, гидравлическая подъемная платформа для осмотра и оборки кровли. В последующем случае на шасси монтируется платформа грузоподъемностью 906 кг, на которой можно разместить телескопные перфораторы для бурения шпуров в кровле под анкерные болты.

Тележка имеет шарнирно складывающуюся раму. РТ-10 с подвижной платформой широко применяется для оборки кровли при очистной выемке горизонтальными слоями с закладкой. Эта вагонетка используется для вспомогательных работ и перевозок при системе поэтажного обрушения.

Необходимым звеном производства, требующим постоянного внимания к себе, являются ремонтные работы. На всех рудниках, внедряющих самоходные машины, большое внимание уделяется ремонтным средствам. На добычных участках создаются участки ремонтные пункты, оборудованные талью или тельфером грузоподъемностью 5 т, сварочным и автогенным аппаратами, заточным станком, слесарным верстаком с тисками и настольной сверлилкой. Все машины участка (кроме транспортных) проходят на этих пунктах ремонтный осмотр, ТО-1 и ТО-2, текущие ремонты.

В шахте в специальной камере оборудуется центральная ремонтная площадка, на которой создаются небольшие механические мастерские, инструментальная, пункт по накачке баллонов, склад горюче-смазочных материалов и т. д. Центральная ремонтная площадка имеет портал с кранбалкой грузоподъемностью 10—15 т. Все ремонтные группы, как правило, обеспечены необходимым инструментом и приспособлениями, в частности домкратами, переносными шлиф-машинками, электро- и пневмодрелями, инструментом и приборами для регулировки гидросистем, фрикционных муфт предельного момента и пр.

Для хранения горюче-смазочных материалов в шахте оборудуются специальные склады и заправочные станции для дизельного



Рис. 35. Смазочный агрегат, приспособленный для доставки горючесмазочных материалов

оборудования. Кроме того, на участках некоторых рудников устанавливаются баки для хранения небольшого количества различных масел и топлива.

Для доставки горюче-смазочных материалов от склада на участки применяют специальные передвижные агрегаты: ПСА на шахтах ДГМК и агрегат (рис. 35), установленный на автомашину, эксплуатируемый на Миргалимсайском руднике.

Для доставки в забой и обратно к устью ствола агрегатов, узлов, материалов широко используют дизельные самосвалы с газоочисткой. Так, на рудниках ДГМК применяют для этой цели самосвалы МАЗ-205 и специальные самоходные шасси ПСШ (см. рис. 33), а на рудниках Ачисайского комбината — автомобили «Шкода». Для ведения аварийных ремонтов в забоях широко используются передвижные подъемные средства и мастерские летучки.

На некоторых шахтах применяют трех- и пятитонные автомобильные краны. Так, на руднике «Миргалимсай» эксплуатируется пятитонный дизельный кран завода «Шкода», у которого в качестве привода маслостанции установлен дополнительно асинхронный электродвигатель, а на рудниках ДГМК — краны ПК-5м (рис. 36). Летучки оборудуют на автосамосвалах, они имеют набор основного инструмента и приспособлений для ремонта: сварочный и электрогенный аппараты, стеллажи для запчастей и материалов, съемники, заточные станки и т. п.



Рис. 36. Кран ПК-5м

На подземных рудниках, применяющих самоходные машины, подземные мастерские обычно оборудованы необходимыми станками и приспособлениями. Техническое обслуживание и ремонт самоходного оборудования проводится под землей на месте эксплуатации или в мастерских. Последние, как правило, имеют достаточные производственные мощности, позволяющие обслуживать работающий парк машин в минимально короткие сроки. Для обслуживания каждого типа машин имеются свои рабочие площадки, ремонтные места которых специально оборудованы для ремонта именно машин этого типа. Так, площадка для ремонта погрузочно-доставочных машин оснащается специальными стендами для монтажа двигателей, трансмиссий, осей и дифференциалов.

Ремонтные площадки спланированы так, что вокруг обслуживаемой машины оставляются проходы шириной не менее 1,5 м, что позволяет свободно вести демонтаж и монтаж отдельных узлов и агрегатов на машине. Для обкатки и испытания новых или отремонтированных узлов и агрегатов предусматриваются различные стенды, приборы, аппараты и приспособления. Крупные узлы и агрегаты, гидро- и пневмоаппаратура, электрооборудование, гидронасосы, гидротрансформаторы, дизели, динамомашины, аккумуляторы проходят капитальный ремонт на заводах-изготовителях или других специализированных предприятиях.

Так, на руднике «Крайгмонт» (Канада) ремонты машин производятся в подземных мастерских (рис. 37), имеющих размеры 75,6 × 6,1 м (с общей площадью 511 м<sup>2</sup>). В мастерской имеется

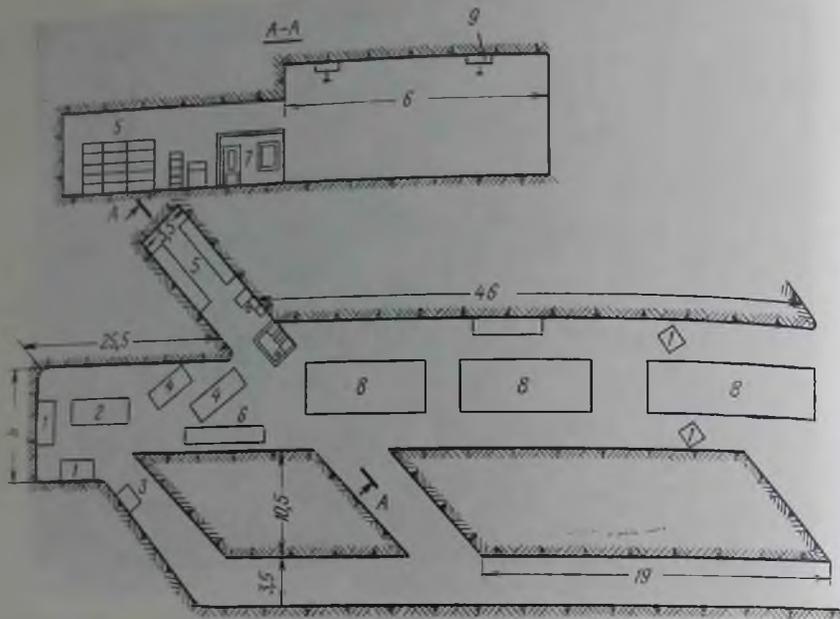


Рис. 37. Подземная мастерская рудника «Крайгмонт»:

1 — верстаки; 2 — отделение ремонта буровых агрегатов; 3 — сварочный пост; 4 — ремонтные пункты для машины «Унимаг»; 5 — склад; 6 — заправочная; 7 — контора; 8 — участок для ремонта буровых кареток и погрузочно-доставочных машин «Скуитрем»; 9 — моворельс для пятитонного крана

три отделения для ремонта буровых кареток и ПДМ, два отделения для ремонта вспомогательных машин «Унимаг». В выработках мастерской размещены станки, верстаки, стеллажи и т. п. Мастерская оборудована пятитонным краном. При мастерской имеется склад размером 15,2 × 3,4 м, где хранятся запасные узлы, агрегаты, детали. Машины, пришедшие на ремонт, очищаются от грязи и шлама с помощью автоматизированной пароочистительной установки с электроприводом. В качестве моющей жидкости обычно применяют 30—50%-ный раствор мыла.

На медном руднике «Кабор», где эксплуатируется 23 единицы самоходных дизельных машин, подземные мастерские сооружены на двух добычных горизонтах. Мастерская на каждом горизонте имеет: два участка ремонта транспортных машин, участок ремонта буровых кареток, участок монтажа пневмошин, склад запчастей, склад смазочных материалов и кладовую. Мастерские оснащены 10-тонными мостовыми кранами. Для выполнения ремонтных работ в каждой мастерской оборудовано 7 ремонтных мест, 4 из них имеют 10-тонные мостовые краны. Каждое рабочее место имеет размеры, м: ширина — 5,5, высота — 6,7. Мастерские имеют места для очистки машин, пришедших на ремонт. Очистку ведут паром. Кроме того, имеются специальные места для обслуживания ходовой части шинно-колесных машин.

За рубежом на доставке запасных частей для самоходных машин в качестве ремонтных мастерских («летучек») и подъемных кранов широко используются специальные дизельные автотягачи или автотележки на пневмоколесном ходу со сменным навесным оборудованием и, в частности, тележки МТ-25, МТ-30, МТ-40 и МТ-60, которые снабжаются платформами грузоподъемностью от 2 до 5 т, автотележки типа «Флекситрек» и РТ-10.

### § 9. СОСТАВ КОМПЛЕКСОВ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Комплект индивидуальных или комбинированных взаимосвязанных главными параметрами машин и механизмов, выполняющих основные и вспомогательные операции выемки в очистном забое, называется выемочным комплексом. К основным машинам комплекса могут относиться буровые машины, а при механомашинной отбойке — струги и комбайны, погрузочные машины, доставочное оборудование, машины для зарядки и крепления. Вспомогательными могут быть машины по поддержанию выработанного пространства, устройству и ремонту дорог, машины для обслуживания и ремонта основного технологического оборудования.

Основным условием выбора типа машин является соблюдение принципа пропорциональности производительности машин, работающих в цепи отдельных операций цикла. Каждая машина комплекса должна обеспечить максимальную загрузку других машин, вступающих в работу после нее. Выбор машин и оборудования для комплекса включает в себя четыре стадии:

1. По горнотехническим условиям и организации работ выбирают наиболее подходящий тип и количество машин для выполнения операций по бурению, погрузке, доставке. Стараются принимать машины с наибольшей теоретической производительностью. Условия применения каждого типа машин даны при рассмотрении средств механизации добычи руд.

2. Рассчитывают техническую производительность каждой машины для конкретных условий.

3. Составляют график горных работ и по нему определяют эксплуатационную производительность каждой машины. При этом необходимо рассчитать затраты времени, связанные с выполнением подготовительно-заключительных и вспомогательных операций, учесть простой машин по техническим и организационным причинам.

4. Уточняют время, отведенное на отдельные операции в циклограмме, и окончательно рассчитывают эксплуатационную производительность комплекса.

Производительность комплекса зависит от производительности каждой машины, выполняющей основные операции (бурение, зарядание, погрузка, доставка, возведение крепи):

$$P_k = f(P_б, P_з, P_{пг}, P_d, P_{кр}).$$

Значение производительности комплекса выражается совокупным продуктом совместной работы машин комплекса — объемом работ в единицу времени (метров готовой выработки, кубических метров выданной породы и т. п.):

$$P_k = \frac{V}{T_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (21)$$

или

$$P'_k = \frac{L_{\text{ц}}}{T_{\text{ц}}}, \text{ м}/\text{ч},$$

где

$$V = SL_{\text{ц}}, \text{ м}^3.$$

Здесь  $S$  — площадь поперечного сечения выработки,  $\text{м}^2$ ;  $L_{\text{ц}}$  — продвижение за цикл,  $\text{м}$ ;  $T_{\text{ц}}$  — продолжительность цикла,  $\text{ч}$ ;

$$T_{\text{ц}} = T_6 + T_3 + T_{\text{пр}} + T_{\text{пг}} + T_{\text{кр}} + T_{\text{п}} + T_{\text{п.з}}$$

где  $T_6, T_3, T_{\text{пр}}, T_{\text{пг}}, T_{\text{кр}}, T_{\text{п}}, T_{\text{п.з}}$  — время, затрачиваемое соответственно на бурение, зарядание, проветривание, погрузку, возведение временного крепления, укладку временных путей, на подготовительно-заключительные операции,  $\text{ч}$ .

Время, затрачиваемое на обустройство забоя, определяется по формуле

$$T_6 = t_1 + t_2 + t_3, \text{ ч},$$

где  $t_1$  — время, затрачиваемое непосредственно на бурение;  $t_2$  — время на подготовительно-заключительные операции (загон машины в забой, подготовка к бурению, приведение установки в транспортное положение, выгон в укрытие, чистка, смазка, ремонт);  $t_3$  — простой машины из-за отсутствия фронта работ, электро-пневмоэнергии, воды, бурового инструмента, аварийный ремонт и т. п.,  $\text{ч}$ ;

$$t_1 = \frac{Nl}{nL_T}, \text{ ч}, \quad (22)$$

где  $N$  — число шпуров в забое (забоях), определяемое паспортом буровзрывных работ;  $l$  — средняя глубина шпуров,  $\text{м}$ ;  $L_T$  — техническая производительность установки,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $n$  — число буровых установок в работе;  $t_2 = 30 \div 60$  мин. Большие значения — для буровых кареток V и VI типоразмеров;  $t_3 = (0,30 \div 0,40) t_1$ ,  $\text{ч}$  (по данным практики).

Минимальное число буровых машин выбранного типа находится из условия обеспечения нормального ведения технологического процесса добычи руд в конкретных горнотехнических условиях, продолжительности работы установки на бурении с тем, чтобы составить график работ в забое. Число одновременно работающих машин зависит от размеров забоя, количества забоев, находящихся в работе, возможности и продолжительности перегона машин из одного забоя в другой, от состава машин погрузочно-доставочного комплекса, эксплуатируемых в тех же забоях, что и буровые установки.

Если забой одиночные и изолированные, то стараются интенсифицировать процесс бурения, так как в большинстве случаев отбойка определяет производительность забоя, интенсификацию отработки блока, участка залежи или шахтного поля. Кроме того, снижаются простои погрузочных и доставочных средств. Поэтому если это позволяет разместить забой, то на бурение ставят одновременно две установки. В большинстве же случаев в забое может работать только одна буровая установка. Необходимое количество буровых установок определяется объемом буровых работ в забое и условиями организации. Зачастую не выгодно применять две установки вместо одной, так как из-за больших затрат времени на забой и выгон их в укрытие, а также из-за тесноты в забое производительность бурения двух машин оказывается меньше или равной производительности одной машины.

$$T_3 = \frac{Vq}{Q_T} + t_{\text{п.з}}^* = \frac{Vq}{Q_3}, \quad (23)$$

где  $q$  — расход ВВ на  $1 \text{ м}^3$  отбитой горной массы,  $\text{кг}$ ;  $Q_T, Q_3$  — техническая и эксплуатационная производительности пневмозарядчика,  $\text{кг}/\text{ч}$ ;  $t_{\text{п.з}}^*$  — берется из паспортных данных;  $t_{\text{п.з}}$  — время на подготовительно-заключительные операции при зарядании,  $\text{ч}$ ;  $T_{\text{пр}} = 0,3 \div 0,5$  ч. При составлении графика работ в забое необходимо учитывать, что зарядание щпуров производят во время смены, а взрывные работы и проветривание, как правило, между сменами.

Время погрузки  $T_{\text{пг}}$  зависит от технической производительности погрузочных средств и времени, затрачиваемого на маневровые операции по обмену транспортных машин, загрузу и выгрузу их из забоя.

Для ковшовых машин техническая производительность определяется формулой

$$Q_T = 60q_k n_{\text{ц}} k_{\text{н.к}} k_1 k_2, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (24)$$

где  $q_k$  — геометрическая емкость ковша,  $\text{м}^3$ ;  $n_{\text{ц}} = 4 \div 6$  — теоретическое число циклов, берется из паспортных данных;  $k_{\text{н.к}} = 0,4 \div 1,0$  — коэффициент заполнения ковша;  $k_1 = 0,85 \div 1,0$  — коэффициент, учитывающий изменение продолжительности рабочего цикла в реальных условиях. Меньшие значения берутся при погрузке крупнокусковой горной массы в широких забоях;  $k_2 = 0,92 \div 0,96$  — коэффициент дополнительного разрыхления породы в ковше.

Техническая производительность погрузочных машин с нагребающими лапами определяется по формулам (5), а экскаваторов — по формулам (10); время погрузки

$$T_{\text{пг}} = \frac{V}{Q_T} + t_{\text{м}} + t_{3, \text{в}}, \text{ ч}, \quad (25)$$

где  $Q_T$  — техническая производительность погрузочных средств,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $t_{\text{м}}$  — время на маневры по обмену транспортных сосудов,  $\text{ч}$ ;

$t_{з.в} = 2 \div 5$  мин — время, затрачиваемое на загон и выгон машин из забоя.

Время на маневры по обмену транспортных сосудов зависит от применяемого их типа. Если грузить руду или породу в вагонетки одного состава, то время погрузки увеличится на общее время маневров вследствие замены груженых вагонеток на порожние и равно

$$t_m = \frac{t'_1 (n_1 - 1)}{60} \text{ ч,}$$

где  $t'_1 = 1,5 \div 3$  мин — время замены одной груженой вагонетки на порожнюю;  $n_1$  — число вагонов в составе.

Если загружать партию вагонов посредством перегружателя, то

$$t_m = \frac{t'_2 (n_2 - 1)}{60} \text{ ч,} \quad (26)$$

здесь  $t'_2 = 5 \div 10$  мин — время на замену партии груженых вагонов, помещающихся под перегружателем, на партию порожних;  $n_2$  — число партий вагонов.

При погрузке породы в бункер-поезда или проходческие вагоны возможны два случая:

1. Вся горная масса, отбиваемая за взрыв, вмещается в бункер-поезд или состав из проходческих вагонов. В этом случае  $t_m = 5 \div 10$  мин, которое затрачивается на подачу составов под погрузку и уборку их после погрузки.

2. Если же вся горная масса не вмещается в транспортные сосуды, то в этом случае  $t_m$  определяется по формуле (26).

Время на сооружение крепи зависит от типа крепления, формы, сечения горных выработок, механизации крепежных работ и берется по данным практики. Время на укладку временного пути также применяется по данным практики. Подготовительно-заключительные операции включают работы по демонтажу и монтажу шланг, кабелей до и после взрыва, обезопасиванию кровли и стенок выработки и т. п. Продолжительность подготовительно-заключительных операций берется по данным практики и обычно равняется от 10 до 45 мин.

Выше рассмотрена методика расчета производительности комплекса при работе его в одиночных очистных забоях или подготовительно-нарезных выработках, когда каждая машина комплекса после выполнения своей операции в цикле обычно простаивает.

При работе машин комплекса в нескольких забоях возможно совмещение отдельных операций цикла. Это обстоятельство необходимо учитывать при расчете производительности комплекса. При полном совмещении основных операций цикла (работа машин в неограниченном числе забоев) производительность комплекса

определяется производительностью машины (машин), имеющей наименьшую производительность. При ведении очистных работ в ограниченном числе забоев по крепким рудам, как правило, производительность комплекса определяется производительностью буровых установок. Если число буровых установок для работы в комплексе не ограничено, то производительность комплекса могут ограничивать погрузочные или транспортные средства. В этом случае количество буровых кареток принимают из расчета обеспечения нормальной работы погрузочной или транспортной машины. Исходя из этих соображений, количество буровых кареток может быть определено по формуле

$$n = \frac{Q_{з.к}}{Q_{з.у}},$$

где  $Q_{з.к}$  — сменная эксплуатационная производительность погрузочной машины (экскаватора), т;  $Q_{з.у}$  — сменная эксплуатационная производительность буровой установки, т;  $k = 1,1 \div 1,2$  — коэффициент неравномерности работы погрузочной машины;

$$Q_{з.у} = L_{тA} (T_{см} - t_2 - t_3 - T_3), \text{ т.} \quad (27)$$

где  $T_{см}$  — длительность смены, ч;  $A$  — выход руды, т/м шпура.

В случае получения дробных значений число буровых установок округляют до большого целого числа. При окончательном установлении числа буровых машин необходимо учитывать возможность размещения их для работы в забоях. Следовательно, количество смежных забоев определяется производительностью шахты с учетом условий обеспечения максимальной производительности работающих в них машин.

Для работы в камерах панели подбирают наиболее мощные экскавационные машины. Выбор того или иного типа машин решается в конечном счете их эксплуатационной производительностью. Для погрузки крепких и скальных пород при высоте забоя до 6 м часто применяют погрузочные машины с нагребными лапами, выше 6 м — подземные экскаваторы. Однако в последнее время при определенных горнотехнических условиях эти машины заменяются погрузочно-доставочными машинами. Выбираются экскаваторные машины по производительности забоев, габаритам и углу наклона почвы забоев, кусковатости, крепости и абразивности горной массы.

Доставочные средства выбираются в зависимости от производительности экскавационной машины, габаритов откаточных выработок, угла наклона их, длины доставки, технологии работ. Число доставочных машин находится из условия обеспечения бесперебойной работы погрузочного оборудования формулой

$$m_d = \frac{T_p}{T_{погр}}, \quad (28)$$

где  $m_d$  — число доставочных машин, обслуживающих одну погрузочную машину;  $T_p$  — время рейса, мин;  $T_{\text{погр}}$  — время погрузки одной машины, включая маневры при подаче на погрузку и выезда груженой машины.

Методика определения  $T_p$  и  $T_{\text{погр}}$  рассмотрена в гл. IX. Найденную по формуле величину  $m_d$  округляют до целого числа.

Возможен вариант, когда число доставочных машин выбирают для двух погрузочных машин, так как при округлении получается избыточное число доставочных машин на одну погрузочную машину. Например, при расчетах по формуле (28) получили число доставочных машин для обслуживания одной погрузочной машины, равное 1,45. Если рядом работает в забое вторая погрузочная машина, то для обслуживания двух погрузочных машин нужно выбрать три доставочные машины.

Сменная производительность комплекса будет равна сменной эксплуатационной производительности экскавационной машины или машин, найденных по формулам (7) и (11).

Возможны случаи ведения горных работ, когда производительность комплексов ограничивается числом транспортных машин. Тогда число буровых установок и погрузочных средств выбирается из условия обеспечения бесперебойной работы доставочных машин.

Число буровых кареток определяется из уравнения

$$n = \frac{Q'_s k m_d}{Q_{э.у}},$$

где  $Q'_s$  — сменная эксплуатационная производительность доставочной машины, т.

Условием бесперебойной работы транспортных средств при уборке руд является неравенство  $t_{\text{дв}} + t_p \geq (m_d - 1) t_n$ , где  $t_{\text{дв}}$  — время движения груженой и порожней машины, мин;  $t_n$  и  $t_p$  — время погрузки и разгрузки транспортной машины, мин.

Из приведенного неравенства можно определить суммарное время цикла ( $t_{\text{дв}} + t_n + t_p$ ).

Сменная производительность комплекса в этом случае будет найдена по формуле

$$Q_{см} = 60 \frac{m_d G T_{см} k_b}{t_{\text{дв}} + t_n + t_p}, \quad \text{т}, \quad (29)$$

где  $G$  — грузоподъемность транспортной машины, т;  $k_b$  — коэффициент использования машины во времени.

Как было сказано выше, в настоящее время время погрузочно-доставочные комплексы, состоящие из погрузочных машин (экскаваторов) и транспортных машин, в определенных горнотехнических условиях заменяются агрегатными погрузочно-доставочными машинами.

Выбор состава машин комплекса и определение его производительности для добычи мягких руд с механической отбойкой широко освещены в горнотехнической литературе.

Ниже перечислены возможные составы комплекса механизации очистных работ при камерных системах разработки.

#### ПОЛОГОЕ ПАДЕНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ. КОЭФФИЦИЕНТ КРЕПОСТИ РУДЫ $f > 8$

Разработка ведется безэтажнокамерными системами. В этих условиях при мощности залежи до 8 м ее отрабатывают на полную высоту безуступным забоем, при более 8 м — выемку ведут с верхней подсечкой.

Работы можно вести лавообразным забоем, объединяющим несколько камер. Составы комплексов для отработки подсечки и уступа выбираются отдельно. При этом фронт очистных работ на подсечке должен продвигаться быстрее, чем на уступе; графики ведения горных работ на подсечке и уступе должны быть взаимосвязаны.

В зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий для безуступных забоев высотой до 8 м применяют комплексы (табл. 32), составленные из самоходных специализированных машин, или комплексы, составленные из комбинированных машин.

При этом возможны следующие составы машин забойных комплексов:

а) на бурении используют самоходные каретки, на погрузке — экскавационные машины, которые грузят отбитую горную массу на секционный пластинчатый (вибрационный) конвейер, последний доставляет ее до рудоспуска или до конвейера нарезного штрека;

б) на бурении и доставке используют те же машины, что и в первом случае. Руда из забоя доставляется самоходными вагонами (автосамосвалами) до рудоспусков или участков пластинчатых, вибрационных, ленточных конвейеров;

в) бурение производят самоходными каретками, доставку руды до рудоспуска или участка конвейера — погрузочно-доставочными машинами;

г) на бурении применяют ручные перфораторы, доставку руды до рудоспусков или конвейера нарезного штрека осуществляют скреперными установками.

На подсечках могут быть использованы те же составы комплексов, что и для безуступных забоев. Однако для доставки руды до уступов возможно применение бульдозеров и ПДМ. Для отработки уступов более 8 м берутся те же комплексы, что и для залежей до 8 м, кроме машин по креплению кровли. Уступы высотой от 6 до 12 м обуриваются каретками, выше — станками 2СБУ-70. Для ремонта и обorkи кровли применяют самоходные полки СП-18А. Вспомогательные машины тесно не связаны

Высота зав- боя, м	Подготовительно-нарезные работы					
	Бурение	Заряжание	Погрузка	Доставка	Крепле- ние	Проходка восстающих
До 2,5	СБКН-2П, КВШМ	Пневмоза- рядчики «Курама-7м», ЗП-1	При длине доставки $L > 200$ м — ПНБ-2к, ПНБ-1; при $L < 200$ м — ПД-5; при $L < 150$ м — МПДН-1, ПДН-2	При $L <$ $< 100$ м — ВС-5П; при $L > 100$ м — 4-ВС-10	Цемент- пушка БМ-60	КПВ-1А
До 4	СВУ-2м, УБГ-2, БК-4Д	Пневмоза- рядчики «Курама-7м», ЗП-1	ПНБ-3Д, ПНБ-4; при $L < 300$ м — ПД-5	При $L <$ $< 200$ м — 3ВС-15РВ, 5ВС-15РВ; при $L >$ $> 200$ м — МоАЗ-6401	Специаль- ные полки, БМ-60	КПВ-1А
До 6	Те же комплексы, что и для мощности до 4 м					
Свыше 6 м	Те же, комплексы, что и для залежей мощностью до 4 м					
Вариант камерно-столбовой системы со взрывной достав						
5—15 м	СБКН-2П	«Курама-7м», ЗП-1	МПДН-1	—	ТП-3	КПВ-1А и КПН-1м
Вариант камерно-столбовой системы для разра						
До 3 3,5	Комбайны ШБМ-2м, ПК-8 и др.		—	МПДН-1, ПДН-2, ПД-5	—	—
3,5	Комбайны ШБМ-2м, ПК-8 и др.		—	МПНБ-1, ПДН-2, ПД-5	—	—

Очистные работы					
Бурение (машин- ная отбойка)	Заряжа- ние	Погрузка	Доставка	Крепле- ние	Вспомогательные работы
СБКН-2П, КВШМ	«Кура- ма-7м», ЗП-1	При $L >$ $> 200$ м — ПНБ-2к; при $L <$ $< 200$ м — ПД-5, ПД-8	При $L > 200$ м — 4-ВС-10 или секцион- ный пластинча- тый (вибрацион- ный) конвейер	БМ-60 или ТП-3	Доставка ВВ — специ- альная автомашинна вы- сотой до 2 м. Поддержан- ие дорог — бульдозер БПП-2. Доставка лю- дей — специальные дизе- льные вагонетки. До- ставка материалов и зап- частей — погрузочно- транспортные агрегаты
СВУ-2м, УБГ-2, БК-2Д	«Кура- ма-7м», ЗП-1	ПНБ-3Д, ПНБ-4; при $L <$ $< 300$ м — ПД-8	При $L < 200$ м — 3ВС-15РВ, 5ВС-15РВ или секционный пластинчатый (вибрационный) конвейер; при $L > 200$ м — МоАЗ-6401	БМ-60 или ТП-3, специаль- ные полки	Доставка ВВ — специ- альная машина на базе автомобиля — МАЗ-503. Поддержание дорог — бульдозер БПД-2Д. До- ставка людей — автобусы или специальные дизе- льные вагонетки. До- ставка материалов и зап- частей — погрузочно- транспортный агрегат ПСШ-20Д или автомоби- ли на базе МАЗ-503, ПСА-2, кран ПК-5м
СВУ-2к, УБГ-2, БК-5Д	ПМЗШ-2	ПНБ-3Д, ПНБ-4; при $L <$ $< 300$ м — ПД-8, ПД-12	При $L < 200$ м — 3ВС-15РВ, 5ВС-15РВ, 2ВС-20 в соче- тании с конвейе- рами или без них; при $L >$ $> 200$ м — — МоАЗ-6401	СП-8А БМ-60 или ТП-3	Те же машины, что и для залежей мощно- стью до 4 м
СВУ-2к, УБГ-2, БК-6Д	ПМЗШ-2	ЗП-1. При $L <$ $< 300$ м ПД-8, ПД-12	МоАЗ 6401 и конвейер	СП-8А, БМ-6 или ТП-3	Те же машины, что и для залежей мощно- стью до 4 м
кой руды при разработке залежей с углом падения 25 — 40°					
ВУВ-2 или ВСМ-1	УЗДМ-1 или ЗДУ-50	—	В камере — силой взрыва, по штре- ку ПД-8 или скреперная установка	—	На зачистке камер применяют бульдозер с дистанционным управ- лением БПДУ-2
ботки мягких пород (калийные соли, сланец)					
Комбайны ШБМ-2м, ПК-8	—	—	4ВС-10, пла- стинчатые или ленточные конвейеры	—	То же оборудование, что и для залежей до 4 м только во взрывобезо- пасном исполнении То же
Колонно- вые элект- росвер- ла	«Кура- ма-7м», ЗП-1	ПД-5, ПНБ-2к	4ВС-10	—	То же

с забойными комплексами и могут обслуживать несколько забоев и даже добычных участков. Машины для зарядки и крепления также обслуживают несколько забоев.

Окончательный выбор комплексов осуществляется технико-экономическим расчетом (см. гл. X).

#### КРУТОПАДАЮЩИЕ ЗАЛЕЖИ

Возможный состав машин комплексов в зависимости от применяемых систем разработки перечислен в табл. 33. При выборе состава машин комплексов для подготовительно-нарезных работ учитываются габариты выработки, заданная скорость ее проведения, физико-механические свойства пород.

Таблица 33

Выполняемые операции	Машины, применяемые в системах разработки				
	этажно-камерных с отбойкой нисходящими скважинами и вибровыпуском руды	этажно-камерных с отбойкой верными комплектами скважинами с		с подэтажной отбойной руды и торцовым выпуском	
		машинной погрузкой руды с почвы выработок с откаточного горизонта	торцовым выпуском руды	высота подэтажа менее 15 м	высота подэтажа 30—40 м
<p>Подготовительно-нарезные работы:</p> <p>бурение зарядка, доставка крепление проходка восстающих</p>	<p>Каретка КБШм или СБКН-2п «Курама-7м»; ЭП-1 и др. ПДВ-2; МПДН-1; ПДН-2; ПД-5</p> <p>Агрегаты ТП-3; БМ-60 Полки КПВ-1 или КПВ-1А</p>				
<p>Очистные работы:</p> <p>бурение</p>	НКР-100м; СБУ-70; БША-145 м		КБУ-50	СБУ-70; БШ-145 м; СБУ-6	
<p>зарядка погрузка</p>	Вибропитатель ВМ	ПНБ-4; ЭП-1	УЗДМ-1 Виброкомплекс КВВ-2;	Виброкомплекс;	
<p>доставка</p>	Пластинчатый конвейер	Вагонетки рельсового транспорта	ПД-8; ПД-12	ПД-5; ПД-8; ПД-12	ПД-8; ПД-12

На очистной выемке буровые станки выбирают исходя из возможности применения их в данных горнотехнических условиях. Основными параметрами станка являются: диаметр и максимально возможная глубина бурения, направление бурения, габариты и мобильность.

Эксплуатационная производительность бурения является определяющим фактором эффективности использования станков. Она находится по формуле (14). Приятие того или иного погрузочно-доставочного комплекса определяется, в первую очередь, габаритами доставочных выработок, углом наклона почвы, кусковатостью, крепостью и количеством добываемой руды, безопасностью работ, возможностью поддержания выработок и создания дорог для движения самоходных машин, длиной доставки, эксплуатационной производительностью.

Если при одних и тех же горнотехнических условиях возможно применение нескольких типов погрузочно-доставочных комплексов, то для выбора более рационального комплекса необходимо произвести их технико-экономическое сравнение.

При системах подэтажного обрушения с послонной отработкой и торцовым выпуском часто применяются на бурении скважин диаметром 60—70 мм и глубиной до 30 м самоходные станки с колонковыми перфораторами или головками вращательно-ударного бурения, а на доставке — безбункерные ПДМ.

При системах этажного принудительного обрушения и торцовым выпуском на бурение находят применение станки шарошечного или пневмоударного бурения скважин диаметром 105—125 мм и глубиной до 100 м. На доставке крепких и крупнокусковых руд с большим выходом негабарита перспективными являются пластинчатые, вибрационные комплексы, широкое применение находят ковшовые погрузочно-доставочные машины.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ БЛОКОВЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

Блочные системы (тип В) характеризуются тем, что этаж заблаговременно разделяется подготовительными (нарезными) выработками на выемочные поля (блоки). Блок представляет часть этажа, ограниченную этажными восстающими (уклонами, бремсбергами, скатами). Ряд самостоятельных добычных участков расширяет фронт работы этажа, позволяет производить дополнительную разведку и дренаж месторождения, создает условия для разработки нарушенных участков и участков с измененными элементами залегания. Число забоев в блоке зависит от принятого способа очистной выемки.

Блочные системы находят широкое применение как в горнорудной, так и в угольной промышленности. Тип блоковых систем разделен на подтипы, которые, в свою очередь, дифференцированы по классам и видам систем. В зависимости от размеров блока различают длинные, короткие, узкие и массивные. Длинные называются блоки, у которых длина по простиранию значительно больше ширины вкрест простирания. Короткими называются блоки небольшой длины, равной примерно ширине, узкие — это блоки шириной по простиранию 2—3 станка, длиной, равной горизонтальной мощности залежи. Высота всех этих трех типов блоков равна высоте этажа. Крупные блоки, имеющие большие размеры в трех направлениях одного порядка, называют массивными блоками. Длинные блоки иногда разделяются на столбы по простиранию или по падению. Такая разновидность блоковых систем называется столбовыми системами.

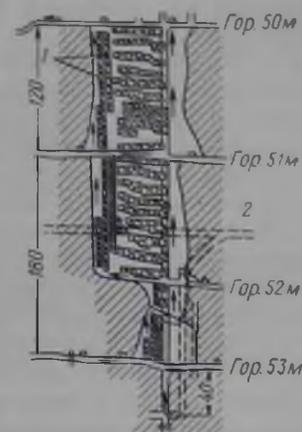
### § 1. ОПЫТ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ БЛОКОВЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

При использовании систем разработки длинными блоками с открытым выработанным пространством возможно применение самоходных или переносных буровых, зарядных машин, машин для доставки и выпуска руды, что создает условия для интенсивной разработки, повышения производительности труда и снижения стоимости добычи.

Разработка длинными блоками с частичной закладкой (В II) включает в себя большое количество систем, в том числе и столбовых. Столбовая система с частичной закладкой была применена на руднике «Кроун» (Центральный Витватерсранд, Южно-Афри-

Рис. 38. Разработка длинными блоками с разделением на подэтажи с частичной закладкой и выемкой подэтажей лавообразными забоями:

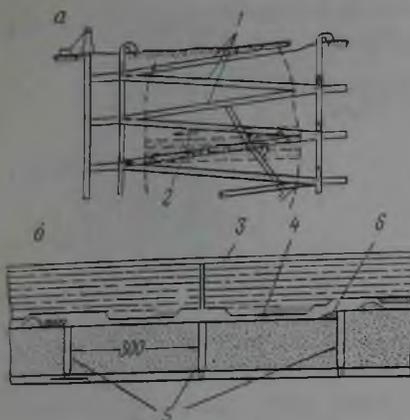
1 — породные (бутовые) стенки у забоя; 2 — откаточный горизонт 53 м; стрелки показывают направление вентиляционной струи



канская республика (рис. 38) при разработке золото-урановых руд. Горные работы ведутся на глубине свыше 2500 м. Мощность залежи — от десятков сантиметров до 2 м. Угол падения изменяется от 45 до 20°, выходясь с глубиной. Обширные пласты разрабатываются этажами. Наклонная высота этажа 340 м. Этаж разбит на 3 подэтажа. Высота нижнего — 40 м, среднего — 180 м и верхнего — 120 м. Очистную выемку в подэтаже ведут сплошным забоем с частичной закладкой выработанного пространства бутовыми полосами из пород. Ориентация бутовых полос в очистном пространстве имеет особенность. В начале, в 3 м от забоя, выкладывают по падению одну узкую стенку (шириной 1 м). Далее, по мере подвигания забоя, — вторую и третью. Так поддерживается пространство шириной 6—9 м, после чего крайнюю от забоя полосу разбирают и ориентируют ее по простиранию пласта. Такой порядок размещения бутовых полос хорошо «прижимает» вентиляционную струю к «груди» забоя, что очень важно в трудных условиях разработки, которая ведется без оставления целиков. Руда из блока извлекается почти без потерь. При добыче руды этой системой разработки может применяться соответствующая механизация производственных процессов.

Система разработки длинными блоками с закладкой (В III) имеет сравнительно широкое распространение при разработке крутопадающих залежей малой мощности. На руднике «Брансуик», одном из крупнейших в Канаде по добыче свинцово-цинковых руд, рудное тело, имеющее угол падения 75°, простирание 400—600 м, мощность 30—90 м, вскрыто двумя вертикальными стволами. Отметка самого глубокого горизонта 900 м. Для отработки рудного тела на нижних горизонтах применяют систему разработки горизонтальными слоями с закладкой и самоходное оборудование. Подготовка рудной зоны осуществлена наклонной выработкой (рис. 39), пройденной в породах лежачего бока под углом 11°. Она предназначена для передвижения самоходных

Рис. 39. Разработка блоков горизонтальными слоями с закладкой:



а — схема вскрытия и подготовки месторождения наклонными выработками для движения самоходных машин; б — расположение блоков по простиранию; 1 — наклонная выработка; 2 — отработываемый слой; 3 — верхний отработанный штрек; 4 — буровая каретка; 5 — рудоспуск; 6 — съезд  $6-9^\circ$

машин и имеет сечение  $4,2 \times 3$  м. Из наклонной выработки через 15 м по высоте проходят квершлагги сечением  $3,9 \times 3$  м, обеспечивающие доступ к рудному телу. Камеры и целики в мощной части пласта располагаются вкрест простирания, ширина камер 15 м, целиков 12 м. Высота этажа 137 м. С вышележащего горизонта пробурены скважины диаметром 1,5 м для вентиляции и перепуска закладочного материала. Рудоспуски расположены в лежащем боку рудного тела. Горизонтальные и наклонные подготовительные выработки проводят с помощью самоходного оборудования.

При бурении шпуров в подготовительных выработках используют буровые каретки «Параматик» с тремя манипуляторами, оборудованными перфораторами Е-300 фирмы «Тампелла». Уборку породы производят погрузочно-доставочными машинами ST-4A. Производительность труда проходчиков составляет 1,2 м/чел-смену. Восстающие проходят с помощью полков «Алимак» или станков «Секурити-480». Производительность станка 0,3 м/чел-ч. На очистных работах бурение восстающих шпуров диаметром 41 мм, длиной 4,2 м производят буровыми каретками с двумя манипуляторами, а бурение шпуров для штангового крепления — телескопическими перфораторами. Штанги диаметром 16 мм, длиной 1,5 м устанавливаются в кровле камеры по сетке  $1,5 \times 1,5$  м. Зарядание шпуров осуществляют смесью АС-ДТ. Руду к рудоспуску доставляют погрузочно-доставочными машинами ST-4A с ковшем емкостью  $3,05 \text{ м}^3$ . Машину применяют также для транспортирования закладочного материала, в качестве которого используют дробленую пустую породу. Высота очистного пространства 3,8 м. Поверхность закладки выравнивается бульдозером Р-4 фирмы «Катерпиллер». Производительность труда забойного рабочего 41 т/чел-смену. Системы с закладкой считаются сравнительно дорогими и мало производительными, поэтому они рекомендуются только в тех случаях, когда применение других систем разработки менее экономично.

Наиболее широкое использование при разработке крутопадающих рудных тел ограниченных размеров при слабых вмещающих породах получила система разработки слоями с закладкой. Эта система разработки используется фирмой «Болиден» (Швеция) при добыче сульфидных руд, содержащих пирит, медь, свинец, цинк. Она применяется при разработке относительно небольших линз длиной по простиранию от 200 до 400 м и мощностью от 2 до 20 м. Угол падения рудных тел колеблется в пределах  $50-90^\circ$ . Вмещающие породы представлены серпидитизированными и хлоритизированными кварцитами, которые в некоторых случаях превращены в сланцы с высоким содержанием талька. Первоначально при использовании указанной системы разработки отбойку руды производили взрыванием наклонных (под углом  $70^\circ$  к горизонтали) шпуров диаметром 25—45 мм, глубиной 4—8 м. Кроме того, для обрушения кровли бурили горизонтальные шпуров и взрывали их маломощными ВВ (смесь аммиачной селитры и дизельного топлива). При этом толщина отбиваемого слоя составляла 0,6 м, а суммарная высота отбиваемого слоя — 5 м. Бурение шпуров производили легкими передвижными каретками, оснащенными перфораторами фирмы «Атлас Копко» (Швеция) модели РР-656 или ВВС-24. Расход ВВ при отбойке около 2,2 кг/т. За одно взрывание отбивалось от 1000 до 2000 т руды. Доставка руды до рудоспуска осуществлялась скреперными лебедками мощностью 30—65 кВт со скреперами шириной 1,1—1,3 м. Производительность бурения составляла 180—200 м шпуров. Скреперной установкой за смену доставлялось в рудоспуск 150—200 т руды. Общая высота незакрепленного пространства равнялась 8 м, в том числе 5 м — высота отбиваемого слоя, 3 м — высота между закладкой и кровлей, необходимая для размещения бурового оборудования. В последнее время способ разработки горизонтальными слоями с закладкой несколько модифицирован.

Закладочные работы в этом варианте производят так, чтобы закладка размещалась ближе к кровле. Рудоспуск, ходовой восстающий и закладочный восстающий группируются в том месте, откуда начинают выемку слоя. Отбойку руды в слое производят горизонтальными шпурами. Для бурения была создана специальная установка из двух манипуляторов, смонтированных на погрузочной машине. Благодаря большой длине подачи бурильных машин обеспечивается бурение шпуров длиной до 3,6 м без замены буров, производительность установки при этом составляет 175 м в смену. Диаметр шпуров и тип бурильной машины не изменены. Доставка скреперованием заменена доставкой погрузочно-доставочными машинами типа Т2G или Т4G. Производительность машины Т4G составляет 200—250 т в смену, а производительность машины Т2G — вдвое меньше. Применение мощных погрузочных устройств типа «Транслодер» и «Скудмобил» было признано нерентабельным (при разработке небольших рудных тел) вследствие их высокой стоимости.

Представляется возможным дальнейшее усовершенствование описанного варианта системы разработки с тем, чтобы закладку вести в непосредственной близости от забоев, что ограничит обнажение всячего бока как по вертикали, так и по горизонтали. При этом имеется возможность избежать оставления целиков. Общая эффективность системы слоевой выемки с закладкой зависит от многих факторов, таких как размеры рудного тела, угол его падения, устойчивость пород всячего блока и других. Однако при механизации производственных процессов и применении главным образом подходящего самоходного оборудования может быть достигнута средняя производительность труда порядка 30 т/чел-смену. При этом заработная плата рабочих составит порядка 40% от общих расходов на очистные работы.

**Длинными блоками с креплением (В IV)** разрабатывалась кварцевая жила мощностью 0,35 м с углом падения  $85^\circ$  и коэффициентом крепости  $f = 18$ . Всячий бок состоял из видоизмененных гранитов, сильнотрещиноватых, слабоустойчивых, склонных к отслоениям и вывалам,  $f = 13 \div 15$ . Лежащий бок — из гранитов слаботрещиноватых, малоустойчивых, дающих при подсеке отслоения и вывалы,  $f = 13 \div 15$ . Этаж разрабатывался блоками длиной до 100—110 м. Выемка производилась потолкоуступным забоем с попутной сортировкой и спуском пустой породы в выработанное пространство, которое немедленно закреплялось усиленной крепью — станками, состоящими из стоек, лежачков и вертикальных распорок. Для спуска руды устраивались деревянные решетки, прикрепленные к распорным стойкам. Система обеспечила высокое извлечение запасов и минимальное разубоживание руды. Производительность труда забойного рабочего достигла 5—6 т/смену. Однако эта система пожароопасна, так как расход леса составляет 5—12% от объема выработанного пространства. При этой системе применяются ручные перфораторы и скреперная доставка на концентрационном горизонте, однако могут также найти применение малогабаритные самоходные буровые, погрузочные, доставочные машины, а также конвейеры и вспомогательное оборудование (минibuльдозер и другие).

Системы разработки **длинными блоками с креплением и закладкой (В V)** применяются при слабых, неустойчивых полезных ископаемых и вмещающих породах, различных углах падения залежей и мощности, относятся к наиболее дорогостоящим, однако обеспечивают наибольшее извлечение запасов при незначительном разубоживании. Системы этой группы, как и системы с плотной закладкой, позволяют предохранить поверхность и вмещающие породы от обрушения. Система с **этажной раздельной выемкой наклонной лавой** была применена на руднике «Сити-Дин» (Южно-Африканская Республика) при разборке свиты золотосодержащих пластов кремнистого конгломерата. Залегание пластов правильное. Руда крепкая, вмещающие породы устойчивые. Мощность пласта 0,5 м. Угол падения — крутой на верхних горизонтах,

выполаживается с глубиной до 30—20 м и менее. Очистная выемка осуществляется наклонной лавой с закладкой. Неглубокие шпурты для отбойки руды бурятся ручными перфораторами на пневмоколонках. Этажные восстающие и штреки поддерживаются костровой крепью. Доставка руды скреперная. Системы разработки **длинными блоками с обрушением кровли (В VI)** применяются на месторождениях калийных солей и марганцевых руд. За рубежом добыча калийных солей в последнее время непрерывно увеличивается, при этом осуществляется переход на более маневренное самоходное оборудование преимущественно на колесном ходу. На гусеничном ходу изготовляют комбайны и погрузочные машины, которые редко перебрасываются из забоя в забой. Расширяется применение непрерывной конвейерной доставки. Повышается установочная мощность машин и их производительность, разрабатываются специализированные типоразмеры комбайнов.

В СССР большой интерес представляет разработка части месторождения *рудником второго Солигорского калийного комбината* [15]. Продуктивный пласт верхнего горизонта мощностью 2,9 м залегает на глубине в среднем 465 м от поверхности и состоит из трех пачек. Верхняя и нижняя пачки представлены сильвинитом мощностью 0,9—1 м, между пачками залегает прослойка галита мощностью 0,95 м. В структуре пласта значительный объем занимают многочисленные глинистые прослойки мощностью от 0,2 до 3 см. Породы, залегающие в почве и кровле пласта, представлены преимущественно галитом и множеством глинистых прослоек мощностью до 8—12 м. Продуктивный пласт нижнего горизонта залегает на глубине 620 м от поверхности и представлен сильвинитовыми пачками с залегающими между ними прослойками галита и многочисленными глинистыми прослойками. При общей мощности пласта 7—7,5 м отработке подлежат лишь сильвинитовые пачки мощностью 4,2—4,3 м. Коэффициент крепости руды  $f = 2$ , объемная масса — 2,1 т/м<sup>3</sup>. Коэффициент разрыхления при механизированной разработке сильвинита 1,3—1,4.

Проведение всех выработок и добыча более 80% калийной соли на руднике осуществляются горнопроходческими комбайнами. Одной из наиболее перспективных машин для разработки калийных солей оказался комбайн ПК-8 конструкции Гипроуглемаша. Освоение этих машин на руднике второго Солигорского калийного комбината началось в 1966 г. За истекшие годы усовершенствованы различные узлы комбайна, улучшена организация труда по его обслуживанию, благодаря чему значительно увеличилась его производительность.

Подготовка блоков для отработки их комбайнами ПК-8 заключается в проведении из панельных выработок блоковых транспортных, конвейерного и вентиляционного штреков. На рис. 40 показана типовая схема разработки для различных комбайнов (ШБМ-2, ШБМ-3, ПК-8). Важным элементом при подготовке к очистной выемке комбайнами ПК-8 является предварительная проходка

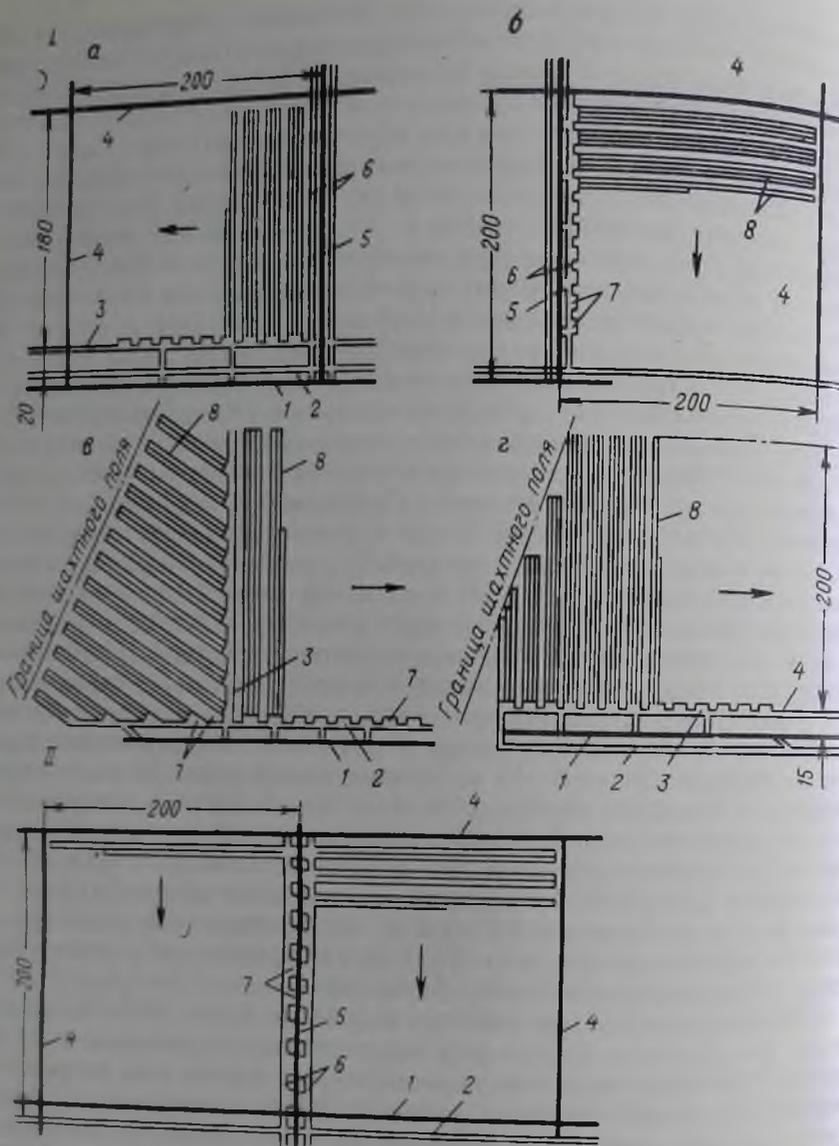


Рис. 40. Схема подготовки и отработки выемочных участков блоков комбайнами ПК-8:

1 — схема очистных работ; а — при прямой отработке панели с выемкой камер из разрезного штрека; б — при прямой и обратной отработке панели с выемкой камер из блоковых штреков; в — при обратной отработке панели с выемкой камер из блокового транспортного штрека; г — при обратной отработке панели с выемкой камер из разрезного штрека, используемого так же, как панельный вентиляционный штрек; II — схема нарезных выработок в блоке для последующей отработки камер буровзрывным способом: 1 — панельный конвейерный штрек; 2 — панельный транспортный штрек; 3 — нарезной штрек; 4 — вентиляционная выработка; 5 — блоковый конвейерный штрек; 6 — блоковые транспортные штреки; 7 — камеры (ниши) для разворота; 8 — очистные камеры. Стрелками показано направление отработки камеры

камер для разворота, представляющих собой ниши длиной 6 м, либо сбойки с соседней выработкой. В зависимости от параметров подготавливаемой очистной камеры ширина ниш изменяется от 7 до 11 м. Проходка ниш ведется комбайнами 2ВТ-6 и 6РМ или буровзрывным способом. На горизонте 290 м выемка очистных камер механизированным способом заключается в проведении комбайном ПК-8 двух-трех сближенных выработок длиной 170—200 м с оставлением между ними целика шириной 1 м. Система из двух-трех сближенных выработок с целиками между ними составляет очистную камеру. Ширина междукамерного целика 4 м. На горизонте 445 м ширина целиков между выработками и между камерами соответственно 1,5 и 9 м (после расширения камеры буровзрывным способом до 4,5 м).

Комбайном ПК-8 проходят выработки сечением 8,1 м<sup>2</sup> со сводчатой кровлей в форме полуокружности радиусом 1,5 м. Ширина выработки 3 м. Выположенная почва выработки позволяет отгружать руду от комбайна самоходными вагонами. В связи с устойчивой формой кровли и малым временем отработки камер очистные выработки не крепят. Подготовительные выработки (транспортные, разрезные, ниши для разворота комбайна, сопряжения и др.) крепят железобетонными штангами длиной 2 м, расположенными по сетке 1,5 × 1,5 м. Комбайном ПК-8 проходят выработки в комплексе с бункером-перегрузателем БП-2 и самоходным вагоном с электроприводом фирмы «Джой» или 4ВС-10 Воронежского завода горнообогатительного оборудования. В процессе проходки бункер БП-2, прикрепленный к комбайну, перемещается вместе с ним, обеспечивая непрерывность его работы. Емкость бункера-перегрузателя БП-2 — 15 т, грузоподъемность самоходного вагона — 10 т. После ухода груженого вагона из забоя для разгрузки на блоковый или панельный конвейер проходка выработки комбайном не прекращается, так как отбиваемая руда аккумулируется в бункере емкостью, достаточной для работы комбайна до возвращения вагона под погрузку, при средней скорости продвижения забоя 4—4,5 м/ч.

После завершения проходки очистной выработки бункер-перегрузатель отцепляется от комбайна ПК-8 и самоходным вагоном откатывается от забоя. Одновременно начинаются перемещение комбайна к устью новой камеры, демонтаж вентиляционного става, сборка питающего комбайн силового кабеля. Подойдя к нише, комбайн разворачивается, продвигается к забою и затем приступает к засечке следующей выработки в данной или новой камере. Бункер-перегрузатель подкатывается к комбайну и цепляется к нему после продвижения комбайна на расстояние 15—20 м. Забой проветривается нагнетательным способом. Для подачи свежего воздуха к забою используются матерчатые прорезиненные трубы марки «М» диаметром 500 мм. Пыль в забое улавливается двумя вентиляторами СВМ-4 с рукавными матерчатыми фильтрами. Электроэнергия для комбайна подается из

передвижной трансформаторной подстанции. Запас кабеля на длину выработки укладывается на почве в соседней неиспользуемой нише для разворота. Одна из бригад за месяц прошла 3109 м очистных выработок и выдала из блока 52 710 т сальвинитовой руды.

Рудник «Муфулира» (Замбия) [18] разрабатывает залежи сульфидов меди, которые состоят из трех рудных тел с простиранием от 1800 до 5500 м и мощностью, изменяющейся в пределах от 9 до 15 м. Угол падения рудных тел 15—90°. Вмещающие породы представлены серыми сливными кварцитами и серыми граувоками, а внутренние прослойки — белыми и розовыми кварцитами с подчиненным количеством доломитов и глинистых сланцев. Все они являются крепкими и устойчивыми породами, допускающими проходку подготовительных выработок большого сечения без крепления жил или с частичным креплением.

Первоначально на руднике применялись камерные системы разработки с открытым выработанным пространством; среди них — система уступной выемки со скреперной доставкой и система с магазинированием. Были также испытаны системы разработки с подэтажными штреками с отбойкой глубокими скважинами. Однако все перечисленные способы разработки не дали положительных результатов ни в экономическом, ни в техническом аспектах. Производительность труда на рудниках оставалась низкой, значительными были потери и разубоживание, эффективность добычи увеличить практически было невозможно. В связи с этим в течение ряда лет на руднике изучалось большое количество новых механизированных способов уборки руды, более совершенное транспортное и буровое оборудование. Испытаниями предусматривалась оценка эксплуатационных качеств оборудования на очистных и подготовительных работах при постоянно меняющихся местных условиях. Помимо испытаний оборудования, выпускающегося научно-конструкторским отделом рудника, была проведена работа по конструированию полумеханической буровой каретки, поскольку довольно сложные буровые каретки с гидроприводом, хорошо известные в США и Европе, оказались непригодными для местных условий. В результате проведенных испытаний было установлено, что наиболее подходящей для бурения глубоких взрывных скважин из подготовительных выработок большого сечения оказалась простая, установленная на полозьях буровая каретка с пневматической подачей и зажимом для бурового инструмента, изготовленная на руднике.

Учитывая недостатки применяемого оборудования при разработке пологопадающих уступов месторождения обычными методами очистной выемки с открытым выработанным пространством, было решено создать новую систему разработки, в которой можно использовать все преимущества самоходного оборудования. Основные требования к системе разработки сводились к следующему: 1) минимальные потери; 2) оптимальное использование

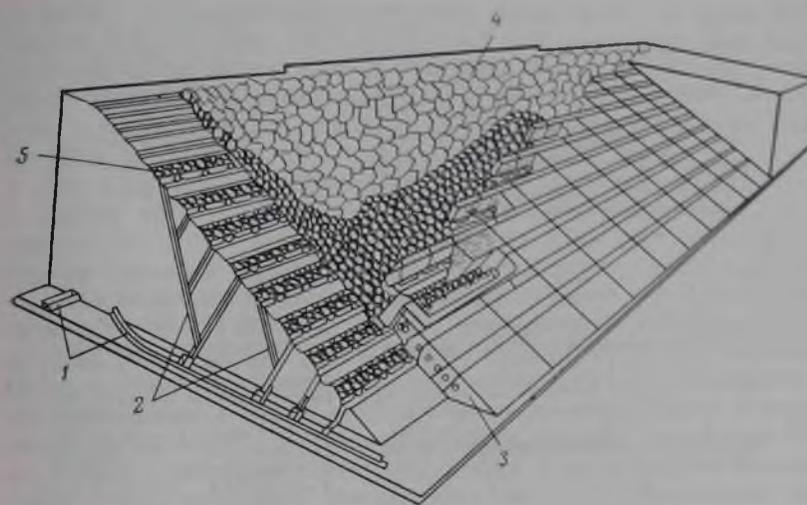


Рис. 41. Блок-диаграмма каскадного способа выемки в отступающем порядке с открытым выработанным пространством:  
1 — главный откаточный горизонт; 2 — система рудоспусков; 3 — рудное тело; 4 — обрушенные породы висячего бока; 5 — горизонт выпуска

современного погрузочного и транспортного оборудования; 3) наибольшая скорость выемки, возможная в условиях обрабатываемого участка; 4) площадь поперечного сечения подготовительных и нарезных выработок должна быть достаточной для того, чтобы колонковые перфораторы с подачей 1,8 м могли работать со сменными буровыми штангами, а высокопроизводительное погрузочно-доставочное оборудование и транспортное оборудование использовалось как при подготовительных, так и при очистных стадиях выемки; 5) возможность проведения небольшого количества подготовительных выработок; 6) хороший доступ с горизонта на горизонт с тем, чтобы буровое, погрузочное и транспортное оборудование могло быстро перемещаться, не требуя дорогих и длительных методов канатной доставки; 7) надежный контроль за обрушением висячего бока, обеспечивающий наименьшее разубоживание.

Исходя из этих требований был разработан способ непрерывной выемки запасов блоками в отступающем порядке с открытым выработанным пространством с применением глубоких взрывных скважин для отбойки и контролируемым обрушением висячего бока вслед за очистной выемкой. Он получил местное название «Каскадный». Основным принципом этого способа является разделение рудного тела на длинные горизонтальные слои (рис. 41), каждый из которых обрабатывается отдельно, но с соблюдением определенной очередности. Подготовительные выработки располагаются таким образом, что вся руда, отбиваемая в пределах

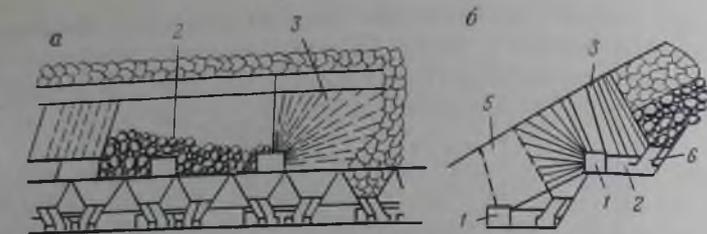
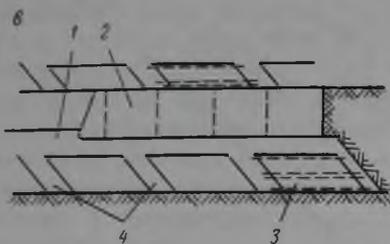


Рис. 42. Элементы системы с каскадным способом разработки:

а — вертикальная продольная проекция; б — разрез вкрест простирания; в — план на уровне откаточного штрека; 1 — откаточный буровой штрек; 2 — очистное пространство; 3 — целик; 4 — погрузочные заезды; 5 — опорный целик; 6 — выпускная дучка



одного слоя, под действием собственного веса поступает в выпускные воронки, из которых она грузится и транспортируется к рудоспуску по подэтажному штреку нижележащего слоя. Опыт рудника показал, что кровля очистной камеры остается устойчивой достаточно долгое время, если породы висячего бока не обнажены на слишком большом расстоянии по падению рудного тела. Очистная камера с относительно небольшим размером по падению будет сохраняться при длине по простиранию до нескольких сотен метров. В связи с этим предельная высота подэтажа была принята 18 м.

Выемка руды на каждом подэтаже производится в две стадии. Первая стадия показана на разрезе вкрест простирания рудного тела (рис. 42). На этой стадии 60% руды отбивается веерами взрывных скважин, задаваемых под углом  $70^\circ$  к горизонту. Отбитая в первой стадии руда не перемешивается с пустой породой, поскольку поступает из надежно защищенного очистного забоя. Руда проходит через воронки и выпускные дучки и поступает на нижележащий рабочий горизонт для погрузки и транспортирования к рудоспуску.

Взрыв при отбойке разбрасывает руду на расстояние около 30 м или на три воронки, но весь этот участок защищен опорным целиком, который сохраняется на расстоянии 30—50 м от зоны обрушения и препятствует скатыванию обрушенной пустой породы в воронки, подготавливаемые для приема руды из опорного целика во второй стадии. После того как очистные работы первой стадии продвинулись достаточно далеко, производится отбойка самой дальней части опорного целика, руда из которого падает почти вертикально вниз в выпускные воронки. За отбитой частью целика следует обрушенная пустая порода, удерживаемая ранее этим

целиком. Одновременно происходит обрушение висячего бока. Однако отбитая руда целика первая заполняет выпускные дучки, перекрывая ее сверху пустой породой. Окончательное обрушение пород висячего бока за опорным целиком всегда происходит на этой стадии. Отбойка опорного целика осуществляется секциями по 20 м.

На практике для бурения взрывных скважин первой стадии в любое время доступен участок откаточно-бурового штрека длиной до 20 м. По мере продвижения взрывной отбойки очистного забоя это расстояние постепенно уменьшается и доходит до нуля. Но после полного завершения отбойки и погрузки 20-метровой секции опорного целика вышележащего горизонта становятся доступными для бурения следующие 20 м откаточно-бурового штрека. Между продвижением забоев на каждом горизонте существует определенная зависимость. Интервал опережения одного рабочего горизонта другим составляет 60 м, но в случае возникновения трудностей при прохождении на каком-либо горизонте может увеличиться до 75 м. Поскольку забои продвигаются эшелонированным порядком, продвижение фронта очистной выемки может происходить одновременно как по простиранию, так и по падению рудного тела (рис. 42). При этом обрушение пород висячего бока происходит по мере выемки опорных целиков.

На одном крыле обрабатываемого участка (в сторону которого продвигаются очистные работы) проходится спиральная выработка сечением  $3,7 \times 4,6$  м, соединяющая верхний и нижний откаточные горизонты. Эта выработка в большей части проходится по руде и предназначается для доставки оборудования и материалов с горизонта на горизонт. Из спиральной выработки по контакту с лежащим боком проходится откаточно-буровые штреки сечением  $3,7 \times 4,6$  м. Из практических соображений такой откаточный штрек проводится по руде, вскрывая контакт с породами лежащего бока. Откаточные штреки проводятся до места расположения первых очистных забоев, грудь которых по мере развития выемочных работ постепенно отступает по направлению к спиральной выработке. На каждом рабочем горизонте, в точке исходного положения очистного забоя, в руде вдоль контакта с висячим боком проходится с горизонта на горизонт отрезной восстающий так, чтобы из него могла быть оформлена при помощи параллельных взрывных скважин отрезная щель шириной 2,4—3 м, обеспечивающая первоначальный вруб для вееров взрывных скважин первой стадии очистной выемки (засечка очистного забоя). Из откаточно-буровых штреков с точки исходного положения очистного забоя с углубкой на 1 м в породы висячего бока проходится рассечки. Эти рассечки, выполняя роль отрезной щели в висячем боку, в ходе очистной выемки могут быть взорваны для образования начального обрушения пород висячего бока и обычно в практике очистной выемки открытым забоем на руднике «Муфулира»

(Замбия) взрываются, если начальное обрушение не начинается самостоятельно.

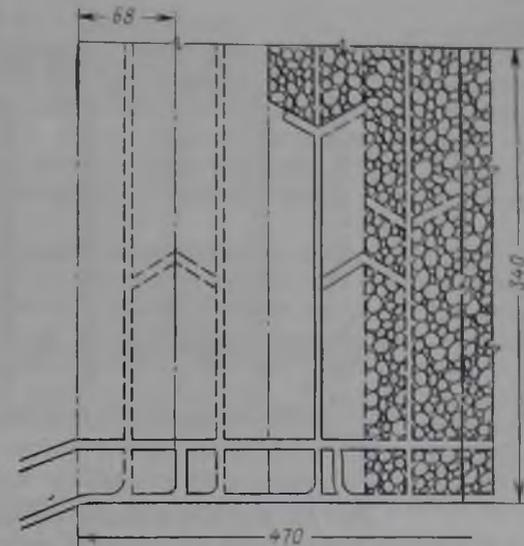
Уборка горной массы из подготовительных выработок производится при помощи дизельных транслодеров емкостью 4,3 м<sup>3</sup>. Рудоспуски проходятся с интервалом 150—180 м по простиранию. В целом подготовительные работы при новой системе разработки обходятся на 10% дешевле, нежели при системе разработки поэтажными штреками. Как в очистной камере, так и в целике веер от веера располагают на расстоянии 1,8 м. Расстояние между концами взрывных скважин в веере максимум 2,4 м. Выход руды на 1 м скважины составляет 5,9—6,2 т.

Немаловажным обстоятельством при каскадном способе добычи является возможность наблюдения эффекта каждого взрыва из безопасного места. Разубоженная руда целика выпускается с регулярным опробованием. Общие потери при каскадном способе составляют 16%, а разубоживание — 13%, что значительно ниже, чем при ранее применявшихся способах разработки. Руда из очистных камер и целиков погружается из выпускных дучек дизельными транслодерами с емкостью ковша 4,3 м<sup>3</sup> и транспортируется к системе рудоспусков на расстояние, не превышающее 180 м.

Производительность транслодера при погрузке и транспортировании руды достигает 650 т/сутки. Транслодер легко управляем в подземных условиях и достаточно маневрен. Производительность погрузочно-доставочных работ на одного рабочего в смену составляет 80,5 т, в то время как при системе поэтажных штреков и скреперной доставке она равна 45,6 т. Объем вторичного дробления на участках с каскадным способом значительно меньше, чем на участках с другими системами разработки. Поскольку на погрузке и доставке руды используются дизельные машины, на руднике серьезное внимание уделяется вентиляции и нейтрализации выхлопных газов. Сравнение капитальных затрат и эксплуатационных расходов по конкурирующим системам разработки (каскадный способ и поэтажные штреки) показало, что в первом случае затраты на 1 т добытой руды на 17% ниже, чем во втором случае.

Выемка железной руды комбайнами режущего типа зависит от процесса резания. Это учитывали при внедрении комбайна «Контингус Майнер» 6PM-3A на руднике «Лангед-Бройштедт» (ФРГ). Почва месторождения представлена кремнистым глинистым известняком, кровля — сенонским мергелем. Между породами для разработки рудой и почвой расположены слои пустой породы мощностью до 5 м, которые при высоких притоках воды склонны к размягчению, мощность мульдобразного рудного тела колеблется от 2 до 10 м. Коэффициент крепости пород изменяется от 2 до 6. По экономическим соображениям наиболее целесообразным способом управления кровлей было принято обру-

Рис. 43. Диагональная схема разработки



В процессе эксплуатации проводились обширные исследования [19]. При эксплуатации комбайна возникли проблемы размещения машины массой 40 т, требующей значительного обнажения кровли, и приспособления этой машины к свойствам руды и включений пустых пород. Оработка залежи производилась длинными камерами по восстанию шириной 7,5 м (определена исходя из радиуса поворота комбайна) с оставлением целиков шириной 3 м (В IV, VI). Наиболее благоприятный угол засечки камер по отношению к выемочному штреку 60—75°. Для крепления в очистных забоях использовались гидравлические стойки HS30LLE фирмы Зальцгиттер (ФРГ) (7 типоразмер).

Как показал опыт, комбайновая разработка оказалась экономичнее буровзрывного способа выемки, причем она имела резервы повышения производительности труда, заключающиеся в совершенствовании организации труда, использовании механизированной крепи, повышении производительности самого комбайна.

В Никопольском марганцевом бассейне полностью механизированы отбойка, погрузка и доставка руды, внедрены лучшие образцы серийных комбайнов производительностью 40—60 т/ч, забойные и штрековые конвейеры КЛЗС, Л-65, КЛ-150 производительностью 125, 150—180 т/ч. На шахте № 4—7 Марганецкого горнообогатительного комбината достигнута полная конвейеризация и поточная технология добычи руды, что позволило уменьшить простой добычных забоев на 27%, увеличить производительность очистных комбайнов на 36,2%.

В бассейне производились работы по изысканию новых форм и видов крепи. Внедрение металлической крепи позволило за истекшие 10 лет в 2—2,5 раза увеличить параметры панелей —

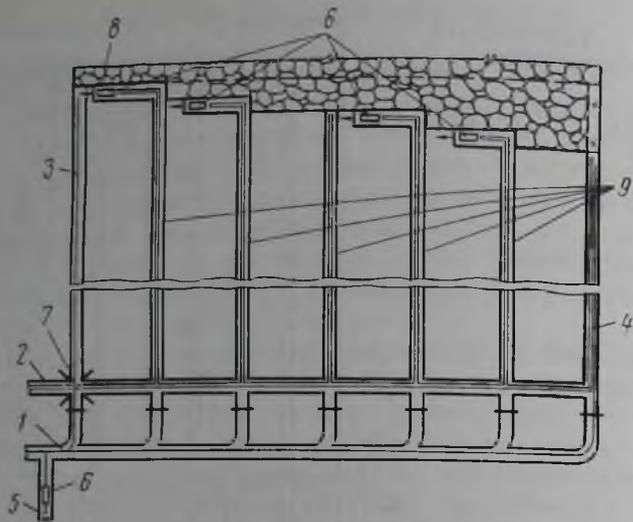


Рис. 44. Блочная система разработки:

1 — панельный откаточный штрек; 2 — панельный вентиляционный штрек; 3 — фланговый выемочный штрек; 4 — фланговый вентиляционный штрек; 5 — камера для профилактического осмотра; 6 — комбайн; 7 — кроссинг; 8 — заходка; 9 — выемочные штреки

от  $40 \times 100$  до  $70 \times 450$  м и выемочных столбов — от 80—120 до 400—700 м.

Механизация производственных процессов и совершенствование крепления создали возможности для изыскания новых систем подземной разработки. Исследованиями НИГРИ на шахтах Никопольского месторождения была впервые установлена техническая возможность и целесообразность применения варианта системы разработки длинными столбами (В VI), который затем получил широкое распространение.

На шахте № 20 Александровского рудника был испытан новый вариант системы разработки с двусторонней выемкой и диагональным направлением заходок под углом  $45-60^\circ$  к оси выемочного штрека (рис. 43). Наблюдения показали, что при диагональном направлении заходок зона концентрации горного давления смещается в сторону выработанного пространства. Обрушение налегающего массива породы происходит более плавно и регулярно. Кроме того, диагональное направление заходок позволяет проходить ниши, из которых начинается очистная выемка добычными комбайнами; тем самым увеличивается степень механизации очистной выемки на 10—12%, а производительность труда возрастает на 8—10%.

С целью увеличения концентрации горных работ НИГРИ совместно с работниками Марганецкого ГОКа предложена новая блочно-столбовая система разработки со сквозными заходками (рис. 44). Выемочный участок шахтного поля подготавливается

панельными откаточным и вентиляционным штреками, из которых нарезается блок. Из подготовительной ниши на фланговом выемочном штреке комбайном МБЛ поочередно отрабатываются выемочные столбы в одном направлении до выхода его на фланговый транспортный штрек. После выемки заходки каждого выемочного столба производится посадка кровли. Крепь, извлекаемую при посадке, размещают в выработанном пространстве очередного столба [14].

В отличие от существующих вариантов, где посадочные работы ведутся в направлении от менее деформированной к более деформированной крепи, выемка сквозными заходками позволяет изменить направление посадки и обеспечить безопасные условия работы. Число одновременно работающих на участке комбайнов может быть равно числу выемочных столбов. В процессе выемки комбайны располагаются так, что каждый предыдущий опережает последующий на 1—1,5 суток с тем, чтобы до начала отработки очередного столба кровля заходки в последнем была посажена. Число ниш в цикле сокращается до одной независимо от количества столбов в блоке.

После доработки заходки в последнем выемочном столбе блока комбайны на специальной тележке перевозят по фланговому транспортному и откаточному штрекам в камеру для профилактического осмотра. Резервный комбайн, находившийся до этого в камере, перевозят на фланговый штрек в подготовительную нишу, после чего производственный цикл повторяется. Транспортирование руды осуществляется в заходках по выемочным и панельным штрекам конвейерами КЛЗС, Л-65 и сборным конвейером КЛ-150. Материалы и оборудование доставляются в забой тележками, установленными на конвейерах выемочных штреков.

Согласно расчетам применение блочно-столбовой системы разработки со сквозными заходками позволяет на 13—14% повысить производительность труда рабочего по участку, уменьшить себестоимость руды на 0,12—0,16 руб/т, снизить использование ручного труда на 8,8%, повысить безопасность работ при посадке кровли.

Значительный прогресс в области подземного способа разработки марганцевых месторождений достигнут в последние годы в Никопольском бассейне. Производственная мощность шахт возросла в 2,1 раза, длина и ширина выемочных штреков увеличились соответственно в 2,8 и 2,4 раза, уровень механизации основных производственных процессов в семидесятые годы превысил 80%.

Впервые в бассейне для внедрения комплексной поточной технологии добычи руды была построена шахта № 7 с наклонным стволом. Из забоя руда, отбитая и погруженная комбайном, транспортируется конвейером КЛЗС на выемочные штреки, оборудованные конвейерами Л-65, а затем по панельным и откаточным штрекам, где установлены конвейеры КЛ-150, поступает

к наклонному стволу и далее конвейером КРУ-260 по наклонному стволу выдается на поверхность.

Внедрение поточной технологии на шахтах бассейна стало возможным только после создания специального добычного и транспортного оборудования — комбайнов МВЛ-Д и конвейеров КЛЗС и Л-65. Вместе с тем на шахтах бассейна по-прежнему применяется очистная выемка руды заходками, характеризующаяся небольшой производительностью очистного забоя (около 210 т/сутки), значительными потерями полезного ископаемого (до 12%) и большим объемом ручных работ на вспомогательных процессах. Поэтому главным направлением дальнейшего развития подземного способа разработки марганцевых руд является переход от выемки заходками к выемке лавами со щитовыми механизированными комплексами.

В 1963—1967 гг. в бассейне были испытаны щитовые механизированные комплексы «Марганец» и «Марганец-Р» конструкции Днепропетровского проектно-конструкторского и технологического института (ПКТИ) и НИГРИ, а с ноября 1970 г. проводились промышленные испытания комплекса КВМА конструкции института Мосбасгипрогормаш, предназначенного для разработки марганцевых пластов мощностью 1,7—2,5 м. Производительность комплекса 756 т/сутки, масса 280 т, длина лавы 50 м [11]. Испытания показали, что механизированная крепь комплекса КВМА работоспособна и надежна. Однако некоторые узлы и механизмы комплекса оказались ненадежными, и их потребовалось заменить. Так, ленточно-цепной конвейер был заменен скребковым, комбайн КВМ-6 — комбайном КШ1КГ, а трехсекционная крепь сопряжений — односекционной. Новые комбайн и конвейер работают безотказно, и в отдельные смены производительность комплекса достигает 70—75 т/ч.

Промышленными испытаниями установлено, что горно-геологическим условиям бассейна наиболее соответствует механизированная крепь оградительно-поддерживающего типа, имеющая механизмы для поддержания забоя. При выемке руды комплексно-механизированными заходками производительность лучших очистных забоев составляет 260 т/сутки, а эксплуатационные расходы на 1 т руды равны 1,65—1,8 руб. При выемке руды максимально-механизированными лавами указанные эксплуатационные расходы достигаются при производительности очистного забоя 550—600 т/сутки. Таким образом, при производительности забоя 550—600 т руды в сутки и более выемка комплексно-механизированными лавами более выгодна, чем выемка комплексно-механизированными заходками.

Для расширения области применения системы разработки лавами в последние годы было сконструировано оборудование для специфических условий Читурского марганцевого бассейна на базе серийно выпускаемых угледобывающих машин. При изучении применяемых в угольной промышленности механизированных

крепей выявлено, что ни одна из них, даже механизированная крепь 2М-81Э, обладающая высокой несущей способностью, не удовлетворяет условиям разработки лавы с отбойкой руды буровзрывным способом. Выброс кусков руды и породы при взрыве вызывает повреждение гидрокommункаций крепи и заполняет отбитой горной массой пространство между стойками, что препятствует передвижению крепи, а также вызывает значительные ее потери.

Для условий взрывной отбойки при разработке марганцевых руд был разработан комплекс оборудования ОКМР, состоящий из гидрофицированной передвижной крепи 2М-81ЭМ, скребкового забойного конвейера КМ81-02Б, очистного комбайна КШ-1КГ и ленточного перегружателя ПЛМ-1.

На рис. 45 показана схема разработки пласта марганцевой руды с применением комплекса оборудования ОКМР. Он испытывался на руднике «Итхиси-Новый» треста Чпатурмарганец в следующих условиях: в кровле рудной толщи залегают глинистые песчаники, а в почве — сложные слабосцементированные песчаники. Рудоносная толща падает на северо-восток под углом 1—2°. Она делится на две части: нижнюю — горизонт окисленных марганцевых руд и верхнюю — горизонт карбонатно-легкопористых марганцевых руд. Как первая, так и вторая часть представлены серией рудных пропластков, переслаивающихся с песчаниками и реже с песчанистыми глинами. Коэффициент крепости разрабатываемой рудной толщи изменяется в пределах от 2 до 10. Мощность пласта на участке 3,25 м. После обрушения кровли наблюдался приток воды из верхних водоносных горизонтов. Подготовка участка заключалась в проведении парных панельных штреков сечением 4,5 м<sup>2</sup> при расстоянии между ними 15 м. Комплекс испытывался первоначально в блоке длиной 280 м, который отрабатывался лавой длиной 30 м и затем в блоке длиной 500 м с 50-метровой лавой.

Испытания показали надежность и эффективность комплекса ОКМР по сравнению со скреперной установкой и индивидуальным креплением. Комплекс обеспечил повышение среднесуточной добычи на 70% и производительности труда на 34,5% при снижении себестоимости добычи 1 т руды на 1 р. 38 к.

Система разработки массивными блоками с подэтажным обрушением и с отбойкой руды вертикальными и наклонными комплектами скважин из подэтажных штреков или ортов (Шведский вариант, В VI) испытывалась на руднике «Молибден» Тырнаузского комбината. Опытный блок был заложен в роговиковых рудах с коэффициентом крепости 12—14. Эти руды сильно нарушены трещинами и залегают в виде штокверковых зон висячем боку скарных залежей. Угол падения рудных тел 65—80°, мощность от 30 до 150—200 м.

Конструкция системы разработки показана на рис. 46. Опытный блок имел два яруса: погрузочный и буровой. Размеры блока

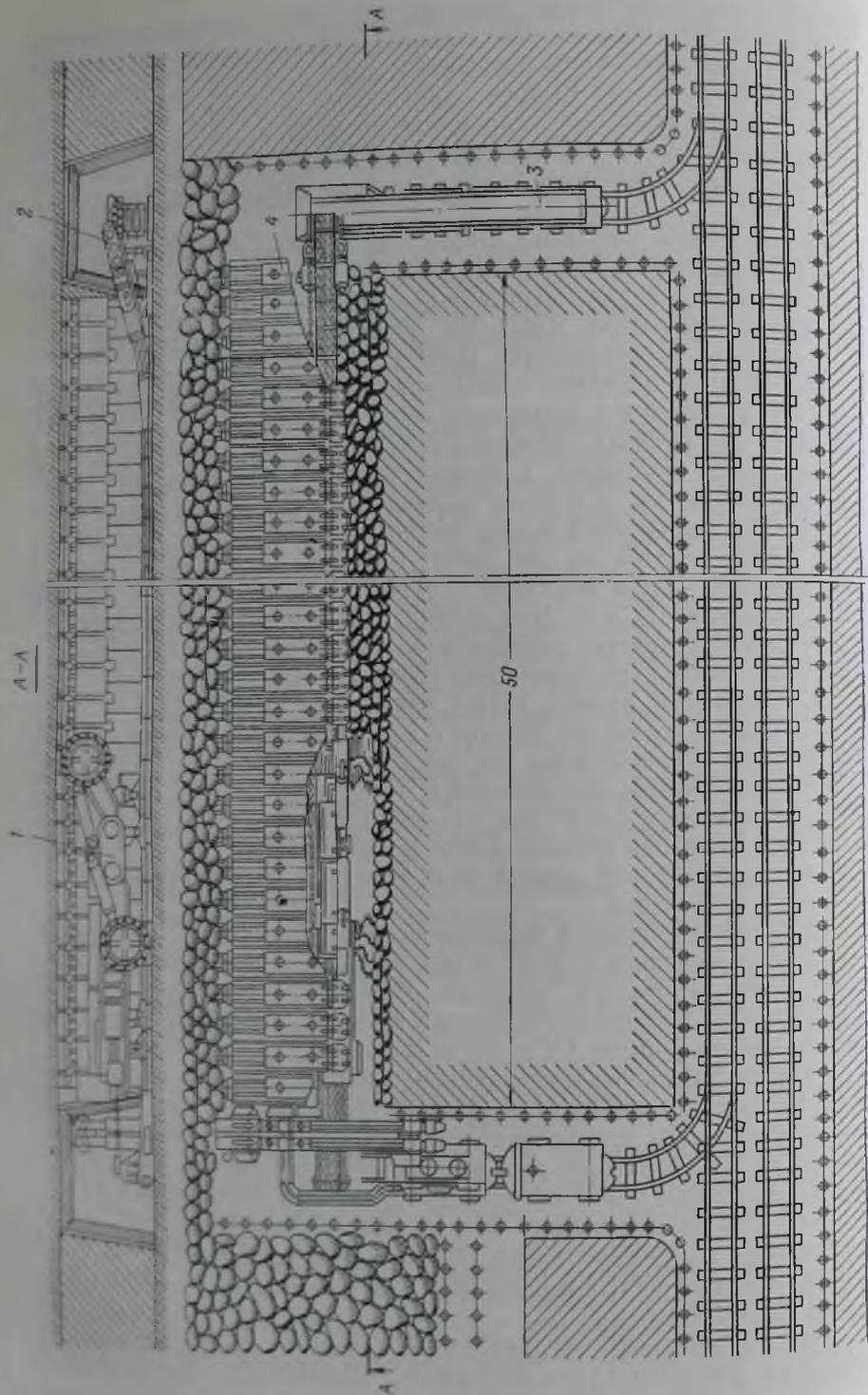


Рис. 45. Схема разработки пласта марганцевой руды с применением комплекса оборудования ОКМР:

1 — комбайн КШ-1КГ; 2 — скребок конвейер КМ81-02Б; 3 — перегружатель ПЛМ-1; 4 — механизированная крепь 2М-81 ЭМ

в плане  $25 \times 25$  м. Запасы руды 45 тыс. т. Удельный расход подготовительно-нарезных выработок  $7,9/1000$  м/т. В местах особенно сильно нарушенных трещинами погрузочные выработки крепились железобетонными штангами. Выработки бурового яруса не крепили. Рудный массив на буровом ярусе обрушался с опережением по отношению к отработке сплошного днища. Максимальная величина опережения составляла 12 м при общей длине разубоженной части блока 18 м, оставшиеся 6 м (четыре веера скважин) были отбиты одним взрывом. Первые слои отбивали на вертикальную отрезную щель, последующие — в зажатой среде. Скважины диаметром 65 мм и глубиной 10–12 м бурили перфораторами КС-50 и ПТ-36 с расстоянием между веерами 1–2 м. Толщина слоя, включающего два веера скважин, составляла 3–4 м (веера взрывали с миллисекундным замедлением).

После очередного взрыва из выработок бурового яруса выпускали 10–12% отбитой руды для создания необходимой компенсации, остальную руду магазинировали. Удельный расход ВВ на отбойку в зависимости от сетки расположения скважин составлял 250–300 г/т. Потолочину над погрузочными выработками отбивали с отставанием. Расстояние между веерами принимали 1–1,8 м. Скважины заряжали вручную. Отбитую из потолочины и ранее замагазинированную руду выпускали на почву погрузочных выработок.

Для загрузки и доставки руды использовали два самоходных погрузочно-доставочных агрегата ТГ2 фирмы «Атлас Копко»: один на погрузочном, другой на буровом ярусах. Агрегаты были надежными в работе, но вследствие повышенной кусковатости руды их производительность оказалась недостаточно высокой.

Опытные работы на руднике «Молибден» подтвердили техническую возможность применения новой системы разработки с массовым торцовым выпуском руды в промышленных условиях. Система обеспечила безопасность работ и надежную устойчивость выработок днища, что имеет важное значение при значительной трещиноватости руды и высоком горном давлении. Испытания показали, что при этой системе разработки сильнотрещиноватых роговиков требуется минимальный объем крепления выработок и полностью отпадает необходимость в их перекреплении. Это объясняется тем, что сплошное днище более прочно, чем днище, изрезанное воронками и дучками. Крепление железобетонными штангами требовалось только в местах сопряжений и на участках, угрожающих вывалами заколов (не более 15–20% протяженности выработок).

После отработки блока был внесен ряд конструктивных изменений в систему разработки, в результате чего она приобрела вид, изображенный на рис. 47. Рудное тело, в

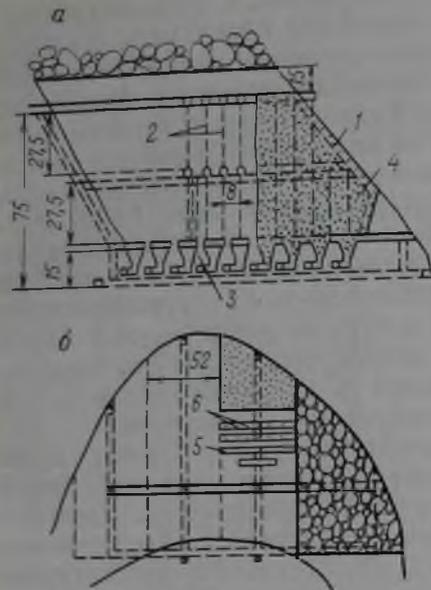


Рис. 46. Система этажного принудительного обрушения с одностадийной выемкой и отбойкой руды скважинами большого диаметра (300 мм):

а — вертикальный разрез; б — план бурового горизонта; 1 — отрезная щель; 2 — скважины; 3 — днище; 4 — отбитая руда; 5 — буровой штрек; 6 — скважины

котором подготовлен новый блок, представлено биотитовыми роговиками со значительным количеством трещин отдельности и тектонических трещин. Мощность рудного тела в пределах 40—60 м, угол падения 50—70°. По высоте блок разбит на три подэтажа по 22—23 м. Высота сплошного днища 8—9 м. Погрузочные и буровые выработки сечением 12 м<sup>2</sup> на горизонте каждого яруса сбиваются

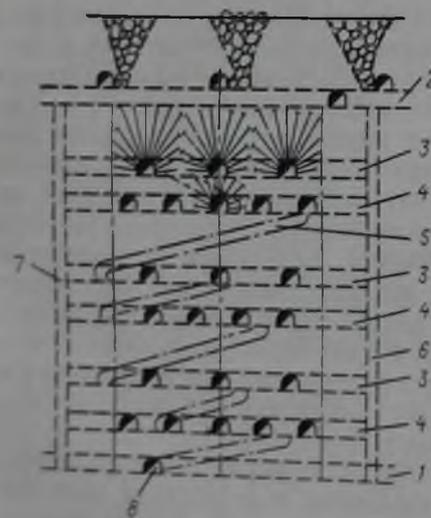


Рис. 47. Проект опытно-промышленного блока на руднике «Молибден»:

1 — основной откаточный горизонт; 2 — основной вентиляционный горизонт; 3 — выработки буровых ярусов подэтажей; 4 — выработки погрузочных ярусов подэтажей; 5 — уклон для подъема и спуска самоходного оборудования; 6 — рудоспуск; 7 — вентиляционно-ходовой восстающий; 8 — квершлаг-заезд

в всячем боку соединительными штреками сечением 3 × 4 м. На флангах блока проходят на полную высоту этажа вентиляционно-ходовой и рудоспускной восстающие сечением 2 × 2 м. Направление очистной выемки в блоке — от лежащего бока к всяческому; руду отбивают в зажатой среде.

Для перемещения самоходного оборудования в пределах блока с одного подэтажа на другой в всячем боку запроектирован уклон сечением 3,5 × 2,5 м с углом наклона 10°. Этот же уклон служит для передвижения людей, транспортирования грузов и вентиляции. Исследования систем разработки с массовым торцовым выпуском руды, проведенные ПГД им. А. А. Скочинского на описанных блоках, позволили установить их перспективность для горнорудной промышленности. Производительность труда забойного рабочего по системе при полном освоении высокопроизводительного мощного самоходного оборудования может достигнуть 30 м<sup>3</sup>/чел-смену.

На шахте «Южная» Гороблагодатского рудоуправления разрабатывается Восточная залежь, сложенная магнетитами, магнетитовыми скарнами и скарнированными породами общей мощностью 40 м. Коэффициент крепости руд 8—10, пород 12—15. Угол падения залежи 35—40°, высота этажа 60 м. Разработка ведется блоками с подэтажным обрушением с торцовым выпуском руды и применением самоходного оборудования. Между собой подэтажи высотой 12—20 м соединяются спиральными съездами. Руда с подэтажей перепускается на основной горизонт и грузится виброустановкой ВДПУ-4Тм в вагоны. Подготовительные и нарезные работы ведутся с применением буровых кареток СБУ-2м, погрузочных машин ПНБ-3к, самоходных вагонов 4ВС-10, зарядных машин УЗС-1500. Очистные работы заключаются в разбуривании панелей вертикальными веерами скважин, обрушении слоя руды толщиной 3 м и в выпуске обрушенных запасов через торец буродоставочной выработки. На очистных работах применялась буровая каретка СБУ-70У, однако вследствие недостаточной ее надежности она была заменена станком НКР-100м. Скважины в этом случае бурили по схеме, изображенной на рис. 48.

Производительность комплекса ПНК-3к — 4ВС-10 изменялась в пределах 300—338 т/смену при использовании его во времени на 25—60%. В целом производительность труда рабочего в смену составила по участку — 28,8 т, а рабочего забойной группы — 43,3 т.

Впервые в отечественной и зарубежной практике в Кривбассе был разработан и изготовлен комплекс самоходных машин для очистных работ. В этом комплексе в качестве навесного оборудования, установленного на унифицированных самоходных тележках на гусеничном ходу, использованы наиболее производительные переносные горные машины серийного производства.

Промышленные испытания указанного комплекса самоходных машин проведены на шахте «Артем-1» при новом одностадийном

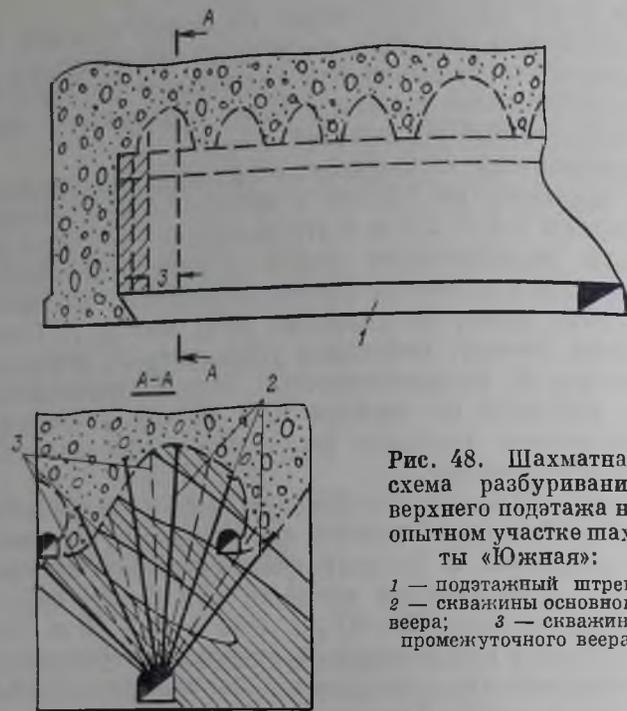


Рис. 48. Шахматная схема разбуривания верхнего подэтажа на опытном участке шахты «Южная»;

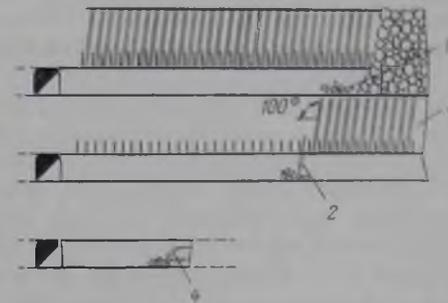
1 — подэтажный штрек;  
2 — скважины основного веера;  
3 — скважины промежуточного веера

варпанте системы подэтажного обрушения (В VI). В этом варианте буровые, доставочные и другие выработки расположены на одном горизонте, что создает условия для полной механизации всех процессов очистной выемки. В лежачем боку проходится полевой штрек, по которому транспортируют материалы и оборудование к ортам. Из ортов через 6—7 м проходится штреки для бурения глубоких скважин и штреки для доставки отбитой руды. В нарезных выработках для бурения шпуров использована самоходная буровая каретка, что позволяет снизить опасность виброзаболевания бурильщиков и повысить производительность их труда. Уборка породы из четырех забоев в течение смены осуществляется одной самоходной скреперной лебедкой, исключаяющей ручной труд при засечке первых 5—6 м нарезных выработок.

В процессе испытания промышленного образца самоходной буровой установки выявлена целесообразность установки на одной ходовой тележке двух буровых станков, обслуживаемых одной бригадой. Это позволит сократить удельные затраты средств на создание самоходных буровых станков, повысить производительность труда и использовать подающие механизмы станков для зарядки скважин. Верхняя часть глубоких скважин заряжается более мощными ВВ. С помощью электродетонаторов короткозамедленного действия взрывается 3—4 и более рядов скважин на ранее обрушенную руду. Образование приемного днища

Рис. 49. Применение самоходного оборудования на руднике «Крайгмонт»:

1 — погрузочно-доставочная машина; 2 — самоходный буровой станок; 3 — отрезной восстающий; 4 — буровая каретка для проведения подэтажной выработки



и отбойка массива руды осуществляются в одну стадию, а доставка руды идет параллельно с бурением глубоких скважин.

Совмещение бурения скважин с доставкой руды из отдельных выработок одного горизонта и новый способ образования приемного днища (боковых траншей) создают предпосылки для развития поточной технологии очистных работ. Горизонтальные выработки проходятся описанным выше комплексом самоходных машин. Сопряжения доставочных ортов с дучками крепятся железобетоном. Отрезка камеры от массива осуществляется скважинами глубиной до 30 м. Камеры обуриваются самоходными станками из буровых ортов. После взрыва глубоких скважин над доставочными ортами остаются временные целики руды, которые совместно с приемными траншеями и дучками образуют приемные днища камер. Выпускные окна проходят после отбойки руды в камерах.

Рудник «Крайгмонт» (Канада) разрабатывает месторождение меди, находящееся в провинции Ванкувер. Месторождение представлено рядом крутопадающих столбообразных рудных тел различной мощности, рудная площадь нарушена значительными трещинами и сбросами. Вмещающие граувакковые породы склонны к обрушению. Главное рудное тело № 1 имеет длину по простиранию примерно 240 м и мощность 45 м. Рудное тело № 2 длиной по простиранию 300 м и мощностью 45 м распространяется на глубину до 730 м. Имеется также ряд тел неправильной формы. Запасы руды по состоянию на февраль 1970 г. оценивались в 15,6 млн. т со средним содержанием меди 1,76%.

Основная система разработки — подэтажное обрушение блоков (В VI) дает возможность осуществлять селективную выемку руды и обеспечить высокую степень механизации добычи с помощью самоходного оборудования (рис. 49). Для отработки мощных рудных тел используется мощное дизельное оборудование, для рудных тел небольшой мощности — погрузочно-доставочное оборудование с пневмоприводом. Использование торкрет-бетона и штанговой крепи для поддержания подэтажных штреков дало возможность проводить эти выработки сечением 3,9 × 3,3 м, которые являются минимальными для размещения высокопроизводительного

дизельного оборудования и вентиляционных труб диаметром 625 мм. Применение дизельного оборудования для доставки руды позволило увеличить расстояние между рудоспусками.

В мощной части рудного тела подэтажные выработки располагаются вкрест простирания. Для перемещения самоходного оборудования на подэтажи пройдены наклонные выработки с звезды с максимальным углом наклона  $11^\circ$ , сечением  $3,9 \times 3,6$  м и арочных кровлей. Для проведения подготовительных и нарезных выработок используются буровые каретки фирмы «Гарднер Денвер» с тремя перфораторами «ДН-123у» и погрузочно-доставочные машины ST-4 фирмы «Вагнер». Подвигание забоя на одного человека составляет 0,52 м/смену (цикл включает обуривание комплекта шпуров длиной 3,05 м, взрывание, погрузку, торкретирование кровли и установку штанговой крепи).

Для бурения глубоких скважин применяются самоходные станки «Симба-26» фирмы «Атлас Копко» с двумя перфораторами ВВС-120 и каретки «Фэн-Дрил» фирмы «Гарднер Денвер» с двумя перфораторами ДН-123у. Веера глубоких скважин диаметром 50 мм бурятся с наклоном  $80^\circ$ , л. н. с. — 1,07 м. В качестве ВВ используется смесь АМ-ДТ. Взрываются одновременно два веера. Для обеспечения хорошего дробления руды, что особенно важно для снижения разубоживания при выпуске, на отбойку 1 т руды расходуется сравнительно большое количество ВВ — 0,408 кг. Руда грузится погрузочно-доставочными машинами ST-4 и доставляется к одному из трех рудоспусков, закрепленных железобетоном. Расстояние доставки достигает 360 м, в среднем составляя 225 м. Производительность на доставке руды 300 т/чел-смену. На руднике эксплуатируется 7 погрузочно-доставочных машин ST-4, две из них находятся в резерве.

Откатка руды производится по штольне составами по 12 вагонов «Гренби» емкостью по  $7,7 \text{ м}^3$  и 25-тонными локомотивами. Среднее расстояние откатки около 2600 м. Для вспомогательных целей на руднике используются 3 машины «Унимаг-406» и 3 машины «Унимаг-411» для доставки материалов и грузов. «Унимаг-406» оборудована гидравлической платформой для установки штанговой крепи, 2 самоходные машины типа «Гетман» используются для обслуживания самоходного оборудования. Самоходное оборудование ремонтируется в подземной механической мастерской. Для проветривания забоев применяются вентиляторы мощностью 60 л. с. и нейлоновые трубы диаметром 777 мм. Работы ведутся круглосуточно 7 дней в неделю. На руднике занято около 200 человек. Производительность труда по руднику, включая надзор и обслуживающий персонал, составляет 13,5 т/чел-смену. В этой системе разбуривание подэтажей ведется вертикальными комплектами скважин из штреков или оргов. Для бурения применяются самоходные буровые каретки, производительность каждой достигает 150 м/смену (в условиях рудника «Кируца»). Обрушенная руда грузится машинами в самоходные вагоны. Произ-

водительность труда одного рабочего на очистных работах достигает 80—85 т/смену.

Особенность систем этажного блокового обрушения (В VI) состоит в отсутствии разделения этажа на подэтажи. Взрывание производится в условиях зажима. Эти системы применяются как самостоятельные при разработке рудных тел и как вспомогательные при выемке целиков и потолочин, оставленных при других системах разработки. Взрывание в «зажиме» улучшает показатели отбойки. Вместе с тем условия выпуска отбитой руды несколько усложняются. В этом варианте, предложенном проф. В. Р. Именитовым, на доставке применяются виброконвейеры в сочетании с вибропитателями (Зыряновск); наряду с ними используются скреперные установки и самоходные погрузочно-доставочные машины. На бурении используются переносные станки.

На руднике «Молибден» Тырныаузского комбината для отработки главной скарновой залежи предложена система разработки этажного принудительного обрушения с одностадийной выемкой руды скважинами большого диаметра. Посередине высоты этажа проводятся выработки бурового горизонта, из которых с помощью пневмоударного расширителя бурят вертикальные нисходящие скважины диаметром 300 мм и глубиной 28—30 м. В описываемом варианте системы днище для выпуска и вторичного дробления руды сконструировано из расчета применения горизонта скреперования с безлюковой погрузкой руды.

Для дальнейшего увеличения выпуска руды авторы предложения считают целесообразным использовать вибрационную погрузочно-доставочную установку типа ВДПУ-4, разработанную в ИГД СО АН СССР. Для максимального использования возможностей скреперных лебедок 2СЛЭ-55 длина скреперной выработки принимается 12 м и на нее выпускается руда только из трех дучек. Безопасность работ на горизонте скреперования и повышение извлечения руды при выпуске обеспечиваются также односторонним расположением рудовыпускных дучек. Применение вибрационной установки типа ВДПУ-4, размещающейся в рудовыпускной дучке, позволит значительно увеличить производительность скреперной установки.

Недра Румынии богаты залежами каменной соли. Одной из распространенных систем ее разработки является камерная. Камеры имеют трапециевидную или прямоугольную форму. Ширина камер составляет 10 м у кровли и 35 м по почве. Первые 25 м по высоте вынимаются уступом, расположенным наклонно, под углом  $60^\circ$ , а следующие 25 м — вертикальными уступами. Длина камер колеблется в широких пределах — от нескольких десятков метров до 200—300 м. При такой системе разработка ведется не более чем в два этажа, с оставлением между ними предохранительного целика шириной 30 м. При камерной системе извлечение соли достигает всего 10—20%. Расход ВВ колеблется в зависимости от условий залегания месторождения, системы

разработки, вида продукции, типа ВВ. Учитывая, что до настоящего времени сохранилось производство каменной соли в виде больших кусков (по 50 кг для экспорта), производительность труда в забое составляет всего 8—12 т/чел-смену. Вариант с прямоугольными камерами высотой 12 м и шириной 20 м применяется только на одном руднике, а разработка потолкоуступными забоями — с магазинированием каменной соли, отбитой буровзрывным способом, не обеспечивает более высоких технико-экономических показателей, чем система с трапециевидными камерами.

В будущем для производства различных сортов каменной соли (в сухом виде) предусмотрено внедрение системы разработки короткими камерами (8—12 м), допускающими отработку месторождения в несколько этажей. В этом случае коэффициент извлечения соли увеличится примерно до 40—50%. Поскольку условия для механизации работ благоприятны, предусмотрено применение высокопроизводительного оборудования — ковшовых экскаваторов и самосвалов, благодаря чему производительность труда рабочего по забою достигнет 40 т/чел-смену, соответственно уменьшится и себестоимость продукции.

## § 2. БУРЕНИЕ

**Перфораторы и сверла.** При разработке крутопадающих пластов блоковыми системами ручные перфораторы применяются на проведении подэтажных и буровых штреков малого сечения (до 5 м<sup>2</sup>) и небольшой длины ниш, минных камер, засечек, дучек, в очистных забоях при бурении с навала руды, уступов, настилов, полков, при разработке весьма тонких залежей.

Телескопные перфораторы используются на бурении шпуров при проходке восстающих, рудоспусков небольшой высоты, а также бурении шпуров и скважин верхнего полувеера при разработке линз, тонких залежей и т. п. Колонковые перфораторы применяются в тех же условиях, что и телескопные, но на бурении скважин нижнего полувеера. Ручные телескопные, колонковые перфораторы применяются также на бурении шпуров в узких или низких проходческих и очистных забоях, засечках, рудоспусках при разработке пологих залежей. Ручные и колонковые сверла эксплуатируются в тех же горнотехнических условиях, но при коэффициенте крепости руд  $f$  до 8.

**Самоходные буровые каретки.** При разработке крутопадающих залежей самоходные буровые каретки применяются на проведении горизонтальных подготовительно-нарезных выработок, а также в очистных забоях при вариантах блоковых систем разработок горизонтальными слоями с закладкой. При разработке пологих месторождений блоковыми системами условия применения самоходных буровых кареток те же, что и при камерных системах. Тип каретки принимается в зависимости от параметров выработки и производительности забоя.

**Буровые станки.** Станки для бурения скважин диаметром от 46 до 85 мм применяются в тех горнотехнических условиях, где взрывание скважин большого диаметра по различным причинам нежелательно. Самоходные станки с колонковыми перфораторами используются для бурения большого числа скважин глубиной до 30 м различного направления из буровых выработок. Они могут быть успешно применены при системах разработки длинными блоками с закладкой и выемкой наклонными слоями по простиранию с отбойкой скважинами из подэтажных штреков, системах подэтажного обрушения с выемкой руды вертикальным или наклонным комплектом скважин из подэтажных штреков («шведский» вариант), системах подэтажного обрушения (вариант «закрытый веер») и др.

Если при разработке крутопадающих залежей блоковыми системами не требуется частых перемещений или параметры выработок не позволяют применять самоходные станки, то в этом случае используют станки с колонковыми перфораторами на салазках (БСМ-1м) или на колонках (КБУ-50). Наиболее благоприятными условиями применения этих станков является бурение скважин при системах разработки блоками с отбойкой горной массы из подэтажных штреков, системах с подэтажным обрушением и выемкой руды грушевидными заходками с устройством мата, системах разработки подэтажным обрушением с отбойкой руды глубокими скважинами (горизонтальный веер) на нижнюю компенсационную камеру, системах подэтажного обрушения вариантом «закрытый веер» и др.

Для отбойки руды скважины большого диаметра (от 85 до 160 мм) и глубиной выше 30 м применяют передвижные станки ВШ-145м, ЛПС-3, НКР-100м и СБУ-6. Наибольшее распространение эти станки получили при системах разработки подэтажного обрушения («камеры над дучками»), с отбойкой руды вертикальными слоями в зажатой среде, с этажным принудительным обрушением и отбойкой руды глубокими горизонтальными скважинами на нижнюю компенсационную камеру, с этажным обрушением и отбойкой руды глубокими восходящими (нисходящими) скважинами на вертикальную компенсационную камеру, с этажным обрушением и отбойкой руды восходящими скважинами в «зажатой среде». При последнем варианте могут быть использованы также станки для бурения скважин малого диаметра.

## § 3. ВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

На зарядании шпуров используют переносные пневмозарядчики «Курама-6», «Курама-7м», ЗП-1 и др. Скважины заряжаются доставочно-зарядными машинами типов УЗДМ-1, ЗАС-1, ДЗУ-50, УЗС-1500 и др.

#### § 4. ПОГРУЗКА

**Погрузочные машины.** При разработке крутопадающих залежей блоковыми системами на проходке подготовительно-нарезных выработок могут быть применены малогабаритные ковшовые машины ППН-1г, ППН-2г и легкие машины с нагребными лапами ПНБ-1 и ПНБ-2.

Тяжелые и сверхтяжелые погрузочные машины с нагребными лапами используются на безлюковой погрузке в вагонетки рельсового транспорта (Шерегешский рудник) и на торцовом выпуске руды (шахта «Северо-Песчанская» Богословского рудоуправления). При добыче руд блоковыми системами в пологих залежах упомянутые типы погрузочных машин распространения не получили. Подземные экскаваторы при этой группе систем эксплуатируются только на безлюковой погрузке (Алтын-Топканский рудник).

#### § 5. ДОСТАВКА

**Скреперные установки.** В связи с внедрением самоходных погрузочно-доставочных машин и средств непрерывного транспорта область применения скреперных установок на добыче руд блоковыми системами сужается. Они могут найти применение при разработке наклонных залежей (свыше  $16^\circ$ ), на доставке из обводненных, узких и низких, опасных для длительного пребывания людей забоев, при засечке выработок, при проведении горизонтальных подготовительно-нарезных выработок, т. е. там, где использование самоходных погрузочно-доставочных комплексов невозможно или невыгодно.

**Конвейерные установки.** Ленточные конвейеры при рассматриваемой группе систем применяются главным образом на доставке мягких и сыпучих грузов (марганцевые руды, соль и др.).

**Скребок-конвейеры** с нижней рабочей ветвью и пластинчатые конвейеры могут использоваться на доставке закладочного материала при системе разработки горизонтальными слоями с закладкой, а также на доставке руды по аккумулялирующим выработкам к рудоспускам при системах этажного принудительного обрушения и самообрушения с донным выпуском. В последнем случае начали применять вибрационные конвейеры.

**Вибропитатели** можно применять при различных системах с донным выпуском руды. В этом случае вибропитатели работают непосредственно под выпускной выработкой; дробление негабарита производят на лотке. Один питатель монтируют на одну-две выпускные выработки. Тип вибропитателя выбирается в зависимости от производительности грузопотока, параметра доставочной выработки, кусковатости груза. Питатель типа ВЛ-2 можно устанавливать в нишах скреперного штрека, где он будет работать как побудитель выпуска. Как показала практика, применение этих питателей снижает заторы примерно в 10 раз. С увеличением

выхода негабарита производительность питателей резко снижается. Техническая производительность питателей для конкретных условий находится по изложенной ниже методике. Использование весьма мощных вибропитателей производительностью 700—1000 т/ч окупается, если до износа выпускают не менее 70—100 тыс. т руды. Питатели можно использовать в качестве люковых затворов для погрузки руды в транспортные сосуды. Принцип выбора питателей не отличается от изложенного выше.

На торцовом выпуске руды при системах этажного и подэтажного обрушения сейчас внедряют различные типы вибрационных комплексов. Ниже рассмотрены наиболее распространенные модели этих комплексов.

**Вибрационные комплексы** для поточной технологии выпуска и доставки руды. Одним из наиболее прогрессивных путей совершенствования горных работ является переход на циклично-поточную и поточную технологию.

На многих рудниках Советского Союза, в том числе на рудниках Зыряповского и Лениногорского комбинатов, Высокогорском руднике и рудниках Ново-Кузнецкого металлургического комбината, начали широко применять системы разработок с поточной технологией, где в качестве забойного погрузочно-доставочного оборудования применяют комплексы виброустановок. Применение таких комплексов позволяет автоматизировать процесс выпуска и погрузки руды и применить для доставки конвейерный транспорт. В виброкомплекс механизмов входят питатель, конвейер и грохот. Кроме того, для выпуска руды из дучек или рудоспусков и погрузки ее на виброгрохоты или откаточные сосуды используют виброплощадки и вибролюки. Созданием механизмов виброкомплексов занимаются институты ВНИИцветмет, НИПИгормаш, Гипроникель, ИГД им. А. А. Скочинского, НИГРИ, ИГД СО АН СССР и др.

На рудниках комбинатов Лениногорского и Зыряповского, Салаирском руднике успешно работают виброкомплексы КВВ-2 (табл. 34) института ВНИИцветмет, выпускаемые Востокмаш-заводом. *Комплекс КВВ-2* состоит из питателя ВП-2, конвейера ВР-80 или ВР-100, виброгрохота ВГ-400, а иногда используется виброплощадка ВДПУ-4ТА, выполняющая роль люкового затвора. Питатель, установленный в торце блока, работает под завалом, подавая горную массу на конвейер. Последний монтируется на всю длину аккумулялирующей выработки и транспортирует горную массу на виброгрохот, расположенный над рудоспуском. Негабаритные куски руды размером в ребре до 1,2 м доставляются до грохота, где их дробят накладными зарядами. Куски более 1,2 м взрываются на питателе. После выпуска руды отбитого слоя демонтируют одну или две секции конвейера, укладывают их на лоток и доставляют к месту разгрузки с помощью конвейера. Питатель посредством тягального устройства и собственных вибраций перемещается в новое положение.

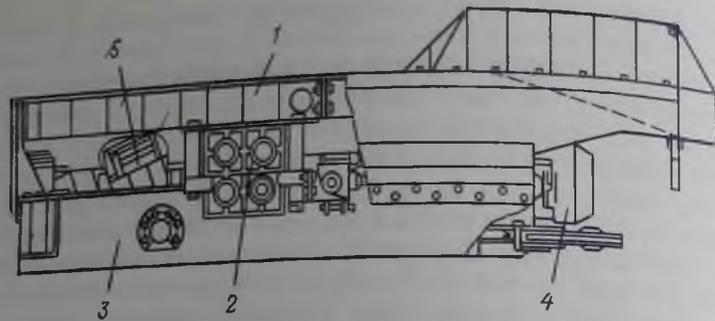


Рис. 50. Вибропитатель ВП-2:

1 — транспортная площадка; 2 — вибратор; 3 — корпус; 4 — электродвигатель; 5 — амортизатор

Вибропитатель ВП-2 (рис. 50) предназначен для торцового выпуска руды из-под завала и погрузки ее на конвейер при системах подэтажного и этажного обрушения.

В комплексе используется вибратор инерционного типа, работающий по принципу самобаланса.

Виброконвейер ВР-80 (рис. 51) предназначен для доставки крупнокусковой и абразивной руды от питателя до виброгрохота; устанавливается в сторону грузопотока под углом 6—8° к горизонту. Желоб состоит из отдельных секций, соединенных между собой болтами. Колебательное движение желобу сообщается шатунно-кривошипным механизмом, соединенным клиноременной передачей с двигателем. Опорные подшипники эксцентрикового вала вместе с шатунами и шкивом установлены на желобе. В выработке конвейер раскрепляется посредством распорных колонок. В последнее время разработан более производительный виброконвейер ВР-100.

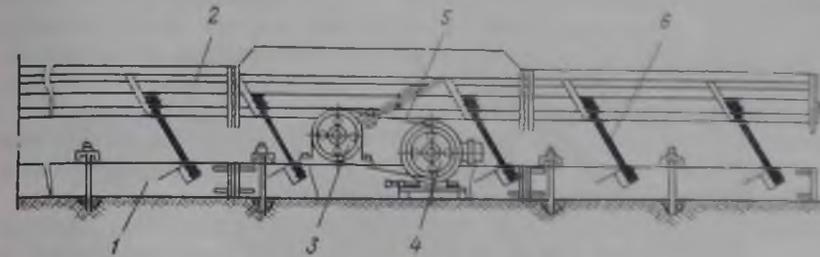


Рис. 51. Виброконвейер ВР-80:

1 — рама; 2 — транспортирующий желоб; 3 — шатунно-кривошипный механизм; 4 — электрический двигатель; 5 — ремённая передача; 6 — упругие элементы

Виброгрохот ВГ-400 (рис. 52) используется для грохочения и накопления негабарита с последующим дроблением кусков взрывным способом.

Виброплощадка ВДПУ-4ТА (см. рис. 73) состоит из трех частей: платформы, вибратора и электродвигателя. Она монтируется в специальной выпускной камере, которая проходит перпендикулярно откаточному штреку под углом 17—25° и на высоте 2—2,5 м от головки рельсов. Платформа укладывается на специальные амортизаторы и брус; конец ее шарнирно закрепляется посредством анкеров к почве выработки.

С применением виброкомплексов КВВ-2 производительность труда рабочего на выпуске достигает 500—600 т/смену.

Институт НИПИГормаш создал комплекс машин для торцового выпуска и поточной доставки руды при системах этажного и подэтажного обрушения, а также рудничный вибрационный конвейер МВЭ-1. Упомянутый комплекс вибрационных машин включает в себя передвижной питатель ВПП-2 и конвейер ВКВ-8. Комплекс вибромеханизмов прошел испытание на шахте «Капитальная» № 2

Таблица 34

Параметры	Элементы виброкомплекса КВВ-2			
	ВП-2	ВР-80	ВГ-400	ВДПУ-4ТА
Производительность, т/ч	250	250	300	250
Грузовесущая способность, тс	100	—	20	20
Возмущающая сила, тс	10—14	—	5	4
Мощность, кВт	40	—	10	10
Длина на один привод, м	—	30	—	—
Габариты, мм				
длина	5350	2030	5300	4500
ширина		(секции)		
высота	1600	1034	1840	1200
Масса, т	1300	850	800	240
	10,3	7,5	5,7	3

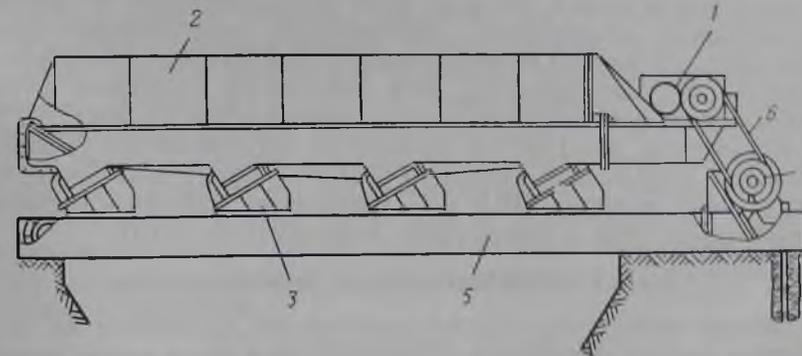


Рис. 52. Виброгрохот ВГ-400:

1 — вибратор; 2 — лоток; 3 — резиновые упругие элементы; 4 — электродвигатель; 5 — опорная рама; 6 — клиноременная передача

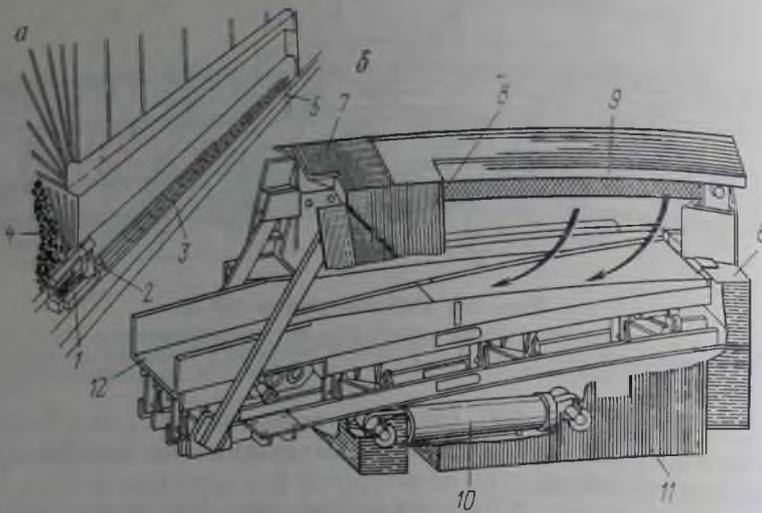


Рис. 53. Щитовой комплекс НИГРИ:

*a* — размещение в выработке; *b* — детали щита; 1 — пит; 2 — питатель ПР; 3 — конвейер КВ; 4 — отбитая руда; 5 — рудоспуск; 6 — рама; 7 — арочное перекрытие; 8 — боковые колонны; 9 — основное перекрытие; 10 — гидравлические домкраты; 11 — боковые тумбы; 12 — вибрационный питатель

Дегтярского рудника при отработке блока системой подэтажного обрушения. Средняя производительность комплекса составила 200 т/ч, максимальная — 350 т/ч. За период испытаний из блока было выпущено 8500 т руды. Общая длина передвижения питателя составила 30 м.

На Дзержинском руднике Кривбасса на загрузке вагонов из люков применяются вибропитатели ВПР-4м с дистанционным управлением. Они по конструкции сходны с виброплощадками ВДПУ-4ТА.

Институт НИГРИ создал щитовой комплекс, позволяющий производить выпуск и доставку руды непосредственно из навала, одновременно поддерживая призабойное пространство. Комплекс (рис. 53) прошел промышленные испытания на шахте «Саксагань» РУ им. Дзержинского. При испытаниях доставлено около 5 тыс. т руды при среднесменной производительности 218 т.

Институтом ВостНИГРИ разработан погрузочно-доставочный комплекс ПДКН для торцового выпуска руды, состоящий из погрузочной машины ПНК-4 с черпающим заборным органом конвейерного типа и самоходного перегружателя СКП.

#### РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВИБРОКОМПЛЕКСОВ

Обычно техническую производительность принимают из паспортных данных комплексов. Если требуется более точное значение производительности для конкретных условий, то ее находят по формуле

$$Q = 3600 B h v k_n k_d \gamma, \text{ т/ч,}$$

где  $B$  — ширина лотка, м;  $h$  — установленная высота транспортируемого слоя, м;  $v$  — скорость транспортирования, м/с;  $k_n$  — коэффициент неравномерности выпуска;  $k_d$  — коэффициент, зависящий от длины установки.

Ширина лотка  $B$  выбирается в зависимости от кусковатости материала, заданной производительности установки и на практике колеблется в пределах  $1,2 \div 1,6$  м.

$k_n$  принимается равным  $0,5-0,8$ , зависит от гранулометрического состава и влажности выпускаемой горной массы. Нижний предел берется для мелких, влажных и длинных грузов.

Значения  $k_d = 1,1 \div 1,4$  берутся для питателей, длина которых не выходит за пределы конуса развала насыпного груза.

$h$  по экспериментальным данным принимается равной  $0,3-0,5$  м. Меньшие значения соответствуют большему значению скорости доставки.  $v = A \omega \cos(\alpha - \beta) k_n$ , мм/с, где  $\alpha$  и  $\beta$  — углы вибрации и наклона лотка, градус;  $k_n = 0,60 \div 0,85$  — коэффициент проскальзывания груза на лотке;  $A = 5 \div 7$  мм — амплитуда колебаний;  $\omega$  — частота вибрации, 1/с.

Практикой установлено, что для питателей с самобалансным вибратором и длиной доставки  $4-7$  м рациональная область частот лежит в пределах  $95-135$  1/с;  $\beta = 30 \div 40^\circ$ .

#### § 6. ПОГРУЗОЧНО-ДОСТАВОЧНЫЕ МАШИНЫ

Погрузочно-доставочные машины при блоковых системах разработки в последнее время находят более широкое применение.

Легкие ПДМ (МПДН-1, ПДН-2, ПДВ-2, СТ-2А, СТ-3 и др.) в комплексе с малогабаритными самоходными буровыми каретками используют на проведении горизонтальных и наклонных подготовительно-нарезных выработок. Однако сейчас на зарубежных рудниках для пропуска крупногабаритных самоходных машин подготовительно-нарезные выработки проходят большого сечения ( $3,9 \times 3,3$  м), крепятся они торкрет-бетоном или штанговыми болтами. Для перемещения самоходных агрегатов с подэтажа на подэтаж проходят наклонные (до  $11^\circ$ ) штреки сечением  $3,9 \times 3,9$  м с арочной крепью. В этих случаях на проходке применяют тяжелое самоходное дизельное оборудование: буровые каретки «Универсал Джумбо» с тремя перфораторами или двухперфораторные каретки «Параматик», ПДМ СТ-4 и СТ-5А. Легкие ПДМ также работают в забоях маломощных залежей разрабатываемых системами горизонтальными слоями с закладкой.

Тяжелые дизельные ПДМ нашли применение на торцовом выпуске при системах этажного и подэтажного обрушения, а также при разработке мощных залежей системами горизонтальными слоями с закладкой.

#### § 7. КРЕПЛЕНИЕ И ЗАКЛАДКА

Машины для крепления выработок применяются те же, что и при этажно-камерных системах разработки.

Блочные системы с обрушением выработанного пространства	Машины для подготовительно-нарезных работ		
	бурения	заряжания	доставки
1. Выемкой длинных блоков-столбов парными заходками	Отбойка комбайнами ПК-8, ПК-9 и др.	ПД-5, МПДН-1, ПДН-1	
2. Слоевого обрушения с выемкой парными заходками	Самоходные малогабаритные каретки со сверлами или перфораторами	Переносные пневмозарядчики «Курма-7м», ЗП-1 и др.	Погрузочно-доставочные машины МПДН-1 и др.
3. Слоевого обрушения с выемкой руды спаренными заходками	СБКН-2п, КВШ-м	«Курама-7м», ЗП-1 и др.	МПДН-1 и др.
4. Подэтажным обрушением: а) с выемкой руды горизонтальными заходками и устройством мата	То же	То же	То же
б) с расположением камер над дучками	То же	То же	То же
в) вариантом «закрытый шур»	То же	То же	То же

Таблица 35

нарезных работ		Машины для очистных работ			
крепления	проходки восстающих	бурения	заряжания	погрузки	доставки
Крепёж-укладчики. Переносные аппараты для штабного крепления	КПВ-1А или буросблочные машины	Отбойка комбайнами или молотками	ПД-5, ПД-8		Скребок-вые или ленточные конвейеры
Переносные аппараты для штабного крепления	КПВ-1А или буровые установки на полное сечение	То же, что и на подготовительно-нарезных работах			
То же	То же	То же, что и на подготовительно-нарезных работах			
То же	То же	КБУ-50, СВМ-1 или малогабаритные самоходные станки	Зарядно-доставочные машины ЗДУ-50 и др.	Вибропитатели в дучках	ИДМ, ПДН-2, ПД-5
То же	То же	БШ-145м	УЗДМ-1	То же	ПД-5, ПД-8. Вибрационные, пластинчатые или скребковые конвейеры
ПН-1, ВМ-60, НВП-1	КПВ-1 или КПВ-1А	Малогабаритные самоходные станки	ЗДУ-50	То же	То же

Блочные системы с обрушением выработанного пространства	Машины для подготовительно-нарез		
	бурения	заряжания	доставки
г) с отбойкой руды глубокими скважинами на нижнюю компенсационную камеру	СБКН-2п, КВШ-м	«Курама-7м», ЗП-1 и др.	МПДН-1, и др.
д) с отбойкой руды вертикальными слоями в зажатой среде	Самоходные каретки II и III типоразмеров (БК-2Д и др.)	То же	Легкие погружно-доставочные машины (МПДН-1, МПДН-2 и др.)
е) с торцовым выпуском руды	То же	То же	То же
5) Этажного обрушения: а) с самообрушением	Самоходные каретки II, III и IV типоразмеров (БК-2Д и др.)	То же	ПД-5, ПД-8
б) с принудительным обрушением и отбойкой руды горизонтальными глубокими скважинами	То же	То же	То же
в) с отбойкой руды глубокими восходящими (нисходящими) скважинами и безлюковой погрузкой	То же	То же	То же
г) с отбойкой руды восходящими скважинами в «зажатой среде»	То же	То же	То же
д) с отбойкой руды нисходящими скважинами в «зажатой среде»	То же	То же	То же

ных работ		Машины для очистных работ			
крепления	проходки восстающих	бурения	заряжания	погрузки	доставки
ПН-1, БМ-60, ПБМ-1	КПВ-1 или КПВ-1А	БШ-145м, НКР-100м, СБУ-6 и др.	УЗДМ-1	Вибропитатели в дучках	ПД-5, ПД-8. Вибрационные, пластинчатые или скребковые конвейеры
То же	То же	Самоходные станки с колонковыми перфораторами	ЗДУ-50 или УЗДМ-1	То же	То же
То же	То же	То же	То же	Вибрационные комплексы КВВ-2 и др.	
То же	То же	БШ-145м, НКР-100м, СБУ-6	УЗДМ-1	Вибропитатели в дучках	Вибрационные, пластинчатые или скребковые конвейеры, скреперные установки
То же	То же	То же	То же	То же	
То же	То же	То же	То же	ЭП-1, ПНБ-4, ПНБ-3Д в вагоны рельсового транспорта	
То же	То же	То же	То же	Вибропитатели в дучках	Вибрационные, пластинчатые или скребковые конвейеры, скреперные установки
То же	То же	То же	То же	Виброкомплексы КВВ-2 и др. при торцовом выпуске	

Для доставки закладки в выработанные пространства при одностадийной выемке с закладкой применяют скребковые конвейеры, а в последнее время самоходные ПДМ или челночные вагоны.

При разработке залежей горизонтальными слоями с закладкой в зависимости от горнотехнических условий могут быть использованы: шахтные вагонетки или реже конвейеры на вышележащем откаточном горизонте для спуска закладочного материала в очистное пространство, скреперные лебедки мощностью от 30 до 100 кВт, ПДМ или челночные вагонетки II—III и IV типоразмеров, конвейерные установки (при разработке крутых жил мощностью до 2—3 м), качающиеся секционные конвейеры.

При определенных горнотехнических условиях может применяться гидравлическая закладка.

## § 8. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ И РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

Для подъема и спуска из подэтажных выработок машин, агрегатов, материалов вертикальные и наклонные восстающие оборудуются подъемными или тягальными лебедками. Доставка людей и предметов небольших размеров и веса осуществляется по восстающим в лифтах или по монорельсовой дороге. Для доступа самоходных машин в забои подэтажных выработок и на основной горизонт для загрузки, заправки и ремонта в подземных мастерских подэтажные выработки соединяются наклонными съездами под углом не более 16°.

## § 9. СОСТАВ КОМПЛЕКСОВ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ БЛОКОВЫХ СИСТЕМАХ

Традиционные средства механизации работы (перфораторы, скреперные лебедки) в очистных забоях при блоковых системах на многих рудниках заменяются сейчас самоходными машинами и конвейерами.

Возможные комплексы для механизации работ в очистных и подготовительно-нарезных выработках приведены в табл. 35. Расчет различных средств механизации осуществляется теми же методами, которые изложены выше.

Для механизации отбойки и погрузки марганцевых руд в очистных и подготовительных выработках при мощности пластов 1,7—2,75 м на шахтах Никопольского марганцевого бассейна институт Гипрорудмаш создал забойный комплекс, в который входят комбайн МБЛД и транспортный комплекс КЛЗС. Руда от комбайна доставляется транспортным комплексом КЛЗС, состоящим из двух секционных переносных забойных конвейеров, штрекового конвейера-перегрузателя и механизма перемещения. Производительность КЛЗС по марганцевой руде составляет 140 т/ч. Комплекс работает совместно со штрековым ленточным

конвейером Л-65. Отличительной особенностью конвейера Л-65 является наличие двух направляющих прогонов, по которым перемещается тележка для доставки материалов. Комплекс КЛЗС и конвейер Л-65 выпускаются Артемовским машиностроительным заводом.

Для комплексной механизации очистных работ при разработке марганцевых руд в Чинатурском бассейне институтами Гипроуглемаш, Гипрорудмаш и трестом Чинатурмарганец создан комплекс ОКМР, состоящий из гидрофицированной крепи 2М-81ЭМ, скребкового конвейера КМ81-02Б, очистного комбайна КШ-1КГ и ленточного перегружателя ПЛМ-1 (см. рис. 45).

### Техническая характеристика комплекса ОКМР

Условия применения:	
Мощность разрабатываемого пласта, м	1,8—3,2
Угол падения пласта, градус	До 15
Длина лавы, м	До 60
Механизованная крепь	2М-81ЭМ
Диапазон раздвижки крепи, мм	2210—3410
Шаг передвижения секции крепи, мм	630
Средняя масса крепи 2М-81ЭМ со щитами и кронштейнами, кг	30 600
Комбайн	КШ-1КГ
Диапазон регулирования высоты исполнительного органа, мм	2200—3000
Номинальная ширина захвата, м	0,63
Диаметр шнека по резцам, мм	1600
Скорость подачи, м/с	0,3—0,6
Максимальное тяговое усилие, тс	18
Номинальная мощность привода, кВт	105
Габариты, мм:	
длина	7065
ширина	960
высота	1480
Масса, кг	13530
Скребокый конвейер	КМ-81-02Б
Производительность, т/ч	150
Число цепей	3
Разрывное усилие одной цепи, кгс	41 000
Скорость движения цепи, м/с	0,8
Тип двигателя	ЭДКОФ-42/4
Мощность, кВт	45
Число двигателей	2
Ленточный перегружатель:	
Производительность, т/ч	150
Скорость ленты, м/с	1,1
Ширина ленты, мм	800
Число электродвигателей	2
Тип электродвигателя	КОФ-12-4
Мощность, кВт	11х2
Напряжение, В	380
Габариты, мм:	
длина	35 000
ширина	1430
высота	1630
Масса, кг	7160

## КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ РАЗРАБОТКИ

### § 1. ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ

Сущность комбинированных систем (тип Г) состоит в том, что этаж по длине делится систематически на камеры и целики, которые разрабатываются различными системами. Горные работы в этаже ведутся в две стадии. В первой стадии работ осуществляется выемка камер, во второй — целиков. При отработке камер применяются высокопроизводительные экономичные системы, что улучшает эффективность разработки месторождения в целом. При малой мощности залежи целики — это столбы, при большой — массивные блоки. Поэтому в первом случае систему нередко называют камерно-столбовой, во втором — камерно-блоковой.

В горнорудной промышленности комбинированные системы в основном применяются при разработке мощных и весьма мощных рудных тел. При отработке камер используются различные способы выемки и управления кровлей в зависимости от устойчивости полезного ископаемого и боковых пород. В практике встречается большое многообразие этих способов. Однако управление кровлей при выемке целиков ограничено лишь некоторыми из них (закладкой, креплением и закладкой, обрушением кровли, иногда креплением кровли штавгами). Это позволяет различные формы комбинированных систем разделить на четыре класса по признаку управления кровлей при выемке целиков. Так как методы разработки камер отличаются от таковых при выемке целиков, то в классификации, когда это необходимо, приводятся полные символы этих систем. Если принадлежность видов и вариантов систем к тому или другому классу очевидна, то в классификации записываются лишь символы видов и индивидов систем.

К группе систем Г II относятся варианты комбинированных систем с частичной закладкой. Работы осуществляются в две стадии. В первой стадии ведется выемка камер с последующей их закладкой твердеющим материалом или бетоном, во второй стадии отрабатываются целики открытым забоем (иногда) с крепле-

нием кровли болтами. Камеры могут располагаться вкрест простирания или по простиранию. Способы выемки камер те же, что и при камерно-столбовой системе с открытым выработанным пространством. При их применении могут использоваться для отбойки ручные перфораторы, переносные станки и самоходные каретки. Для выполнения погрузочно-доставочных операций находят применение скреперные установки, самоходные погрузочные, транспортные и погрузочно-доставочные машины.

При комбинированных системах с закладкой (Г III) камеры отрабатываются с открытым выработанным пространством и после их закладки выпимаются целики. Такая отработка возможна при большой крепости руды и вмещающих пород, допускающих обнажение без крепления в период производства очистных работ. Реализация этого условия возможна в редких случаях. Поэтому данные системы используются не часто. Классическим районом применения этих систем является рудник «Норанда» (Канада). Этой системой на руднике «Норанда» разрабатывают штокообразную залежь медной руды, содержащей золото, с устойчивой рудой и вмещающими породами, сравнительно малой площадью, ввиду чего выработки не крепятся.

Месторождение разбивается на камеры и целики. На всю глубину от поверхности до нижнего горизонта оставляется главный продольный целик шириной 12 м. Верхнее рудное тело на каждом горизонте разделяется на камеры, расположенные вкрест простирания, шириной 14 м и целики шириной 11 м. В нижнем рудном теле кроме главного продольного целика оставляют поперечный главный целик шириной 18 м, в результате чего площадь месторождения разбивается на четыре участка, в границах которых отрабатываются камеры шириной по 18 м и целики по 12 м. Высота этажа 76—79 м.

С появлением мощных колонковых перфораторов была внедрена отбойка веерными комплектами скважин из подэтажных штреков. Затем на руднике стала применяться система подэтажных штреков с отбойкой руды глубокими скважинами, пробуренными станками алмазного бурения. На каждом подэтаже в середине главного продольного целика пройдены штреки сечением  $2,1 \times 1,2$  м, из которых на границе камеры и целика до контакта рудного тела проведены буровые подэтажные орты сечением  $2,1 \times 2,1$  м.

Выемку камеры ведут в направлении от границ рудного тела к главному продольному целику. Расстояние между комплектами веерных скважин 1,8 м, диаметр скважин 30—40 мм. Высота подэтажа 21 м, высота камеры 53 м, ширина 18 м, иногда в зависимости от условий ее довели до 36 м.

Руду выпускают через грохоты с расстоянием между колосниками 500 мм. После выемки камеры в дучках сооружают перемычки и камеру закладывают, для чего в потолочине проходят закладочные восстающие.

Целики отрабатывают через несколько месяцев после закладки камер системой наклонных слоев с закладкой. За это время закладочный материал достаточно уплотняется, приобретая устойчивость, что позволяет вести очистные работы в целиках без крепления. Целики разделяют на панели шириной до 4,5 м. Первая панель примыкает к ранее отработанному и заложеному пространству. На границе со следующей панелью до вышележащего горизонта проходят два закладочных восстающих, а также ходовой восстающий и рудоспуск, закрепленные срубовой крепью. После отработки первой панели, на всю высоту приступают к отработке второй, а затем — третьей. Высота слоев 2 м, угол наклона 20°. Этот способ обеспечивает высокое извлечение целиков.

При разработке пологопадающих залежей ценных руд с неустойчивой кровлей очистные работы также могут вестись в две стадии. Сначала разрабатываются камеры (вкрест простирания или по простиранию) с закладкой твердеющим материалом, затем осуществляется выемка целиков с гидравлической или сухой закладкой. Способы выемки и применяемые машины те же, что и при системах группы Г I. К этой группе относятся еще четыре системы разработки, которые по применяемой механизации производственных процессов аналогичны вышеописанной системе.

**Группа комбинированных систем с креплением и закладкой (ГV)** отличается разнообразием способов выемки камер и целиков.

*Комбинированная система этажно-камерной разработки вкрест простирания с открыто-подэтажной выемкой из ортов и отработкой целиков горизонтальными слоями по падению с выемкой горизонтальными заходками с креплением и закладкой.* Нарезные выработки в целиках проводят в период, начиная от нарезки блока и кончая массовым обрушением. Поэтому одновременно с очистными работами в камерах осуществляют проходку выработок. Выемка целиков включает одновременное массовое обрушение их на всю высоту этажа на открытые камеры и последующий выпуск руды. Одновременно обрушают целики двух — пяти блоков. Для обрушения применяют скважинные и сосредоточенные заряды в различных сочетаниях с применением короткозамедленного взрывания. В последнее время более широко применяют скважинное обрушение. Толщина междукамерных целиков при ширине блоков 26—27 м составляет 10—12 м. Иногда, в случае менее устойчивых руд, она увеличивается до 15—16 м при соответствующем уменьшении ширины камер. Длина междукамерных целиков при расположении блоков вкрест простирания равна мощности рудного тела.

Выемка целика нередко производится системой подэтажного обрушения (вариант «камера над дучками» или вариант «закрытый веер»). Иногда для выемки междукамерных целиков применяют систему слоевого обрушения. Потери руды при выемке целиков подэтажным обрушением составляют 20—35%, слоевым — 5—10%. При мощности залежи более 20—25 м камеры располагаются

вкрест простирания с открыто-подэтажной выемкой из ортов. Междукамерные целики при этом вынимаются после отработки потолочины слоевым или подэтажным обрушением. Иногда применяют массовое обрушение междукамерных целиков глубокими скважинами одновременно с обрушением потолочины. Такая система массового обрушения целиков снижает себестоимость их выемки, сокращает время отработки целиков. Однако потери руды здесь доходят до 50%, разубоживание — до 20%.

В описанных комбинированных системах разработки могут применяться различные способы отбойки, выпуска руды, погрузки и доставки ее до пунктов транспортирования при выемке камер и целиков. В соответствии с горнотехническими условиями разработки месторождений могут применяться самоходные буровые, погрузочные, транспортные и погрузочно-доставочные машины. При отсутствии условий для применения самоходных машин используются ручные перфораторы, скреперные и вибрационные установки или комбинации самоходных машин и несамоходного инструмента и установок.

На Белоусовском руднике при разработке горизонтальными слоями с закладкой рудный массив междукамерного целика изолируется от заложеной камеры костровой крепью, наращиваемой по мере подвигания очистных работ. Междукамерные целики шириной 9—12 м из буровых камер разбуривают станком БУ-70 по сетке 1,7 × 1,7 м скважинами диаметром 70 мм, длиной 8—12 м и взрывают одновременно на всю высоту. Руду выпускают через люки с помощью вибрационных установок или через дучки с последующей доставкой скреперной лебедкой. При наличии выделенных участков целик отрабатывается частями.

Вторая Риддерская залежь представлена перемежающейся толщей тонкослоистых алевролитов серицито-глинисто-углистого и глинистого состава. Полиметаллические руды, приуроченные к этим породам, состоят из прослоев сплошных сульфидов мощностью от 1 до 8 м. Висячий бок месторождения представлен глинистыми алевролитами светло-серого цвета, лежащий — перемежающейся толщей серицитовых микрокварцитов. Мощность рудного тела колеблется от 2 до 18 м, угол падения, выходящая с глубиной, изменяется от 50—60 до 20°. Вмещающие породы и руды сравнительно устойчивы, их крепость колеблется от 4 до 12.

Разработка залежи ведется в два этапа. В первую очередь отрабатываются камеры через каждые 7 м с последующей закладкой пустот бетоном. Затем отрабатываются междукамерные целики с заполнением пустот гидросмесью.

Подготовка камер к отработке зависела от угла падения рудной залежи. На участках рудного тела с углом падения 35° и выше из подэтажных (аккумулирующих) скреперных выработок проходили соединяющиеся поверху ходовые и выпускные дучки. От выпускной дучки по восстанию рудного тела к его лежащему

боку по центру камеры проходили буровой восстающий до сбойки с выработками вышележащего горизонта, массив руды разбуривали перфораторами ПТ-36 (скважины диаметром 76 мм) и станками ЛПС-3м с пневмударниками (диаметр скважин 105 мм). Сетка скважин  $1,5 \times 2$  и  $2 \times (2 \div 2,5)$  соответственно при перфораторном и пневмударном бурении. Руда выпускалась через дучки и доставлялась скреперами к рудоспускам.

## § 2. ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗАЦИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КОМБИНИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ

Разработка месторождений комбинированными системами отличается высокой эффективностью первой стадии и в связи с изменениями горнотехнических условий низкой эффективностью второй стадии. Иногда средства механизации, использованные в первой стадии работ, применяются и во второй. При проведении нарезных выработок обычно применяют ручные перфораторы и скреперные установки. В последнее время начали внедряться малогабаритные самоходные каретки и погрузочные машины.

При разработке мощных залежей открытыми камерами с оставлением временных целиков последние иногда вынимаются системами с этажным обрушением с помощью скважин или сосредоточенных зарядов. В отличие от камер, целики разбуривают, как правило, скважинами большого диаметра. Такие скважины меньше искривляются.

Для обуривания целиков глубокими скважинами используются станки шарошечного и пневмударного бурения (БШ-145 м, НКР-100м, СБУ-6). Днище вышележащего блока частично разбуривают станками КБУ-50, колонковыми или телескопными перфораторами.

Средства бурения, зарядания, взрывания, погрузки и доставки при выемке целиков выбирают в зависимости от принятой системы разработки. При средней мощности залежей подготовительно-нарезные выработки в целиках, а также бурение скважин ведутся теми же комплексами машин, что и при отработке камер.

Потолочину камер обуривают скважинами большого диаметра посредством шарошечных или пневмударных станков (БШ-145 м, НКР-100м, СБУ-6 и др.) из буровых выработок, пройденных заранее в межкамерных целиках с применением тех же средств механизации работ, что и на проведении выработок в камерах. После выпуска руды, отбитой из потолочины, из тех же буровых выработок разбуривают часть верхнего целика штанговыми скважинами. Для этого используют станки с колонковыми перфораторами (КБУ-50, СБМ-1 и др.) или алмазного бурения.

При разработке целиков системами слоевого обрушения, с закладкой, с креплением и закладкой могут быть использованы малогабаритные самоходные каретки, погрузочные машины в соче-

тании с доставочными машинами, погрузочно-доставочные машины и крепеукладчики. При малых мощностях залежи иногда используются ручные перфораторы и скреперные лебедки. Восстающие проходят с помощью полков КШВ-1 или КШВ-1А. При отработке целиков системами массового обрушения бурятся скважины большого диаметра на всю высоту целика посредством шарошечных или пневмударных станков (БШ-145м, НКР-100м, СБУ-6 и др.). За рубежом для бурения скважин малого диаметра используют станки алмазного бурения. Выпуск руды — донный. Доставка осуществляется скреперными лебедками, вибрационными или скребковыми конвейерами.

При разработке целика системой поэтажного обрушения могут быть использованы телескопные и колонковые перфораторы, установки КБУ-50 или станки НКР-100м, самоходные буровые каретки СБKH-2ц, СБУ-2м, погрузочные машины в сочетании с доставочными машинами, ПДМ и конвейеры. При разработке очень мощных крутых залежей крепких руд нередко применяют этажно-камерную систему с применением твердеющей закладки и последующую выемку целиков также с закладкой. При этом отбойку осуществляют веерными комплектами скважин диаметром 100 мм, которые бурят станками НКР-100м или СБУ-6 спизу вверх из орта, пройденного в основании целика.

Пологие и наклонные залежи с устойчивой кровлей отрабатываются на полную мощность камерно-столбовой или этажно-камерной системой. Целики в этих случаях отрабатываются с использованием тех же средств механизации, что и при основных системах.

МЕХАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

§ 1. ЗАРЯЖАНИЕ ШПУРОВ

Машины для заряжания классифицируют по назначению; типу и конструкции зарядного устройства зарядчика; количеству зарядчиков на машине; типу ходовой части; виду привода.

По назначению зарядные машины делятся на две группы: для шпуров и скважин.

При заряжании как шпуров, так и скважин применяются пневматические зарядчики, которые по принципу действия разделяются на эжекторные, нагнетательные и нагнетательно-эжекторные. Для заряжания шпуров используются пневмозарядчики ранцевые (табл. 36), на тележках или на самоходных пневмоколесных шасси, которые имеют электрический и пневматический приводы.

В горнорудной промышленности СССР эксплуатируются в основном переносные пневмозарядчики. В последнее время было создано несколько самоходных машин, в том числе машина

Таблица 36

Параметры	«Курама-6»	«Курама-7м»	ППЗ-2	ЗП-1
	Принцип действия	Эжекторный		Пистолетный эжекторный
Глубина шпуров, м	2,5	3	5	5
Угол наклона шпура, градус	0—360	0—60	0—360	0—360
Рабочее давление воздуха, кгс/см <sup>2</sup>	5—7	5—7	5—6	5—6
Емкость бункера, кг	18—20	5—8	Любая	0,5—2,0
Плотность заряжания, г/см <sup>3</sup>	1—1,15	1—1,15	1—1,15	1,1—1,2
Производительность, кг/мин	6	15	4—7	6—8
Масса, кг	4,2	2,2	1,5	17
Количество обслуживающего персонала	1	1	1	2

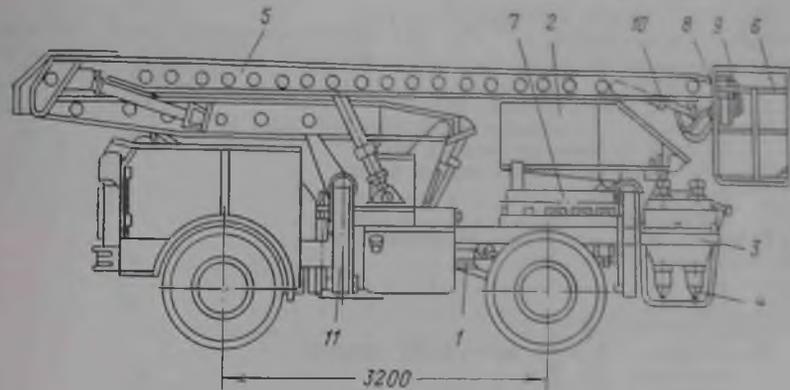


Рис. 54. Зарядная машина ПМЗШ-2

ПМЗШ-2 конструкции Джезказганского горно-металлургического комбината им. К. И. Сатпаева.

Машина ПМЗШ-2 (рис. 54) состоит из самоходной транспортной базы 1 на пневмошинном ходу (шасси автомобиля МАЗ-501), загрузочного бункера 2, промежуточного бункера 3 с батареей пневмозаряжающих устройств 4 и подъемно-поворотного механизма 5 с рабочей кабиной 6, пультов (основного 7 и дублирующего 8) управления работой подъемно-поворотного механизма и заряжающих устройств, дополнительного поворотного устройства 9, гидравлического корректора 10 и опоры устойчивости 11. В качестве пневмозаряжающего устройства применены с некоторыми конструктивными изменениями нагнетательный зарядчик с дозирующим устройством (порционный зарядчик ЗП-1).

Подъемно-поворотный механизм, домкраты устойчивости и загрузочный бункер гидрофицированы и работают от маслостанции с пневмоприводом от шахтной сети или от маслостанции с приводом от двигателя автомобиля. Пульты управления подъемно-поворотным механизмом и пневмозаряжающим устройством дублированы и расположены в рабочей кабине и на раме автомобиля. Гидравлическая система дублирована: НШ-32 с приводом от дизеля и насос НШ-10 с приводом от пневмодвигателя 5. л. с. На двигателе ЯМЗ-236 установлена комбинированная система газоочистки: каталитический нейтрализатор НКД-180 и жидкостная система.

Техническая характеристика ПМЗШ-2

Максимальная высота от почвы до пола полка, м	10
Грузоподъемность полка, кг	300
Размер полка в плане, мм	800×800
Угол поворота стрелы в горизонтальной плоскости в каждую сторону, градус	180
Емкость основного бункера, м <sup>3</sup>	0,93

Емкость рабочего бункера, м <sup>3</sup> . . . . .	0,15
Фронт зарядания, м:	6
на высоте 10—12 м . . . . .	8
на высоте 7—8 м . . . . .	25
Диаметр зарядного рукава, мм . . . . .	250
Техническая производительность зарядки (при работе двух пневмозарядчиков), кг/ч . . . . .	До 40
Скорость передвижения машины, км/ч:	5
без нагрузки . . . . .	
с нагрузкой . . . . .	
Габариты в транспортном положении, м:	
длина . . . . .	7,80
ширина . . . . .	2,85
высота . . . . .	2,80
Масса, кг . . . . .	11 377
Угол съезда (с полной нагрузкой), градус:	
передний . . . . .	30
задний . . . . .	24
Наибольший уклон почвы, на котором разрешается работа машины, градус . . . . .	6

В настоящее время машина ПМЗШ-2 широко эксплуатируется на рудниках Джезказганского горно-металлургического комбината.

## § 2. ЗАРЯЖАНИЕ СКВАЖИН

Для зарядания скважин применяются специальные пневмозарядчики, из которых наиболее распространены БПЗ-4м, БПЗ-4 и зарядная машина МЗ-1 Казахского политехнического института им. В. И. Ленина, зарядно-доставочные машины УЗДМ-1 и УЗДУ-50, установки УЗС-1500 и ЗМБС-2 института НИПИГормаш. Машины УЗС-1500, ЗДУ-50 и УЗДМ-1, выпускаются Карпинским машиностроительным заводом (табл. 37).

**Универсальная зарядно-доставочная машина УЗДМ-1** конструкции НИПИГормаша предназначена для зарядания веера скважин диаметром 105 мм при системах подэтажного, этажного и блокового обрушения. Применение машины УЗДМ-1 позволило довести объем механизированного зарядания на рудниках комбината «Апатит» в 1972 г. до 97%.

Технология зарядания скважин (рис. 55) заключается в следующем. Машину 1 после доставки в рабочий блок снимают с рельсовых путей и размещают в стороне с тем, чтобы по рельсовому пути выработки 2 можно было подать к ней вагоны 3 со взрывчаткой. По восстающему 4 прокладывают доставочный трубопровод 5, к которому на горизонте зарядания присоединяется распределитель 6 потока ВВ; от последнего параллельно к двум скважинам 7 прокладываются зарядные трубы 8. Очередность зарядания скважины: вводят инициирующий заряд 9 с ДШ, в устье скважины размещают уплотнитель 10 с фильтром 11 вместе с трубой 8. Затем скважину заполняют потребным количеством ВВ, после чего распределитель потока переключают и подают ВВ без перерыва во вторую скважину. В это же время

Рис. 55. Технологическая схема зарядания скважин машиной УЗДМ-1

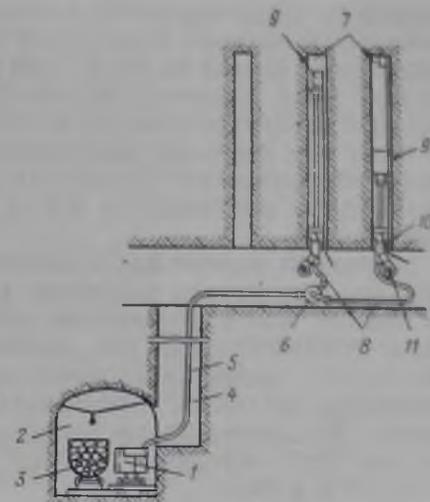


Таблица 37

Параметры	УЗДМ-1	ЗАС-1	ЗМБС-2
Диаметр заряжаемых скважин, мм	105	До 214	60—160
Глубина, м	До 50	До 70	До 50
Угол наклона скважин к горизонту, градус	Любой	45—90	0—360 (Ø скв 105 мм) До 50 (Ø скв свыше 105 мм)
Дальность транспортирования, мм:			
по горизонтали	300	—	250
по вертикали	100	—	100
Пропроводимость питателя, т/ч	12 техниче- ская	4 т/смену эксплуата- ционная	6 техниче- ская
Мощность привода питателя и насоса, л. с.	8	5	8
Максимальный расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	10	10	10
Емкость бункера, м <sup>3</sup>	0,3	0,14	0,3
Колея тележки на рельсовом ходу, мм	750	750	750
Габариты, мм:			
ширина	1000	1300	2000
высота	1150	1550	1060
длина	1700	3500	1100
Масса, кг	1000	2500	1000

зарядную трубу переносят в следующую скважину, что обеспечивает непрерывный процесс заряжания. Опыт работы специализированных бригад на взрыве показал, что при применении описанной выше технологии заряжания можно добиться на машине сменной производительности до 20 т ВВ или до 2,5 т на человека в смену при длине доставки взрывчатки до 150 м. Как показала практика применения УЗДМ-1 на рудниках СССР, производительность труда повысилась в 2,5—3 раза по сравнению с ручным заряжанием.

**Зарядный агрегат ЗАС-1** института НИПИгормаш предназначен для механизации заряжания восстающих взрывных скважин и минных камер россыпными гранулированными ВВ. Агрегат имеет пневмоколесный ход, ведущими являются задние колеса. На тележке размещены: питатель с бункером, устройство для настройки механизма подачи, механизм подачи и пневмооборудование. Механизм подачи развивает усилие до 1,7 тс, скорость подачи труб составляет  $0,1 \div 0,5$  м/с. Агрегат передвигается со скоростью 3 км/ч.

Заряжание скважин агрегатом производится прямым способом, при котором наращивание столба ВВ производится от устья скважины или обратным, с наращиванием столба ВВ от забоя скважины.

Для механизации заряжания скважин водонаполненными ВВ типа акванитов институт НИПИгормаш разработал новую технологию, по которой ВВ посредством пневмотранспорта доставляется к месту взрывных работ в виде сухой смеси компонентов. Водонасыщение смеси осуществляется в процессе движения ее по доставочно-зарядному трубопроводу, так что ВВ в скважину нагнетается в виде пластичной массы. Для заряжания использовали акванит АРЗ, представляющий собой неперехлещиваемые ВВ в виде зерен или гранул. Для механизации работ по заряжанию скважин институтом НИПИгормаш создана машина ЗМБС-2, предназначенная для механизированного приготовления водонаполненных ВВ, доставки их с откаточного горизонта до буровой выработки и заряжания скважин на подземных работах.

Машина ЗМБС-2 может быть использована для увлажнения гранулированных ВВ, приготовления игданита и заряжания этими ВВ скважин и минных камер. ЗМБС-2 относится к машинам барабанного типа со смесителем и соответствует пятому типу размеру зарядных машин.

Технология заряжания скважин с помощью машины ЗМБС-2 заключается в следующем (рис. 56). Машину размещают на откаточном горизонте у рабочего блока, от нее до места заряжания протягивают пластмассовый доставочный трубопровод и кабель телефонной связи. На буровом горизонте к доставочному трубопроводу присоединяют разделитель потока с двумя зарядными трубами. В устье скважины закрепляют уплотнитель с фильтром, последний предназначен для очистки отработанного воздуха.

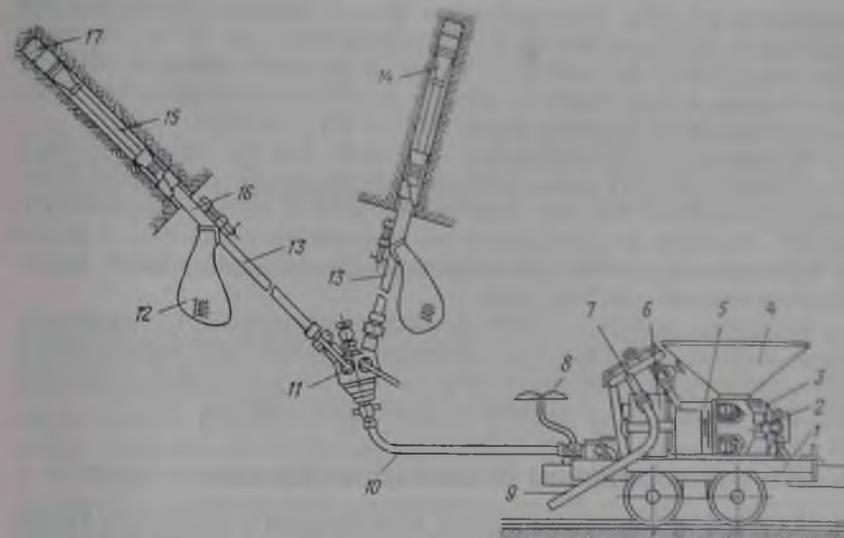


Рис. 56. Технологическая схема заряжания скважин с помощью машины ЗМБС-2:

1 — платформа; 2 — пневматический двигатель; 3 — питатель; 4 — бункер; 5 — насос с приводом; 6 — редуктор; 7 — пульт управления; 8 — сиденье водителя; 9 — воздухоподводящий рукав; 10 — доставочный трубопровод; 11 — разделитель потока; 12 — фильтр; 13 — зарядная труба; 14 — насадка; 15 — скважина; 16 — уплотнитель устья скважины; 17 — взрывчатое вещество

Затем зарядную машину подключают к воздушной и водопроводной магистралям, в бункер загружают сухую смесь ВВ, зарядную трубу с насадкой подают до забоя скважины, а затем отводят от него на 1—1,2 м.

Перед зарядкой готовится смесь. Для этого машинист последовательно открывает краны продувки зарядного трубопровода, подачи воды и управления пневмодвигателем питателя. Из бункера сухая смесь ВВ питателем подается в смесительную камеру, в которую одновременно поступает воздушно-водяная смесь, после чего готовая смесь ВВ по зарядному трубопроводу доставляется в скважину. По мере заполнения скважины труба постепенно вытягивается из скважины. Отработанный воздух отводится из скважины через уплотнитель с фильтром. Одновременно с заряжением первой скважины во второй устанавливается уплотнитель с фильтром и вставляется вторая труба с насадкой. Окончив заряжение первой скважины, разделитель потока переключается на подачу ВВ во вторую скважину без остановки работы машины, чем обеспечивается непрерывность процесса заряжания.

Машина ЗМБС-2 проходила проверку на шахте «Гигант-Глубокая» рудоуправления им. Дзержинского. Заряжали восходящие скважины диаметром 105 мм с углом наклона от 0 до 90° и

глубиной до 35 м. Максимальная длина транспортирования ВВ составила 200 м, в том числе по вертикали — до 80 м. Машину обслуживали 5 человек. За время испытаний машиной ЗМБС-2 доставлено и заряжено свыше 850 т гранулированного ВВ. Производительность машины достигла 12 т ВВ в смену.

Промышленные испытания опытной партии акванита АРЗ с машиной ЗМБС-1 проведены на той же шахте. Заряжали скважины диаметром 105 мм, длиной 30—40 м с углом наклона от 0 до 80°. Машину устанавливали на откаточном горизонте, а от нее к буровой выработке прокладывали по сложной трассе доставочно-зарядный трубопровод.

Зарядная машина ЗМБС-2, рекомендованная к серийному производству, является универсальной и может быть использована для приготовления водонаполненных ВВ и грацулита, увлажнения или подачи ВВ в скважины и минные камеры.

### § 3. КОМПЛЕКСЫ МЕХАНИЗАЦИИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

В настоящее время на горных предприятиях Советского Союза внедряют комплексную механизацию взрывных работ с использованием пневмопогрузчиков, трубопроводного и специального автомобильного транспорта. Имеется ряд положительных примеров в практике.

Для комплексной механизации всех погрузочно-разгрузочных, транспортных и доставочных работ, начиная от разгрузки вагонов и кончая заряданием скважин гранулированными ВВ, Лениногорским полиметаллическим комбинатом совместно с отраслевой лабораторией комплексной механизации взрывных работ Казахского политехнического института им. В. И. Ленина был создан комплекс «Алтай». Этот комплекс состоит из склада, установок, обслуживающих подземные и открытые работы, связанные между собой доставочно-зарядным автосамосвалом «Универсал-1».

На базисном складе 1 (рис. 57) смонтирована вакуумно-компрессорная станция, состоящая из двух компрессоров 2 типа ВК-11 и вакуум-насоса 3 типа ВВН-60, от которого к разгрузочной площадке проложены воздухопроводы 4. На разгрузочной площадке происходит разгрузка вагона МПС. Разгрузка мешков 5

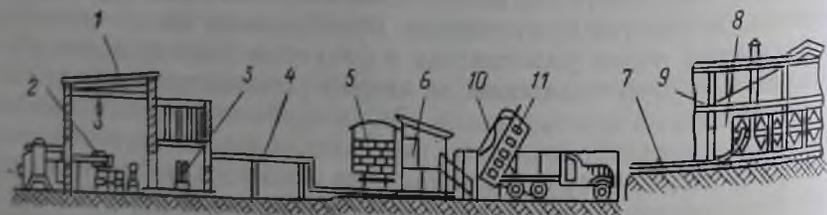


Рис. 57. Механизированный комплекс для выгрузки ВВ из вагонов на базисном складе

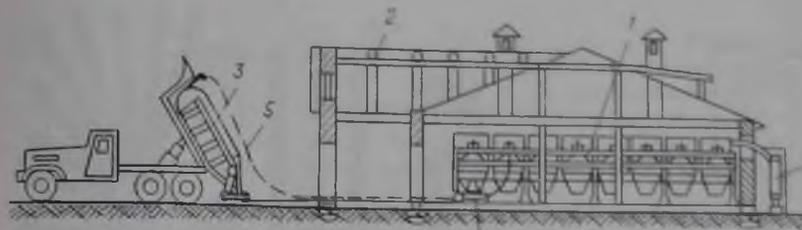


Рис. 58. Механизированная выгрузка ВВ из хранилищ

и перегрузка ВВ осуществляется либо с помощью растаривателей-пневмопогрузчиков 6 типа РПН-1, которые по трубопроводу 7 транспортируют гранулированные ВВ на расстояние 400 м непосредственно в бункера 8 хранилища 9, либо при помощи всасывающих сопел-ножей, транспортирующих ВВ по трубопроводу 10 в бункера автосамосвалов 11 типа «Универсал-1» грузоподъемностью 8 т. Автосамосвал транспортирует ВВ также к хранилищу, где разгружается с помощью дозаторов МПД. Из хранилища базисного склада гранулированное ВВ в бункерах автосамосвала «Универсал-1» доставляется либо на открытые работы, либо на подземные рудники.

ВВ из бункеров 1 (рис. 58) хранилища 2 автосамосвал 3 загружается с помощью самоходного дозатора 4 типа МПД через трубопровод 5. Бункера имеют емкость 5 м<sup>3</sup> каждый и смонтированы на разборных рамах. Для пылеулавливания смонтирована специальная батарея фильтров 6, размещенных вне хранилища. Базисный склад проектной производительностью 150 т/смену обслуживает бригада из 6 человек. Комплексы склада были испытаны при выгрузке грацулита АС-8, зернограцулита 19/21 и акватолы 65/35. Растариватель при доставке ВВ на 180 м имел производительность до 250 кг/мин, а самоходный дозатор при разгрузке ВВ из бункеров — до 400 кг/мин. В последнем случае использовались передвижные компрессоры ВК-9. Запыленность в местах погрузки и разгрузки не превышала 2 мг/м<sup>3</sup>. Было также установлено, что в бункерах могут храниться без слеживания грацулиты до двух месяцев, а зернограцулиты и акватолы — до четырех.

Механизированный комплекс для спуска ВВ в шахту, транспортирования и зарядания шпуров и скважин содержит поверхностные и подземные сооружения, предназначенные для спуска ВВ на рабочие горизонты, доставочно-дозировочные установки, систему трубопроводов и различные типы зарядчиков. Для обслуживания трех рудников в центре Ридер-Сокольского месторождения сооружен комплекс (рис. 59) производительностью 360 кг/мин, который состоит из приемного пункта 1, воронки 2 с самотечным дозатором 3 типа РД-1, разгонного трубопровода 5 с фильтром 6, основного

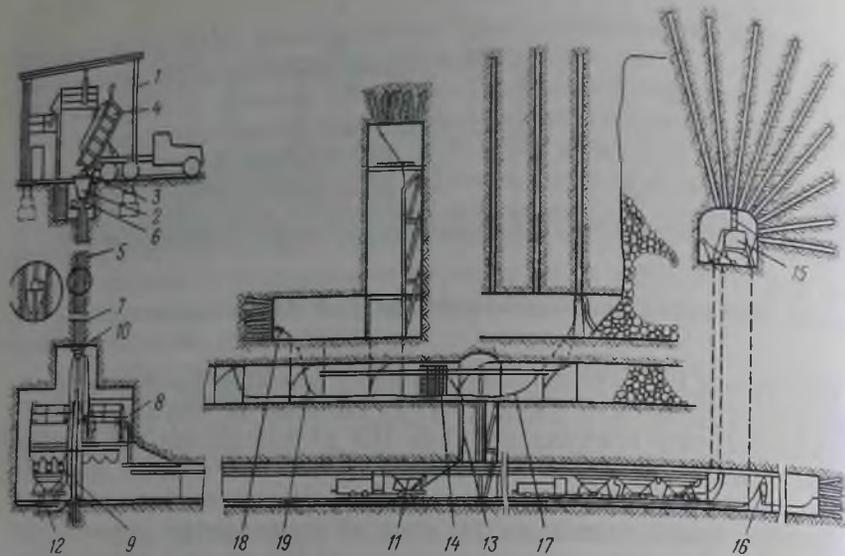


Рис. 59. Механизированный комплекс для спуска ВВ в шахту, транспортирования и зарядания шпуров и скважин

транспортного трубопровода 7 с гибкими рукавами и четырех приемных бункеров 8 емкостью 20 м<sup>3</sup> с затворами 9. Водоуловитель 10 предназначен для улавливания воды, дренируемой скважиной. Для устранения обмерзания скважины зимой предусмотрен калорифер. Автосамосвал 4 разгружает ВВ в воронку 2. Для спуска ВВ с заданной скоростью (15 м/с) используется противоток воздуха в пневмотранспортной трубе.

Для доставки ВВ на участки и зарядания шпуров или скважин используется доставочно-дозированная установка ДДУ-1, снабженная пневмодозатором МПД-1. Установка ДДУ-1 11 загружается ВВ из бункера 8 и взвешивается на тензовесах 12, после чего она электровозом доставляется к рабочим блокам. Здесь ВВ по трубопроводам 13 перегружается в стационарные блоковые зарядчики 14 типа «Унива-1200», в переносные зарядчики скважин 15 типа РАЗ-1 и проходческие зарядчики 16 типа «ЗП-Темп».

При транспортировании ВВ по пневмопроводу 17 длиной менее 150 м установку ДДУ-1 можно использовать для непосредственного зарядания с откаточной выработки скважин диаметром до 105 мм. Зарядчики «Унива-1200», оборудованные пневмодозаторами МПД-1, посредством крана 18 дистанционного управления позволяют заряжать через трубопроводы 19 шпуров и скважины в радиусе 300 м.

Зарядчики РАЗ-1 со съёмными дозаторами МПД-1 перед массовым взрывом устанавливаются в буровых камерах, откуда заряжаются скважины диаметром до 159 мм. Зарядчики имеют механическое устройство для подачи зарядных шлангов в скважины,

Таблица 38

Параметры	Установка ДДУ-1	Пневмозарядчики		
		«Унива-1200»	РАЗ-1	«ЗП-Темп»
Емкость бункера, м <sup>3</sup>	1,2	1,2	1,2	0,25
Тип пневмодозатора	МПД-1	МПД-1	МПД-1	ЗП-1
Доза ВВ, кг	0,6—4,5	0,6—4,5	0,6—4,5	0,7—2,2
Производительность, кг/мин	До 200	30—150	До 250	До 20
Длина пневмотранспортирования, м	До 300	До 300	До 300	До 250
Управление	Автоматическое, дистанционное программное	Ручное, дистанционное	Автоматическое, дистанционное	Дистанционное
Габариты, мм:				
длина	2400	1300	1200	500
ширина	1260	1200	1200	500
высота	1700	1500	1800	1800
Масса, кг	1150	74	80	28

они связаны с установками ДДУ-1 громкоговорящей связью ПУШ-1. Зарядчик «ЗП-Темп» на расстоянии до 250 м также управляется дистанционно. Основные данные по установке ДДУ-1 и пневмозарядчикам приведены в табл. 38.

Ориентировочные затраты на внедрение системы комплексной механизации взрывных работ «Алтай» на Лениногорском комбинате составили 600 тыс. руб. Как показали подсчеты, внедрение этой системы позволит в ближайшие пять лет довести расход гранулированных ВВ на комбинате до 92—95% и получить экономический эффект более 2 млн. руб. в год.

Комплекс «Алтай» имеет и ряд недостатков. Доставка ВВ до ножей растаривателя при разгрузке железнодорожных вагонов производится вручную. От хранилищ базисного склада до рудников ВВ транспортируется автомобильным транспортом, что требует дополнительных затрат на разгрузочно-доставочные операции и содержание специальных автомашин.

Механизированный комплекс взрывных работ, созданный на руднике им. XXII съезда КПСС Зыряновского свинцового комбината, предусматривает спуск гранулированных ВВ в клетки по стволу и доставку его электровозами на расходные склады или к местам зарядки в контейнерах на платформах. Разгрузка контейнеров и последующая зарядка скважин производятся пневматическими насосами ПРН, зарядчиками типа «Вахш-5», ЗДУ-50 и ЗП-25. Взрывные скважины диаметром 70—150 мм заряжаются непосредственно с откаточного горизонта. На проходческие работы ВВ подаются из блоковых бункеров, устанавливаемых на рассто-

янии до 150 м от места взрывных работ. Заряжание шпуров производится зарядчиками ЭЗП и ЗП-1. Связь между взрывником в забое и оператором зарядчика осуществляется при помощи переговорного устройства ПУШ-2.

Для создания полностью механизированных комплексов, очевидно, необходимо иметь специальные железнодорожные вагоны для транспортирования гранулированных ВВ в насыпном виде с тем, чтобы на базисном складе их можно было разгружать с помощью пневмоустройств. Во всех случаях, где это возможно, транспортирование ВВ с базисного склада на рудниках следует осуществлять посредством непрерывного пневмотранспорта. С целью безопасности трубопроводы следует прокладывать под землей.

#### § 4. МЕХАНИЗАЦИЯ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ ЗА РУБЕЖОМ

На зарубежных подземных рудниках на заряжании шпуров и скважин широко применяют различные типы зарядчиков и самоходных кареток. На рудниках Канады широко распространены пневмозарядчики нагнетательного типа «Бластхоул Чарджер» 60G-1L и эжекторные «Пенберти Аноладер» модель 2B50.

Зарядчик 60G-1L имеет дистанционное управление, которое осуществляется двухступенчатой ножной педалью, соединенной шлангом диаметром 6,2 мм с двумя воздушными цилиндрами, закрепленными на раме зарядчика. Пневмоцилиндры приводят в действие кранами впуска воздуха в емкость и в нагнетательную магистраль. Эжекторный пневмозарядчик имеет емкость для ВВ, эжектор и полиэтиленовый зарядный шланг.

В США создана самоходная *каретка для заряжания шпуров* с дистанционным управлением. Удлиненная платформа, на которой размещены пневмозарядчики, смонтирована на телескопической стреле автопогрузчика. Платформа размещается поперек забоя, благодаря чему с нее можно заряжать с одной установки забой шириной 8—10 м.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ РАБОТ

### § 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДКИ

В настоящее время кроме самотечного широко применяются механический, пневматический, гидравлический способы закладки. Механическая закладка осуществляется машинами механического действия. При гидравлическом способе транспортирование закладочного материала по трубам и укладка его в очистном пространстве происходит самотеком в смеси с водой.

При пневматическом способе сухой закладочный материал транспортируется по трубам посредством сжатого воздуха до забоя и забрасывается в выработанное пространство пневматическими закладочными машинами. Для пневматической закладки используют дробленые малоабразивные породы крупностью от 15 до 30 мм, но не более 75—80 мм. Материал перед подачей в закладочную машину должен увлажняться до 2—3%. Содержание глинистых примесей не должно превышать 10—15%, а максимальные размеры кусков — не более  $\frac{1}{3}$  диаметра пневмопривода.

Для гидравлической закладки наиболее подходят крупнозернистые пески и хвосты обогатительных фабрик. Закладочный материал должен отвечать определенным требованиям и в первую очередь должен обладать малой абразивностью, хорошей водоотдачей и фильтрационной способностью. Содержание мелких частиц должно быть ограничено. В зависимости от материала закладки соотношение твердого и жидкого принимается: для крупных материалов — от 1:1,5 до 1:2,5, для песков — от 1:0,75 до 1:1. В последнее время в закладочный материал добавляют вяжущее вещество, которое придает ему устойчивость.

На практике наибольшее распространение получили две технологические схемы: 1) централизованное приготовление на поверхности пластичных и литых смесей и доставка их в шахты самотечным или самотечно-пневматическим способом по трубопроводам; 2) приготовление жестких смесей с подачей их в забой механическим способом.

На рудниках Советского Союза (Гайский, Текелийский, Норильского комбината и др.) смесь готовится на специализированных поверхностных комплексах непрерывного действия с транс-

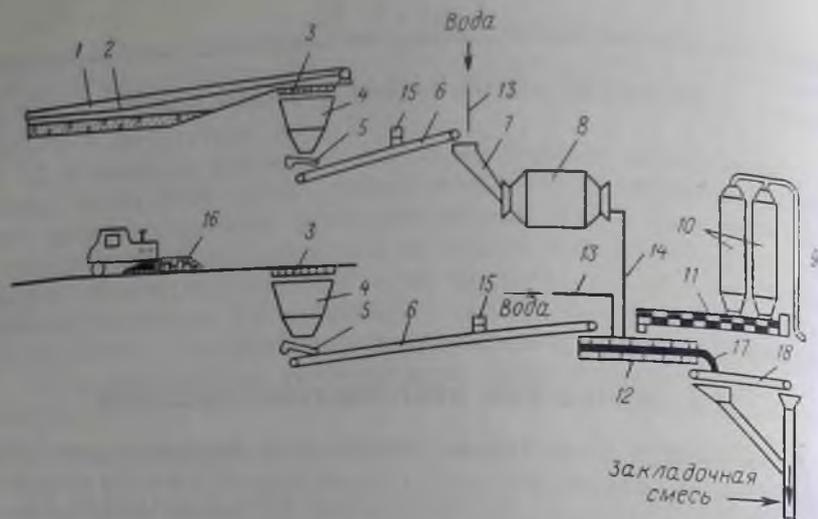


Рис. 60. Технологическая схема поверхностного комплекса для твердой закладки (Гайский рудник, 1971 г.):

1 — склад шлаков; 2 — канат скреперной установки; 3 — грохот; 4 — бункера; 5 — электровибратор; 6 — конвейер; 7 — питатель; 8 — шаровая мельница; 9 — загрузочный шланг (из цементовоза); 10 — бункер силосов для вяжущего; 11 — шнековый питатель; 12 — шнековый смеситель; 13 — водопровод; 14 — наклонный лоток; 15 — автоматические весы; 16 — песок с глиной (35%); 17 — трубопровод; 18 — питатель

нортированием их по трубам самотечным или самотечно-пневматическим способом. Типовые схемы таких закладочных комплексов показаны на рис. 60, 61, 62.

На Гайском комбинате гранулированный доменный шлак в железнодорожных вагонах транспортируют и разгружают в рабочий и резервный склад, откуда он двумя скреперными лебедками 2 (рис. 60) ЛСЭ-55 с емкостью ковша  $1 \text{ м}^3$  через грохот загружается в бункер 4 емкостью  $20 \text{ м}^3$ . Из бункера шлак электровибраторами подается на ленточный конвейер, который доставляет его через неподвижный питатель 7 в шаровую мельницу, где шлак измельчается до тонкости  $0,075 \text{ мм}$ . В качестве активизирующих добавок используют цемент, доставляемый в специальных автоцистернах, которые разгружаются в бункера 10 емкостью  $50 \text{ м}^3$  каждый. Из бункеров цемент подают шнековым питателем 11 в смеситель 12.

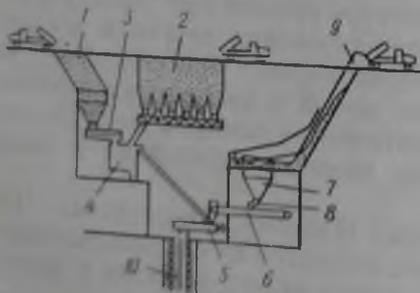
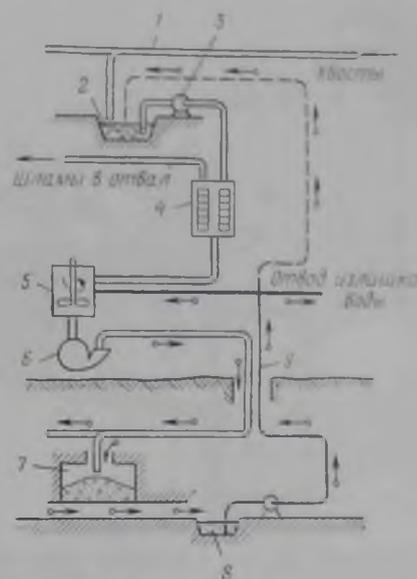


Рис. 61. Схема закладочной установки Текелпйского рудника: 1 и 2 — бункера цемента; 3 — шнеки; 4 — роторомешалка; 5 — смеситель непрерывного действия; 6 — ленточный конвейер; 7 — бункер; 8 — вибрационный питатель; 9 — смесь песка и щебня; 10 — трубопровод

Рис. 62. Технологическая схема закладочного гидравлического комплекса при использовании хвостов обогатительной фабрики:

1 — трубопровод для транспортирования хвостов с обогатительной фабрики в хвостохранилище; 2 — зумпф; 3 — грязевой насос; 4 — речный классификатор; 5 — смеситель; 6 — песковый насос; 7 — выработанное пространство; 8 — водосборник; 9 — водопровод

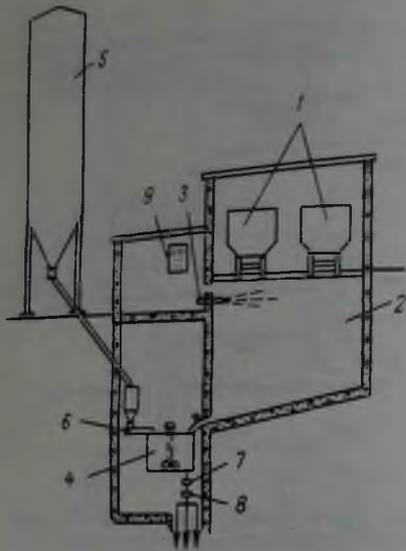


Производительность питателя отрегулирована в расчете  $40 \text{ кг}$  цемента на  $1 \text{ м}^3$  закладочного материала. Для осуществления мокрого помола в мельницу через водопровод 13 подается определенное количество воды с тем, чтобы выдерживать отношение твердого и жидкого  $1 : 1,2$ . Смесь помолотого шлака в виде пульпы по лотку поступает в смеситель. Для получения потребной консистенции в смеситель по трубопроводу подводится вода. Песок из карьера автосамосвалами транспортируется на бетонные площадки комплекса, откуда он бульдозером сталкивается в два приемных бункерах, а из них ленточным конвейером доставляется в смеситель 12.

Количество шлака и песка, подаваемых ленточным конвейером, контролируется с помощью автовесов 15. Грузопотоки конвейеров отрегулированы так, что на одну весовую часть шлака в смеситель поступает три части песка. Песок, шлаковая пульпа, цемент и вода одновременно подаются в смеситель непрерывного действия С-543, откуда готовая закладка подается в вертикальный став трубопровода 17 через питатель 18.

Транспорт закладочных смесей по трубам осуществляется либо самотеком под действием гидростатического давления вертикального столба смеси, либо при помощи пневматики, когда длина доставки превышает длину самотечного трубопровода. Длина последнего участка в 3—5 раз превышает длину вертикального столба смеси в трубопроводе. Сущность пневмотранспорта заключается в следующем. В горизонтальном ставе трубопровода за  $10\text{--}15 \text{ м}$  до окончания участка самотечного транспорта в трубу вваривают под углом  $30^\circ$  в сторону движения смеси трубочки-

Рис. 63. Автоматизированная закладочная установка на руднике «Инко» (Канада)



пневморезки, снабженные обратным клапаном и вентилем, по которым подают сжатый воздух под давлением 5—6 кгс/см<sup>2</sup>.

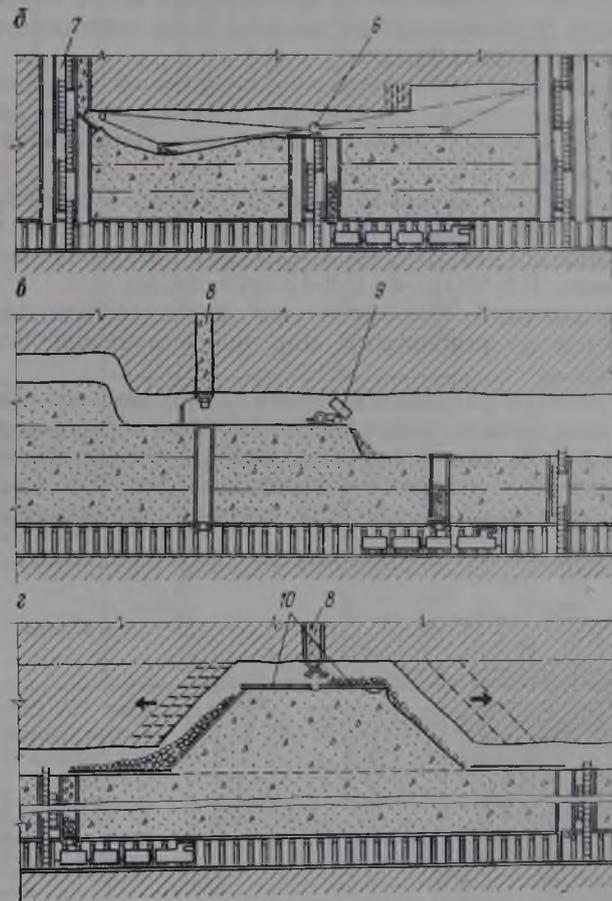
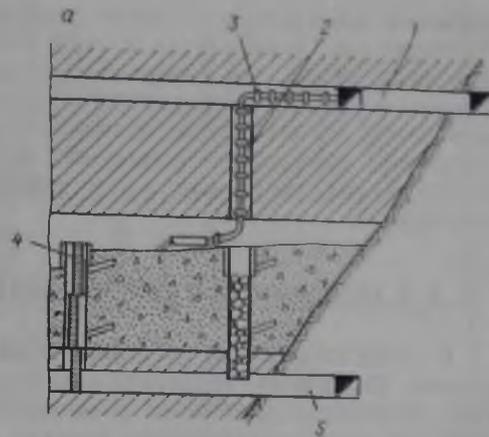
На руднике компании «Инко» (Канада) (рис. 63) обезвоженные хвосты обогащения транспортируются в 80-тонных железнодорожных вагонах 1 и разгружаются в бункер 2 емкостью 3000 т. Посредством гидромониторов 3 хвосты размываются и пульпа поступает в смесительный бак 4. Цемент доставляют в автомашинах и разгружают в бункер 5 емкостью 5 т. При помощи тарельчатого питателя и конвейер-весов 6 цемент доставляется в смеситель 4, где перемешивается с закладочной пульпой. Процесс приготовления и размещения закладки ведут непрерывно. Плотность пульпы замеряется прибором 7 с помощью гамма-лучей, а скорость ее подачи — магнитным расходомером 8. Показания датчиков передаются в электронно-вычислительную машину, где они обрабатываются; управление механизмами установки осуществляется с пульта 9.

Приготовление смесей под землей снижает затраты на сооружение поверхностного комплекса и трубопроводов, но создает трудности в подаче смеси в выработанное пространство. Сухие и влажные инертные материалы подаются в шахту по специальным стволам, а вяжущее (сухое) спускают в клетях или по скважинам. Закладочная смесь готовится в специальных камерах, откуда в забой доставляются в вагонетках или конвейерами.

Приготовление смеси под землей целесообразно лишь при небольших объемах закладочных работ в шахтах, где горные работы сосредоточены на небольшой площадке. В тех случаях, когда не требуется получение однородного закладочного массива высокой прочности, но нужно, чтобы закладка допускала обнажение площади в несколько сотен квадратных метров, применяют

Рис. 64. Закладка пространства, выработанного горизонтальными слоями, с помощью:

а — пульпопровода; б — скреперной установки; в — челночных вагонов; г — вибрационного конвейера; 1 — вентиляционный горизонт; 2 — вентиляционный и закладочный восстающий сечением 2 × 2 м; 3 — пульпопровод; 4 — ходовой восстающий; 5 — откаточный горизонт; 6 — скреперная установка; 7 — восстающий с ходовым и закладочным отделениями; 8 — закладочный восстающий; 9 — самоходная вагонетка; 10 — закладочный конвейер



инъекционный метод получения твердеющей закладки. В очистное пространство, заполненное пустой породой, размещают перфорированные трубы, по которым под давлением подают цементное молоко или песчано-цементный раствор с высоким содержанием вяжущего. Такой метод применяют в особых случаях, когда, например, необходимо разместить в камере пустую породу из проходческих работ или когда камеры уже заполнены пустой породой.

## § 2. КОМПЛЕКСНАЯ МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАКЛАДКИ ВЫРАБОТОК

В зависимости от горнотехнических условий могут применяться различные средства механизации закладочных работ. При разработке системами с выемкой горизонтальными слоями наиболее распространенными схемами являются:

1) закладка выработанного пространства путем подачи пульпы посредством трубопровода по закладочному восстающему с верхнего горизонта (рис. 64, а);

2) закладка выработанного пространства из закладочного восстающего с помощью скреперных установок, которые используются также и для доставки полезного ископаемого до рудоспуска (рис. 64, б);

3) закладочный материал из закладочного восстающего доставляется в выработанное пространство посредством челночных вагонов типа 1ВС-10, ЗВС-10, 4ВС-10 или погрузочно-доставочных машин типов ПД-5, ПД-8, ПД-12 (рис. 64, в);

4) закладочный материал из закладочного восстающего доставляется пластинчатыми или вибрационными конвейерами (рис. 64, г).

При системах разработки блоков наклонными слоями для механизации закладочных работ применяют или вагонетки рельсового транспорта, или самоходные вагонетки, которые подают закладочный материал с верхнего горизонта (рис. 65). Составы комплексов самоходных машин для систем с закладкой приведены в табл. 39.

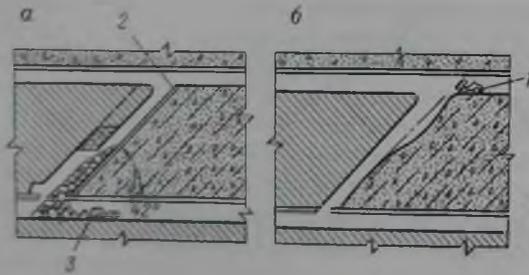


Рис. 65. Система разработки блоков наклонными слоями с закладкой: а — отбойна, погрузка и доставка руды; б — закладка выработанного пространства; 1 — самоходная вагонетка; 2 — настил; 3 — погрузочно-доставочная машина

Таблица 39

Способ выемки	Подготовительно-нарезные работы				Очистные работы				
	Бурение	Погрузка и доставка	Заряжание	Продолаивание восстающих	Бурение	Погрузка	Доставка	Заряжание	Закладка
Горизонтальными слоями с закладкой	СБКН-2л	ПД-5	«Курама-7м», ЗП-1 и др.	КПВ-1А	БК-2Д, БК-5Д	Ковшовые машины на пневмошинном ходу	Самоходные вагоны 1ВС-10, ЗВС-10, и ВС-10	«Курама-7м», ЗП-1	Из восстающего рудоспуска закладка доставляется самоходными вагонами или ПД-5, ПД-8, ПД-12
Лавой (полосами) с закладкой	То же	То же	То же	То же	БК-3Д, БК-5Д	ПД-5, ПД-8	ПД-12	То же	То же
Горизонтальными слоями с закладкой твердеющим материалом	БК-3	ПД-5	То же	То же	БК-5Д и БК-4Д	ПД-8	ПД-12	То же	Посредством трубопровода или ПД-8 (ПД-12)
Наклонными слоями с закладкой	БК-3 или СБКН-2л	»	То же	»	Ручные или колесные перфораторы	—	То же	»	Самоходными вагонами 4ВС-10, ЗВС-15, автосамосвалами МоАЗ-30601 и др.

## МЕХАНИЗАЦИЯ РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА

Рудничный транспорт является составным звеном в технологическом процессе подземного рудника. Его развитие и совершенствование неразрывно связаны с общим научно-техническим прогрессом, в том числе с прогрессом в технологии разработки месторождений, который происходит на основе более совершенных схем вскрытия, подготовки, систем разработки, комплексной механизации и автоматизации процессов при непрерывной интенсификации и концентрации горных работ.

Эффективность применения того или другого вида транспорта зависит от многих факторов, основными из которых являются горно-геологические условия, схемы вскрытия и подготовки месторождений, системы разработки и их параметры, производственная мощность предприятия и расстояние транспортирования. Поэтому вопросы выбора транспортных средств должны рассматриваться во взаимной связи с указанными факторами, равно как и выбор способа и системы разработки должен производиться с учетом наиболее рациональных видов транспорта и простейших схем транспортной сети.

## МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ ЛОКОМОТИВНОМ ТРАНСПОРТЕ

### § 1. СХЕМЫ ЛОКОМОТИВНОГО ТРАНСПОРТА И ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ДВОРОВ

В соответствии со вскрытием рудных залежей этажными и капитальными квершлагами преимущественное распространение получил одногоризонтный локомотивный транспорт. При этом в зависимости от размеров и формы рудных залежей можно выделить четыре основные схемы локомотивного транспорта: тупиковая без заездов, тупиковая с заездами (ортами), кольцевая и смешанная (табл. 40, рис. 66).

Таблица 40

Характеристика залежей	Схемы вскрытия и подготовки	Схемы (рис. 66) транспорта
Крутого (преимущественно), наклонного и пологого падения небольшой мощности	Этажными квершлагами и рудными или полевыми штреками	1—тупиковая без заездов
Крутого, наклонного и пологого падения значительной и большой мощности Большие залежи, мощность которых одного порядка с размерами по длине и глубине	Этажными квершлагами и полевыми штреками с ортами и заездами	2—тупиковая с заездами
	Этажными квершлагами, полевыми и рудными штреками с ортами-заездами Этажными квершлагами, штреками и ортами	3—кольцевая 4—кольцевая
Горизонтального и пологого падения значительной и большой мощности	Капитальным квершлагом, штреками и ортами, пройденными в породах почвы	5—кольцевая
Крутого и наклонного падения значительной мощности	Этажными квершлагами и полевыми штреками с петлевыми погрузочными пунктами	6—кольцевая

Основное достоинство тупиковых схем — относительно небольшая протяженность откаточных выработок, недостаток — ограниченная пропускная способность и потребность в дополнительных маневрах при погрузке. Для уменьшения продолжительности маневровых операций при этих схемах предусматривается сопряжение откаточного штрека с ортами в виде треугольного заезда, а в отдельных случаях — применение двух электровозов в составе (в голове и хвосте). Кольцевая схема транспорта хотя и увеличивает протяженность транспортных выработок, но зато обеспечивает высокую пропускную способность, позволяя организовать поточное движение поездов.

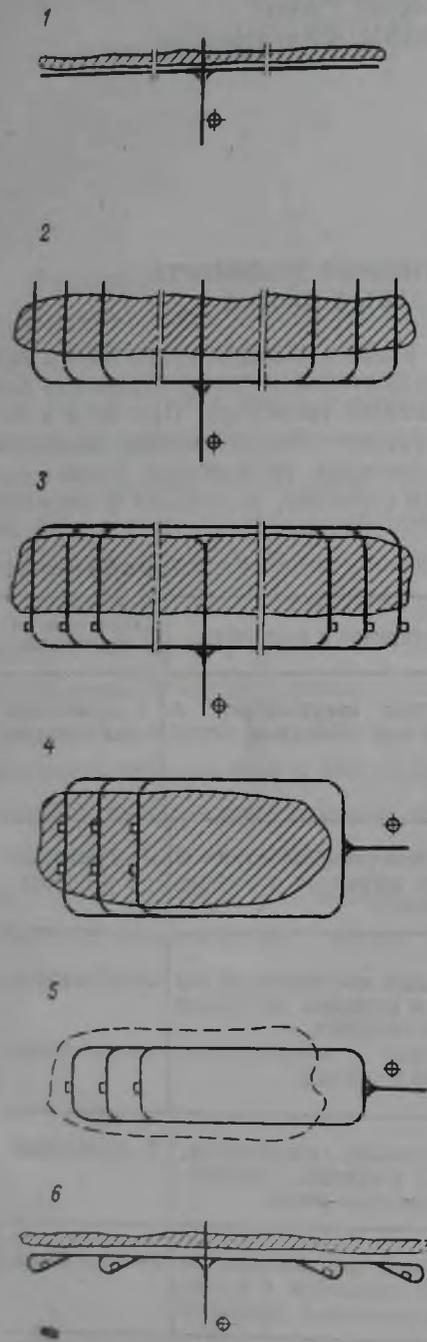


Рис. 66. Схемы локомотивного транспорта:

1 — тупиковая без заездов; 2 — тупиковая с заездами; 3, 4, 5, 6 — кольцевые

При сравнительной оценке технологических схем общим критерием должны являться суммарные затраты на сооружение околоствольного двора и на транспорт по магистральным путям:

$$C = C_0 + C_T \rightarrow \min,$$

где  $C_0$  — затраты на сооружение околоствольного двора;  $C_T$  — затраты на транспорт по магистральным путям.

С ростом интенсификации добычи и увеличением грузопотоков наибольшее распространение получают кольцевые схемы локомотивного транспорта с круговыми и петлевыми околоствольными дворами, обеспечивающие поточное движение поездов и возможность комплексной механизации и автоматизации всех транспортных операций. При этом, в связи с запрещенными правилами безопасности подачи свежего воздуха по скипо-клетевому стволу, применение околоствольных дворов с одним стволом будет ограничено.

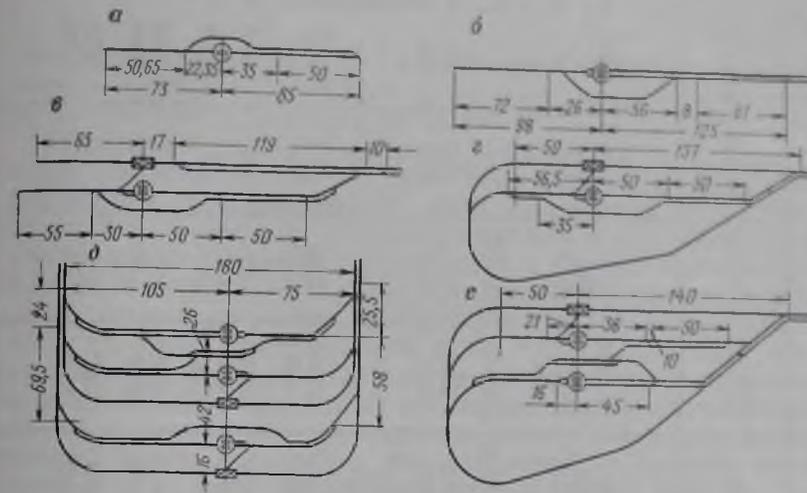


Рис. 67. Схемы типовых околоствольных дворов рудных шахт производственной мощностью:

а — 700 тыс. т (клетевой ствол); б — 700 тыс. т (клетевой ствол); в — 1800 тыс. т (скипо-клетевой ствол); г — 1800 тыс. т (скипо-клетевой ствол); д — 3500 тыс. т (скипо-клетевые стволы); е — 2500 тыс. т (скипо-клетевые стволы)

где  $C_0$  — затраты на сооружение околоствольного двора;  $C_T$  — затраты на транспорт по магистральным путям.

С ростом интенсификации добычи и увеличением грузопотоков наибольшее распространение получают кольцевые схемы локомотивного транспорта с круговыми и петлевыми околоствольными дворами, обеспечивающие поточное движение поездов и возможность комплексной механизации и автоматизации всех транспортных операций. При этом, в связи с запрещенными правилами безопасности подачи свежего воздуха по скипо-клетевому стволу, применение околоствольных дворов с одним стволом будет ограничено.

Таблица 41

Схемы вскрытия и подготовки (см. рис. 66) рудных залежей	Околоствольные дворы	Вагонетки
1	Тупиковые	ВГ, ВБ
2	Петлевые	ВГ
3, 4, 5, 6	Тупиковые	ВБ, ВГ
	Петлевые и круговые	ВГ, ВБ

Таблица 42

Параметры	ЗКР	4КР-1	7КР-1М	14КР-1	10КР-1М, 10КР-2	25КР-2М	КЛ-160	ЭЛ-13/01
Колея, мм	600	600	550—900	750	550—900	750	750	900
Слестной вес, тс	3	900	7,1	900	9,0	900	900	28
Тяговый двигатель: тип	—	4,5	8,2	—	9,8	—	—	—
количество	ДК-800	ЭДР-11	ЭДР-25	ДК-809А	ЭДР-25	ЭДР-23Б	4	2
мощность, кВт	1	2	2	2	2	4	4	50
напряжение, В	12,2	10,2	25,0	44,0	25,0	23,1	40,7	250
Ток двигателя, А:	250	250	250	250	250	250	550	—
часового режима	58	50,4	112,5	200	112,5	—	—	—
длительного режима	—	—	50	50	50	90	—	—
длительного режима	550	900	1700	2400	1700	4500	—	4300
Тяговые усилия, кгс:	—	—	440	650	440	1080	—	—
часового режима	—	—	—	—	—	—	—	—
длительного режима	—	—	—	—	—	—	—	—
Скорость движения, км/ч:	8,3	5,5	10,5	12,6	10,5	7,0	13,0	13,0
при часовом режиме	—	—	16,2	18,4	16,2	14,0	—	—
при длительном режиме	—	—	1200	1700	1200	1500	—	—
Жесткая база, мм	810	900	4500	4900	4500	8080	1350	2200
Основные размеры, мм:	2590	3120	1032	1048	1340	1360	7300	6600
длина по буферам	960	1000	1650	1800	1650	1800	1500	1648
ширина	—	2065	2050	2400	2050	2400	3350	2650
высота с токоприемником:	—	—	—	—	—	—	—	3000
минимальная	—	—	—	—	—	—	—	—
максимальная	—	—	—	—	—	—	—	—

## § 2. ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

На рудниках цветной металлургии преобладают, а на предприятиях черной металлургии применяют только контактные электровозы постоянного тока (табл. 42).

На рудниках комбината Ачполлметалл с 1965 г. эксплуатируются электровозы 25КР-2 (рис. 68). Электровоз 25КР-2 — четырехосный, выполненный на двух поворотных тележках, которые посредством пятниковых опор связаны между собой рамой и обеспечивают вписывание электровоза в кривые относительно небольшого радиуса. Благодаря продольным балансирам и пятниковым опорам возможен поворот ходовой части электровоза в горизонтальной и вертикальной плоскостях, в результате чего обеспечивается большая устойчивость при движении и равномерное распределение нагрузки на все колеса. Для удобства спуска в шахту рама позволяет разъединять электровоз (после снятия крышки кабины машиниста, расположенной в средней части электровоза) на две симметричные секции длиной 4380 мм. Для упрощения демонтажа и монтажа электровоза при спуске в шахту, а также для удобства его эксплуатации, осмотра и ремонта электрическая часть (аппаратура управления) размещается в одной секции, а пневматическое оборудование с аппаратурой управления — в другой. Электровоз оборудован пневмосистемой, которая обеспечивает пневматическое рабочее торможение электровоза, пневматическую подачу песка из песочниц, звуковой пневмосигнал и приводит в действие механизм опускания пантографа. Все оси электровоза ведущие, оборудованные индивидуальными тяговыми двигателями. Для питания цепей управления и освещения пониженным напряжением 26 В на электровозе установлены двигатели-генераторы, аккумуляторные батареи 20ТЖН-45 и регуляторы РРТ-32.

Длительная эксплуатация на рудниках Ачисайского полиметаллического комбината электровоза 25КР-2 показала по сравнению с двухосным их высокую надежность и эффективность, несмотря на выявленные в ходе эксплуатации недостатки.

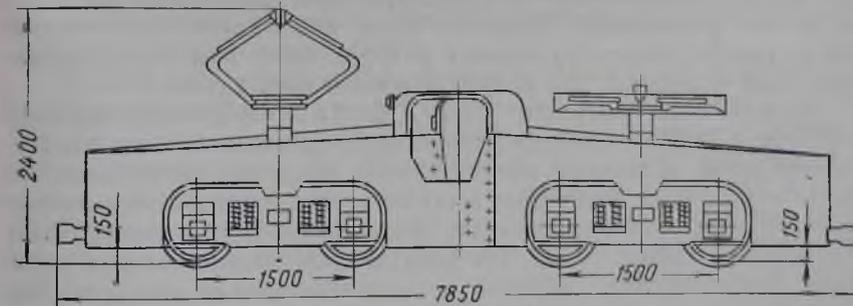


Рис. 68. Электровоз 25КР-2

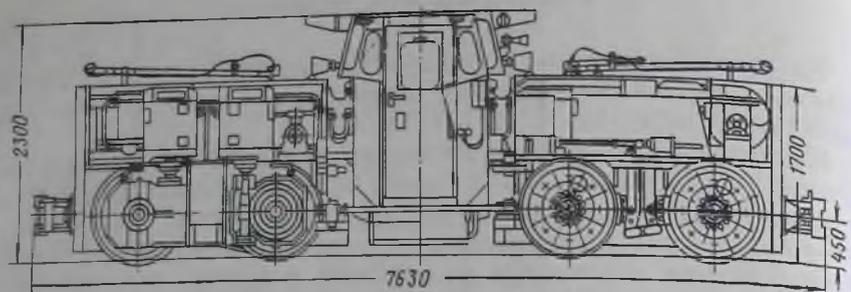


Рис. 69. Электровоз КЛ-160

На шахтах № 55 и 57 Дзержинского горно-металлургического комбината для транспортирования руды по основным концентриционным горизонтам с 1965 г. применяются шведские электровозы КЛ-160 (рис. 69), а с 1969 г. — электровозы ГДР типа ЭЛ-13/03 (табл. 42) сцепным весом соответственно 30 и 28 тс. Электровоз КЛ-160 — четырехосный с двумя сочлененными тележками, а электровоз ЭЛ-13/01 — двухосный с центральной расположенной кабиной. В обоих электровозах все оси являются ведущими. Привод каждой оси осуществляется индивидуальным двигателем с принудительным охлаждением установленными на электровозе вентиляторами. Система управления электровозами — косвенного типа. Дополнительно к этой системе электровоз ЭЛ-13/03 оборудован устройством для радиотелеуправления, предусматривающим установку на нем радиоприемника, посредством которого возможна передача «движение вперед», «движение назад» и «торможение». Помимо электрического реостатного торможения электровозы имеют механические тормоза с пневматическим и ручным управлением. В качестве дополнительного тормоза на электровозе ЭЛ-13/03 установлены два электромагнитных тормоза, каждый из которых обладает силой прижатия 4500 кгс.

Электровозы КЛ-160 на шахтах Дзержинска показали, что они обладают хорошей надежностью и высокими эксплуатационными показателями. При эксплуатации электровоза ЭЛ-13/03 из-за его увеличенной жесткой базы наблюдался интенсивный износ рельсов на закруглениях и стрелочных переводах, требовавший частичной реконструкции рельсовых путей.

Технические скорости (16,2 и 18,4 км/ч) электровозов 10КР-1м и 14КР-1 в эксплуатационных условиях шахт не используются из-за состояния путей, частых закруглений и большого числа стрелочных переводов, а также из-за ограниченной возможности остановки поезда при экстренном торможении в соответствии с правилами безопасности. По данным хронометражных наблюдений, среднеходовая скорость поездов составляет на рудниках Криворожского железорудного бассейна 6—6,5 км/ч, Дзержинского и Ачисайского комбинатов — 6,4—7 км/ч. На отдельных

Таблица 43

Параметры	Модель дизелевоза		
	8ДРВ1	8ДР	Д-8
Колея, мм	900	900	750
Сцепной вес, тс	8	9	8
Двигатель:			
тип	СМД-14Б	410,5/13	К-964
мощность, л. с.	60	40	40
Скорость соответственно на I, II, III ступени, км/ч	4,6; 9,8; 14,0	5,72; 9,9; 13,4	4,9; 8,4; 14,1
Тяговое усилие на I, II, III ступени, кгс	2350; 1100; 780	1340; 1070; 780	1830; 1070; 680
Размеры, мм:			
длина	4500	4500	4600
ширина	1332	1350	1350
высота	1500	1500	1500
Жесткая база, мм	1200	1250	1250

участках при установившемся движении скорость электровоза возрастает в два раза и превышает допустимую по ПБ. В новых моделях электровозов 10КР-2, 14КР-2 (см. табл. 42) предусмотрены пневматические приводы тормозной системы и песочниц. Ручной привод сохранен для удержания электровозов при вынужденных стоянках на самокатных путях.

Для обеспечения плавного пуска, разгона и торможения электровозов при высокой надежности и экономичности наиболее перспективными являются тиристорные схемы, которые дают возможность без потерь энергии плавно изменять скорость путем применения широкоимпульсного или частотного методов изменения средней величины подводимого к двигателю тока. Подобные схемы разработаны в нашей стране и прошли промышленные испытания. В целях повышения эффективности работы аккумуляторных электровозов важное значение приобретает повышение емкости аккумуляторных батарей. Создание энергоемких и экономичных аккумуляторных батарей расширит область применения аккумуляторных электровозов.

В 1964 г. утвержден новый типаж рудничных электровозов, предусматривающий единый ряд сцепных весов контактных и аккумуляторных электровозов. Тяжелые аккумуляторные электровозы сцепным весом 20—28 тс образуются путем электрического спаривания более легких электровозов сцепным весом 10 и 14 тс. Типажный ряд частично уточняется. Конструкции этих электровозов находятся в стадии разработки и промышленным испытаниям. В соответствии с требованиями к повышению технического уровня электровозов предусматриваются безреостатная схема управления, пневматический или гидравлический привод тормозной системы

(помимо ручного привода), более мощные аккумуляторные батареи и ряд других прогрессивных решений.

Наряду с обычными электровозами в Советском Союзе в последнее время созданы и выпускаются рудничные высокочастотные электровозы — 4,5ЭРВ и 8,5ЭРВ и инерционные локомотивы (гировозы) ГР-4 и ГР-5, которые предназначены для работы в шахтах, опасных по газу или пыли, в вентиляционных и основных (8,5ЭРВ) выработках.

Перспективным может считаться осуществление электрической тяги на переменном токе с выпрямлением его полупроводниковыми выпрямителями, размещенными непосредственно на электровозах.

Длительное время в СССР задерживалось применение на шахтах дизелевозов из-за сложности очистки и охлаждения выхлопных газов до установленных санитарных норм, более жестких, чем в других странах. В настоящее время разработаны эффективные системы газоочистки, позволившие создать отечественные подземные дизелевозы (табл. 43).

Лабораторией рудничного транспорта Института горного дела им. А. А. Скочинского составлены эксплуатационно-технические требования на проектирование рудничных взрывобезопасных дизелевозов 20ДРВ сцепным весом 20 тс с объемной безредукторной передачей.

На шахтах западноевропейских стран в последнее время наибольшее распространение получили дизелевозы, доля которых в общем парке локомотивов в 1967 г. составила: в Бельгии — 82,5; в Англии — 74,6; во Франции — 57,5 и в ЧССР — 45,5%. Европейские фирмы выпускают дизелевозы сцепным весом от 2 до 22 тс мощностью до 100 л. с. Продолжают создаваться усовершенствованные конструкции с лучшими техническими характеристиками по взрывобезопасности и степени очистки газов. Диапазон изменения сцепного веса электровозов примерно такой же, как и в СССР. Исключение составляют США, где за последнее время выпускаются тяжеловесные электровозы сцепным весом до 75 тс. В шахтах ФРГ широко практикуется спаривание электровозов по системе многих единиц, позволяющее при ограниченном количестве выпускаемых типоразмеров получить электровозы разного сцепного веса и мощности. Широко применяются системы торможения с пневматическим приводом. При этом мощность компрессора, установленного на отдельных электровозах, позволяет обеспечить не только тормозную систему локомотива, но и вагонов, оснащенных пневматическими тормозами. Для этого на буфере электровоза предусматриваются выводы питающих воздушных шлангов. Отдельными сериями выпускаются электровозы с аккумуляторными батареями повышенной емкости и с тиристорными схемами управления.

Скорость подземных поездов по магистральным выработкам крупных угольных шахт составляет в западноевропейских странах 15—20 км/ч (Франция), а в США — 20—25 км/ч и более. Высокие

Таблица 44

Вагонетки	Тип	Параметры						Оптовая цена, руб.	Срок гарантии, месяцы	Срок службы, годы	
		емкость кузова, м <sup>3</sup>	колея, мм	длина, мм	ширина, мм	высота, мм	масса, кг				
С глухим неопрокидным кузовом	ВГ-0,7	0,7	600	1250	850	1220	515	225	12	4,5	
	ВГ-1,2	1,2	600, 750	1850	1000	1300	800	300	12	4	
	ВГ-2,2	2,2	600, 750	2950	1200	1200	1540	475	12	4	
	ВГ-4м	2,0	750	3070	1250	1200	1584	510	12	4	
	УВГ-4	4,0	750	3820	1320	1550	2988	1400	6	5,9	
	ВГ-5м	3,4	900	3450	1320	1355	1690	445	6	5	
	ВГ-8м	9,0	750	7700	1350	1550	7850	2750	6	6	
	10ВГ-1м	10,0	750, 900	7300	1800	1600	9350	3250	6	6	
	С откидным бортом	УВБ-1,6м	1,6	600, 750	2250	1300	1300	1765	540	6	4
		УВБ-2,5м	2,5	600, 750	3150	1340	1400	2857	620	6	4
УВБ-4,0		4,0	750	4590	1330	1550	4280	1460	6	5,9	
С опрокидным кузовом	ВО-0,32	0,32	500, 600	1180	706	1068	306	175	—	4	
	УВО-0,5	0,5	600	1300	870	1200	500	160	12	4	
	УВО-0,8	0,8	600, 750	1850	1000	1250	650	195	12	4	

скорости движения поездов достигнуты благодаря усилению рельсового пути, уменьшению криволинейности участков, повышению тормозных средств поезда путем включения в состав тормозных вагонеток. Для повышения скорости движения составов и снижения эксплуатационных затрат на американских составах применяются рельсоочистители и автоматически действующие приспособления для смазки колесных реборд. К обстоятельствам, способствующим высоким скоростям, следует отнести и то, что за рубежом требования правил безопасности относительно тормозного пути менее жесткие, чем в нашей стране.

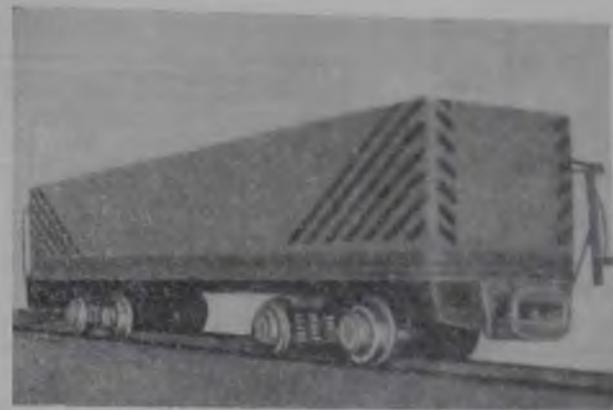
С увеличением грузопотока и расстояния транспортирования возрастает емкость (грузоподъемность) вагонеток.

В последнее время все большее распространение получают вагонетки с глухим неопрокидным кузовом, емкость которых на крупных рудниках достигает  $4,0 \text{ м}^3$  и выше. На рудниках черной металлургии наибольшее распространение получили вагонетки с глухим неопрокидным кузовом. За последние годы значительно возрос удельный вес таких вагонеток (емкостью 4 и  $8 \text{ м}^3$ ), особенно на шахтах Криворожского бассейна, где вагонетки емкостью  $4 \text{ м}^3$  составляют 80% от общего вагонеточного парка. Увеличению единичной емкости подвижного состава способствовала большая работа, проведенная проектными и научно-исследовательскими институтами совместно с машиностроительными заводами по унификации и разработке нового типажного ряда вагонеток для горнодобывающей промышленности нашей страны, при улучшении их технических характеристик.

В табл. 44 приведена характеристика серийно выпускаемых вагонеток. Типажным рядом предусматривается для рудных шахт только один тип вагонеток — с глухим неопрокидным кузовом. Вагонетки с опрокидным кузовом и с откидным бортом изготавливаются для действующих шахт. Все вагонетки типажного ряда двухосные за исключением вагонетки емкостью  $8 \text{ м}^3$ , у которой в качестве ходового устройства предусматриваются тележки.

На рис. 70 показана тележечная вагонетка ВГ-8 института Гипрорудмаш емкостью  $9 \text{ м}^3$  и грузоподъемностью  $22,5 \text{ т}$  при объемной массе руды  $2,5 \text{ т/м}^3$ . Кузов вагонетки прямоугольной формы безрамной сварной конструкции. Конструкция тележки с базой  $1100 \text{ мм}$  допускает вписывание в кривые с радиусом  $10-12 \text{ м}$  и обеспечивает прохождение стыковых соединений с превышением рельсов до  $50 \text{ мм}$ . По своим габаритам вагонетка может разгружаться в опрокидывателях, предназначенных для двух вагонеток ВГ-4у (УВГ-4). Эксплуатируются вагонетки на шахтах Криворожского бассейна, комбината Печенганикель и др. Тележечная вагонетка 10ВГ-1м емкостью  $10 \text{ м}^3$  и грузоподъемностью  $25 \text{ т}$  при  $\gamma = 2,5 \text{ т/м}^3$  разработана институтами Гипрорудмаш и Казахским политехническим институтом им. В. И. Ленина. Кузов вагонетки четырехугольной формы, сварной конструкции и с внешней усиливающей обвязкой. Ходовая тележка

Рис. 70. Вагонетка с глухим неопрокидным кузовом ВГ-8



та же, что и у вагонетки ВГ-8. В настоящее время вагонетки 10ВГ-1м успешно эксплуатируются на рудниках Ачисайского полиметаллического и Джекказганского горно-металлургического комбинатов. Однако при существующей емкости кузова и относительно небольшой объемной массе руды их грузоподъемность в условиях этих рудников полностью не используется.

В целях дальнейшего совершенствования параметров тележечных вагонеток и повышения эффективности их эксплуатации кафедрой транспортных и горных машин Казахского политехнического института им. В. И. Ленина разработан эскизный проект вагонетки ВГ-12 (рис. 71) емкостью  $12,5 \text{ м}^3$  при сохранении габаритов вагонетки 10ВГ-1м. Повышение емкости вагонетки достигнуто благодаря опущенной части кузова, применению внутренней обвязки и изменению конструкции ходовой тележки. Выпуск и внедрение на рудниках вагонеток с увеличенной емкостью кузова позволит полностью использовать их грузоподъемность при транспортировании руд с объемной массой  $\gamma < 2,5 \text{ т/м}^3$ .

В перспективе неизбежно появление тележечных вагонеток еще большей емкости. Поэтому существующий типажный ряд должен быть дополнен параметрическим рядом большегрузных

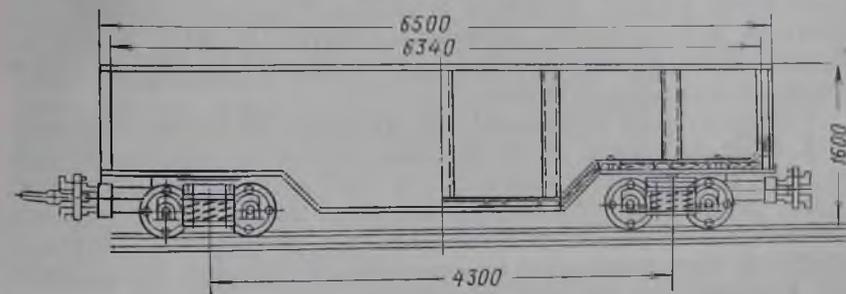


Рис. 71. Вагонетка ВГ-12

Таблица 45

Шахты, удельная масса $\gamma$ ископаемого	Грузоподъемность большегрузных вагонеток (тс) рекомендуемого параметрического ряда по емкости, м <sup>3</sup>					
	10	12,5	16	20	25	30
Угольные, $\gamma = 0,9$ т/м <sup>3</sup>	9,0	11,3	14,4	18	22,5	27
Цветной металлургии, $\gamma = 1,75$ т/м <sup>3</sup>	17,5	21,9	28,9	35	44	52,5
Черной металлургии, $\gamma = 2,5$ т/м <sup>3</sup>	25	31,2	40	50	—	—

вагонеток, который может быть образован отбором каждого второго числа исходного ряда предпочтительных чисел Р20 (табл. 45).

Из двухосных вагонеток с глухим неопрокидным кузовом новой является вагонетка ВГ-4у безрамной конструкции, созданная институтом Гипрорудмаш на основе опыта эксплуатации вагонетки УВГ-4. Емкость вагонетки 4,4 м<sup>3</sup>, грузоподъемность 11 тс, длина по осям зацепления сцепок 3850 мм, ширина 1350 мм, высота 1550 мм. Кузов прямоугольной формы с переходом вертикальных стенок к днищу по радиусу. Применение низколегированных сталей позволило снизить массу тары до 2600 кг. Конструкция поворотной автосцепки позволяет расцепить электровоз с вагонетками из кабины электровоза. Вагонетка прошла промышленные испытания и должна выпускаться в опытной серии.

Для перевозки людей выпускаются специальные вагонетки. Кроме того, выпускается целый ряд специальных вагонеток для перевозки лесоматериалов, оборудования, взрывчатых материалов и т. д., а также противопожарные вагонетки.

За рубежом также происходит непрерывное обновление шахтного подвижного состава при осуществлении общей тенденции увеличения емкости вагонеток. Эта тенденция особенно резко проявляется в США, например в угольной промышленности, где удельный вес вагонеток грузоподъемностью 9—30 т в 1969 г. составил 26,8% от общего количества вагонеток и 45,9% от общей емкости вагонеточного парка.

Большегрузные вагонетки, как правило, оснащены автосцепками с пружинными амортизаторами и имеют подрессоренные тележки. Кузова изготавливаются из слаболегированных сплавов, а для колес применяется специальное литье или штамповка с термообработкой рабочих поверхностей. В отдельных случаях вагонетки изготавливаются из алюминиевых сплавов. На вагонетках применяются системы торможения с пневматическим приводом.

### § 3. МЕХАНИЗАЦИЯ НА ПОГРУЗОЧНЫХ ПУНКТАХ

Погрузка руды в вагонетки осуществляется из люков, непосредственно погрузочными или погрузочно-доставочными машинами, скреперными установками (через скреперные погрузочные полки), конвейерами и вибропитателями.

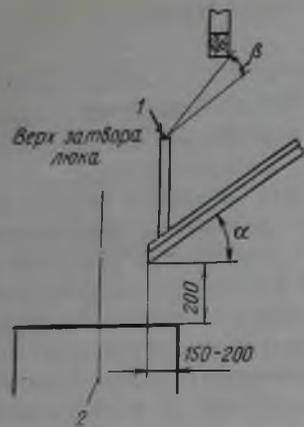
Наибольшее распространение получила люковая погрузка, которая повсеместно применяется при разработке различной мощности наклонных и крутопадающих залежей и достаточно мощных месторождений горизонтального и пологого падения как с непосредственным выпуском руды из забоя на откаточный горизонт, так и при перепуске его с одного этажа на другой (концентрационный). В практике рудников применяются разнообразные конструкции люков и затворов в зависимости от необходимой пропускной способности и срока службы люка, формы и крупности кусков руды, интенсивности выпуска, емкости и размеров кузова вагонетки, способа откатки и размеров транспортных выработок. В основном применяются люки с секторными, шиберными, лотковыми, пальцевыми и цепными затворами, а также комбинированные.

*Лотковые затворы* используются главным образом при мелкой руде. Односекторные затворы применяются при руде крупностью 200—300 мм, а двухсекторные — при 400—500 мм. Секторные затворы бывают с верхней и нижней подсечкой потока руды. Последние быстрее перекрывают поток, но создают более стесненные условия для пропуска подвижного состава. Люки с пальцевыми и цепными затворами предназначены для руды крупностью до 600 мм при погрузке в вагонетки емкостью до 4 м<sup>3</sup> и до 800—1000 мм при большей емкости вагонетки.

*Комбинированные затворы*, представляющие собой сочетание лоткового затвора с затвором другой конструкции, применяются при выпуске руды неравномерной кусковатости. Для обеспечения самотечной погрузки днищам люка придают углы наклона больше угла естественного откоса материала и принимают равными 30—40° при кусковой руде и 50—45° при мелкой руде, склонной к слеживанию, слипанию и образованию затворов в люках. Во избежание проскальзывания руды через верхнюю часть затвора угол  $\beta$  должен быть меньше (рис. 72). Во избежание заклинивания размеры выпускаемых люков принимаются не менее трехкратной величины максимального куска руды кондиционной крупности, ширину выпускаемого отверстия принимают такую, чтобы вагонетка была загружена без изменения ее положения у люка. Обычно соотношение между длиной вагонетки и шириной выпускаемого отверстия равно 2 и 3. Высота выпускного отверстия принимается равной 0,7—0,8 его ширины.

Для загрузки большегрузных вагонеток с одного положения используются двойные люковые устройства. Управление затворами производится вручную или пневматическими цилиндрами.

Рис. 72. Конструктивные параметры погрузочного люка:  
1—верх затвора люка; 2—ось пути



Пневмопривод для люковых затворов получает все большее распространение. При этом для удобства управления применяются люки с погрузочным полком, расположенным над кровлей выработки, или предусматривается специальный пункт управления в стороне от люка. Люковая погрузка осуществляется рабочими (люковыми), занятыми на очистных работах или на транспорте, либо машинистом электровагона при наличии дистанционного управления передвижением состава во время погрузки.

Продолжительность погрузки вагонетки принимается на основании данных практики по результатам хронометражных наблюдений (табл. 46).

К недостаткам ранее рассмотренных люков относится возможность зависания кусков материала в выпускном отверстии люка и трудности ликвидации заторов. Эти недостатки в значительной степени устраняются при оборудовании люков вибропитателями без затвора или с затвором. Наибольшее распространение получили виброустановки с направленными колеба-

Таблица 46

Емкость вагонетки, м <sup>3</sup>	Время погрузки вагонетки, мин, на рудниках		По данным
	черной металлургии	цветной металлургии	
1	—	0,72	Центрогипрошахта
2	1,44	1,02	
4	1,98	1,50	
8	3,60	2,04	
2	1,50	—	ДГИ КазПИ
4	2,00	—	
10	—	1,7*	

\* Значение получено при двойных люках.

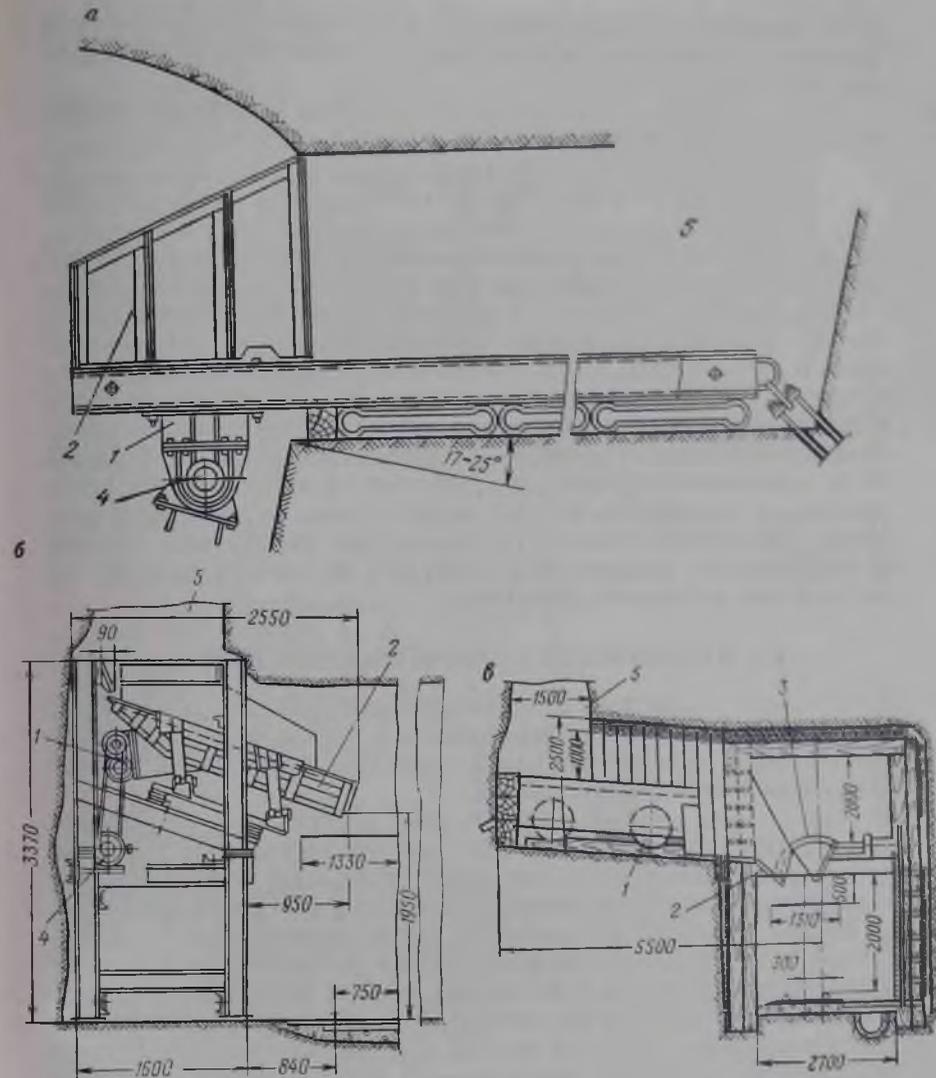


Рис. 73. Схемы виброустановок:

a — ВДПУ; б — АШЛ; e — вибропитатели ВКП; 1 — вибратор; 2 — лоток; 3 — секторный затвор; 4 — привод вибратора; 5 — рудоспуск

ниями ВДПУ и АШЛ, разработанные ИГД СО АН СССР и институтом Гипрорудмаш, производительностью 300 м<sup>3</sup>/ч, а также питателями ВКП (рис. 73), разработанными институтом ВНИИцветмет. Установки ВКП проходили испытание на руднике «Текели» и показали эксплуатационную производительность в смену 180—390 т, максимальную 320—720 т при технической производительности 250 т/ч.

В настоящее время на безлюковой погрузке руды в вагонетки рельсового транспорта начали широко использовать погрузочные машины и даже экскаваторы.

Если на шахте применяются погрузочные устройства разных видов, то средневзвешенное время погрузки состава

$$t_{\text{п}} = \frac{\sum A_i t_{\text{п}i}}{\sum A_i}, \text{ мин.} \quad (30)$$

где  $A_i$  — сменная производительность  $i$ -го участка, т;  $t_{\text{п}i}$  — время погрузки состава на этом участке (погрузочного пункта), мин.

При погрузке вагонеток с дистанционным управлением электровоза машинист затрачивает время на переход электровозом и погрузочным люком. Но это время составляет незначительную часть в общей продолжительности рейса и не оказывает существенного влияния на увеличение числа локомотивов, вагонеток и обслуживающего персонала, а следовательно, и на расходы по локомотивному транспорту. При полной автоматизации электровозного транспорта, которая осуществлена на отдельных рудниках, предусматривается автоматическое управление люками и передвижение составов при погрузке, за работой которых по телевидению наблюдает диспетчер.

#### § 4. МЕХАНИЗАЦИЯ В ОКОЛОСТВОЛЬНЫХ ДВОРАХ

Околоствольный двор предназначен для пропуска всего груза, выдаваемого из шахты на поверхность и поступающего с поверхности в шахту, а также для целей водоотлива, вентиляции, энергообеспечения и перемещения людей.

При локомотивном транспорте основными операциями в околоствольном дворе являются: подача составов на грузовые пути с разделением вагонеток между главными и вспомогательными подъемами, обмен вагонеток в клетях и разгрузка вагонеток.

Подача составов на грузовые ветви околоствольного двора обычно осуществляется магистральными локомотивами с предварительными маневрами и без маневров. При вагонетках с глухим неопрокидным кузовом локомотив после маневров на разминовке или треугольном заезде, находясь в хвосте состава, заталкивает последний на грузовую ветвь клетцевого подъема либо на грузовую ветвь скипового (конвейерного) подъема. При смешанном составе локомотив подает рудные вагонетки в опрокидыватель, а затем породные и материальные вагонетки к клетцевому подъему, или наоборот, в зависимости от того, находятся ли породные и материальные вагонетки в хвосте или в голове состава. Если вагоноопрокидыватель допускает пропуск локомотива (рис. 74), то последний, находясь в голове состава, проходит сквозь опрокидыватель и протягивает состав при разгрузке. При вагонетках с откидным бортом схема аналогична, но вагонетки в составах должны подаваться на разгрузочную яму всегда одной стороной.

Обмен вагонеток в клетях осуществляется самокатом или толкателями (рис. 75, 76). Первый способ не требует механических двигателей и поэтому отличается простотой устройств и экономичностью в работе. Вагонетки при этом способе, двигаясь по наклонному пути, непосредственно загружаются в клетку. При этом груженная вагонетка должна развить скорость, достаточную для того, чтобы выбить находящуюся в клетке порожнюю вагонетку и занять ее место. В силу этого при загрузке клетки самокатом неизбежны значительные удары вагонетки о вагонетку. Для устранения таких ударов в некоторых вариантах предусматривается укладка в клетку наклонных или горизонтальных путей, которые принимают самокатный уклон при посадке клетки на кулаки или посадочные брусья. Благодаря этому порожняя вагонетка до удара груженной вагонетки выкатывается из клетки, а поднявшиеся стопоры задерживают порожнюю вагонетку. Конструкция клетки в этом случае усложняется. При обмене вагонеток самокатом происходит потеря высоты вагонеткой при ее движении, в результате чего вызывается необходимость в отдельных случаях устанавливать оборудование в виде компенсатора высоты. К тому же этот способ нельзя считать достаточно надежным.

Обмен вагонеток в клетях толкателями получил наибольшее распространение, так как при этом устраняются недостатки первого способа, хотя и вызываются дополнительные затраты на оборудование и расход энергии. Использование толкателей поз-

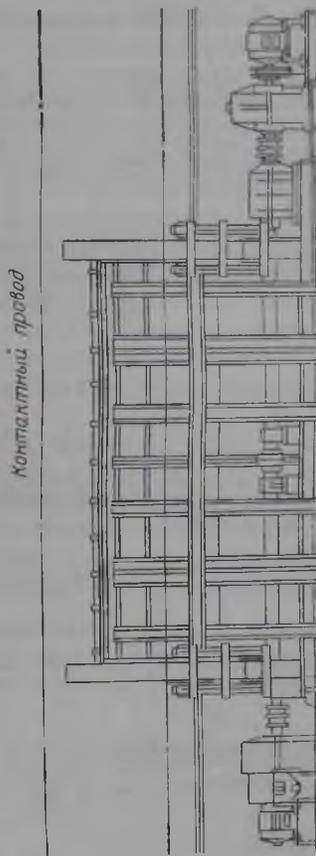
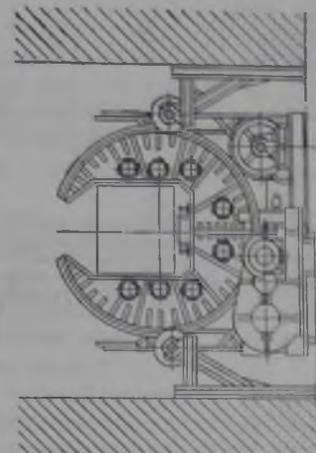
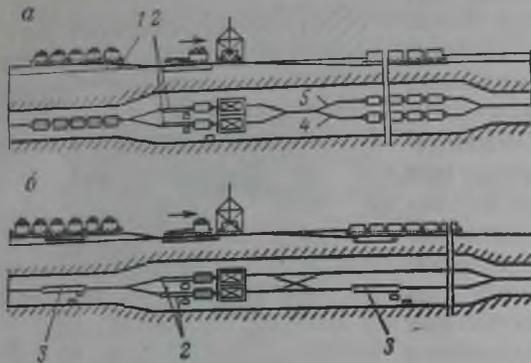
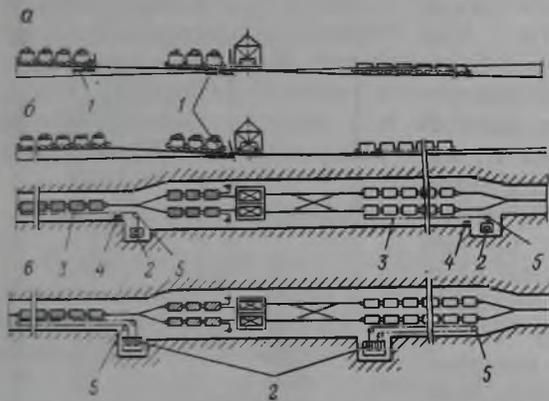


Рис. 74. Круговой опрокидыватель с пропускной электровоза



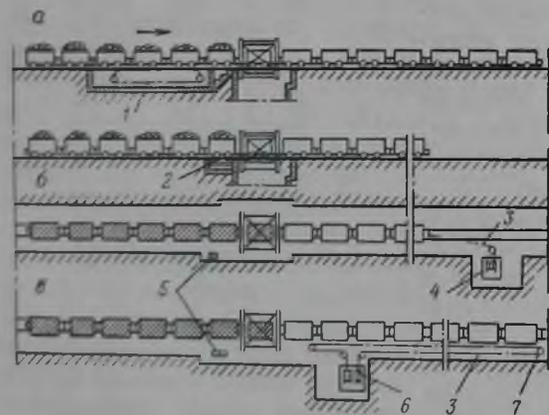
**Рис. 75. Обмен вагонок в клетях:**

*a* — с помощью толкателей нижнего действия с предварительной подачей вагонок с самокатного уклона; *б* — то же, с дополнительными толкателями; 1 — дозирующие стопоры; 2 — клетевые толкатели; 3 — дополнительные толкатели; 4 — путь формирования порожняка; 5 — путь сбора вагонок с вспомогательным грузом



**Рис. 76. Обмен вагонок в клетях:**

*a* — с предварительной подачей самокатом; *б* — однобарабанной лебедкой; *в* — двухбарабанной лебедкой; 1 — дозирующие стопоры; 2 — лебедка; 3 — канат; 4 — кнопка управления лебедкой; 5 — блоки



**Рис. 77. Обмен вагонок в опрокидывателе без расцепки состава:**

*a* — толкателем; *б* — однобарабанной лебедкой; *в* — двухбарабанной лебедкой; 1 — толкатель; 2 — стопор задерживающий; 3 — канат; 4 — лебедка однобарабанная; 5 — кнопка управления лебедкой; 6 — лебедка двухбарабанная; 7 — блок

волило создать автоматизированные комплексы для обмена вагонок в клетях, которые серийно выпускаются отечественными заводами.

Для разгрузки вагонок с глухим неопрокидным кузовом выпускаются круговые опрокидыватели с пропуском (рис. 74) и без пропуска локомотивов (табл. 47). Последние предназначены для нерасцепленных и расцепленных составов и вагонок небольшой емкости (0,7—2,2 м<sup>3</sup>).

Опрокидыватели изготовляются для разгрузки одновременно одной или двух вагонок. В зависимости от способа управления опрокидыватели могут быть с ручным управлением, полуавтоматические и полностью автоматизированные. Обмен вагонок в опрокидывателе может осуществляться самокатом, толкателями (рис. 77, *a*), маневровым и магистральным локомотивами, а также с помощью лебедок (рис. 77, *б*, *в*). Самокатному обмену вагонок в опрокидывателе присущи те же недостатки, что и при обмене вагонок в клетях. Маневровые электровозы применялись на некоторых железорудных шахтах, и в настоящее время для новых шахт не предусматриваются, равно как и маневровые лебедки. Применение толкателей при блокировании их с опрокидывателем позволило создать полностью автоматизированные разгрузочные комплексы.

При обмене вагонок магистральные локомотивы используются как с пропуском, так и без пропуска их через вагон-опрокидыватель. Во втором случае электровоз, прибывший в голову груженого состава, после маневров на раздвижке переходит в хвост состава и заталкивает его в опрокидыватель по мере разгрузки вагонок. После разгрузки электровоз вытягивает порожний состав из опрокидывателя. Опрокидыватели с пропуском электровоза находят все большее распространение на рудных шахтах в связи с применением большегрузных вагонок. При этом управление опрокидывателем и электровозом может осуществляться непосредственно вручную, дистанционно (электровозом) и автоматически.

Институтом НИГРИ совместно с производителями разработан комплекс для автоматической подачи и разгрузки вагонок УВГ-4 в круговом опрокидывателе с пропуском электровоза, который состоит из опрокидывателя и двух специальных стопоров с внешним расположением (перед и после опрокидывателя).

**Техническая характеристика комплекса**

Производительность при разгрузке, вагонов/ч:	
по одной вагонетке . . . . .	120
по две вагонетке . . . . .	240
Период вращения ротора, с . . . . .	15,5
Напряжение переменного тока, В . . . . .	380
Скорость передвижения электровоза, м/с . . . . .	0,5—0,7
Масса дозирующих стопоров, кг:	
до опрокидывателя . . . . .	1716
после опрокидывателя . . . . .	2080

Группа	Обозначение опрокидывателя	Назначение	Продолжительность одного полного оборота ротора, с	Управление		Фиксация вагонеток в опрокидывателях	Диаметр ротора опрокидывателя, мм
				включение	выключение		
I	ОК-1в-0,7НС ОК-1в-0,7НС ОК-1в-1,2НС ОК-2в-1,2НС ОК-1в-2,2НС ОК-2в-2,2НС	Для разгрузки нерасцепленных составов по одной или две вагонетки одновременно	47	Кнопочное	Автоматическое	Задерживающими автоматическими стопорами, установленными вне опрокидывателей	2500 2500 2800 2800 2800 2800
II	ОК-1в-0,7РС ОК-1в-1,2РС ОК-2в-1,2РС ОК-1в-2,2РС	Для разгрузки вагонеток (одной или двух) расцепленного состава в наклонном обмене вагонеток в опрокидывателе	48	Автоматические или дистанционные	Автоматические или дистанционные	Автоматическими стопорами, установленными в опрокидывателях	2500 2800 2800 2500
III	ОК-1в-0,7РГП ОК-1-1,2РГП ОК-1-2,2РГП	Для разгрузки вагонеток расцепленного состава с горизонтальным положением пути в роторе и принудительном обмене вагонеток с опрокидывателем	48	То же	То же	То же	2800 2800 2800

По заказу рудников комплекс изготавливается Ленинским рудоремонтным заводом треста Кривбассрудоремонт. Применение разгрузочных комплексов с опрокидывателями, допускающими пропуск электровозов, обеспечивает поточное движение поездов, значительно упрощает маневры, уменьшает объем выработок и увеличивает пропускную способность оклоствольного двора, а также облегчает переход на программное управление поездами (без машинистов) с помощью компьютеров.

В связи с внедрением на шахтах тяжелых электровозов и большегрузных вагонеток важное значение для бесперебойной работы локомотивного транспорта приобретает надлежащая организация их планово-предупредительного ремонта без выдачи на поверхность. Для этого ремонтные мастерские должны быть оснащены необходимым оборудованием и приспособлениями: металлорежущими станками, подъемными кранами, сварочными аппаратами и т. п. Камеры для ремонта электровозов и вагонеток (рис. 78) обычно располагаются вблизи гаража и оборудуются смотровой ямой для снятия двигателей, замены колесных пар и т. п. При ремонте вагонеток используются приспособления для правки

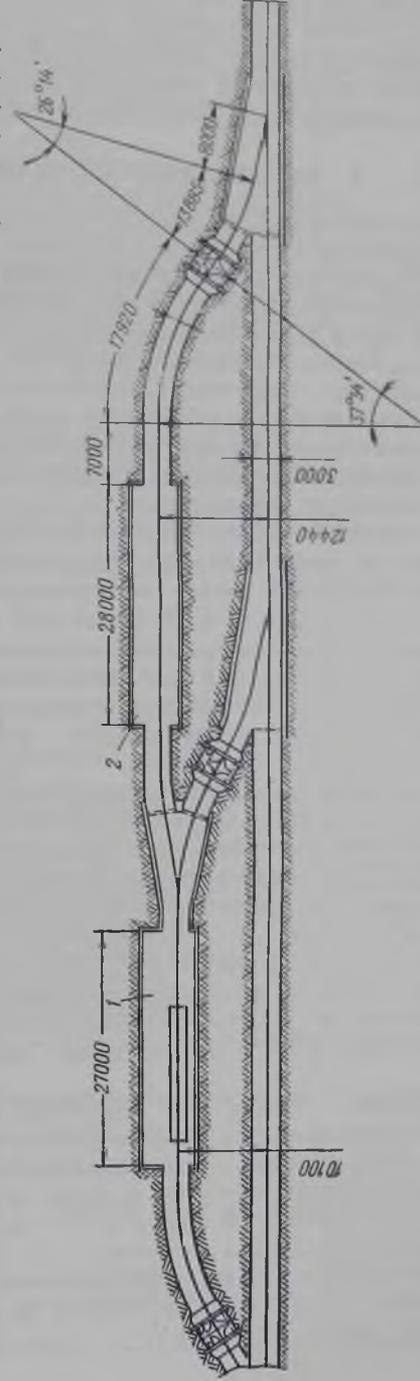


Рис. 78. Камеры для ремонта:  
1 — электровозов; 2 — вагонеток

кузова по ширине, длине и диагонали, съемники колес с оси полускатов и колец подшипников из колес, а также насосы для зарядки колес вагонеток смазкой. Кроме указанных приспособлений ремонтная мастерская обеспечивается набором слесарных инструментов, запасными частями для вагонеток.

### § 5. МЕХАНИЗАЦИЯ ПУТЕВЫХ РАБОТ 2

Высокопроизводительная и бесперебойная работа локомотивного транспорта во многом зависит от правильной укладки рельсовых путей (в соответствии с техническими требованиями) и систематического надзора и ухода за ними в период эксплуатации. Для укладки и ремонта рельсовых путей используются различные приспособления: прессы для изгибания рельсов, трещетки, станки и прессы для сверления и пробивки отверстий в рельсах, домкраты для подъема рельсового пути, ножовочные станки для резки рельсов, клещи для переноски рельсов, двусторонние кайла, лапы костыльные, ключи гаечные двусторонние, лопаты совковые и штыковые и т. д.

Характеристики механизмов для изгибания рельсов, сверления в них отверстий и подъема рельсовых путей приведены в табл. 48, 49, 50.

Таблица 48

Параметры	Прессы гидравлические		Пресс ручной РП-24
	ПГ2	ПГ3	
Тип изгибаемого рельса	Р24, Р33	Р24, Р33	Р18, Р24
Рабочее усилие, кгс	10 000	до 12 000	4000
Максимальный выход штока, мм	150	до 220	—
Габариты, мм	1230×290×220	890×270×220	765×520×150
Масса, кг	63,3	51	35
Завод-изготовитель	Карагандинский по ремонту горношахтного оборудования	Рудченковский рудоремонтный	Тульский рудоремонтный

Таблица 49

Параметры	Трещетка ТСР-1	Станок	Пресс
Диаметр отверстия, мм	До 31,5	14—22	25,5
Габариты, мм	—	500×190×460	560×170×300
Масса, кг	—	12,2	46
Изготовитель	ЦЭММ комбината Карагандауголь	Рудченковский рудоремонтный завод	ЦЭММ комбината Донецкуголь

Таблица 50

Параметры	Домкраты гидравлические			Домкрат винтовой ДВ-3
	ДГ-8А	ДГ-8К	ДГ-8П	
Грузоподъемность, тс	8	8	8	3
Высота подъема, мм	200	200	200	300
Габариты, мм	250×160××320	200×300××320	240×180××318	—
Масса, кг	—	19,6	17,0	25
Изготовитель	Антрацитовский рудоремонтный завод	Кировские ЦЭММ комбината Кировуголь	Иртышский завод гидрооборудования	ЦЭММ комбината Орджоникидзеуголь

Для механизации путевых работ в шахтах при колее 750 и 900 мм с рельсами Р18 и Р24 НИПИГормашем создан комплекс, состоящий из передвижной гидрофицированной установки ПГИ-2 с набором путевых гидравлических инструментов и бункер-вагона ББН-2. Инструменты питаются от маслостанции ПГИ-2, за исключением домкратов и рихтовщиков, которые имеют автономное питание. Бункер-вагон обеспечивает дозирование, рассыпание и разравнивание балласта. Установка ПГИ-2 питается от контактной сети постоянного тока напряжением 220—250 В. Применение его по данным НИПИГормаша позволяет поднять производительность труда на механизированных операциях в 2—10 раз. Изготовитель — Ирминский завод гидрооборудования (г. Кадиевка Луганской области).

Правильность укладки путей проверяется универсальным путеизмерительным шаблоном ПШ-1, которым можно измерить ширину колеи, профиль пути, превышение наружного рельса на кривых и наклон рельса внутри колеи. При отсутствии универсального шаблона используются простой путевой шаблон, ватерпас и зубчатая рейка.

Для облегчения ручного труда во время ремонта рельсовых путей ЦЭММ Орджоникидзеуголь изготавливают монорельсовую тележку, на которой установлен металлический ящик для складывания путевых инструментов. При перевозке других грузов ящик легко снимается.

Повышение уровня механизации при укладке новых путей может быть достигнуто созданием и применением машин, обеспечивающих комплексную механизацию всех операций. Для осуществления подбойки шпал, подъема и рихтовки путей институтом НИПИГормаш создан специальный комбайн. До этого была создана, прошла испытание на поверхности и намечалась к серийному выпуску Калужским заводом железнодорожного машиностроения переносная шпалоподбоекная машина СПБ-1 с электродвигателем напряжением 127 В. Машина обслуживается одним рабочим

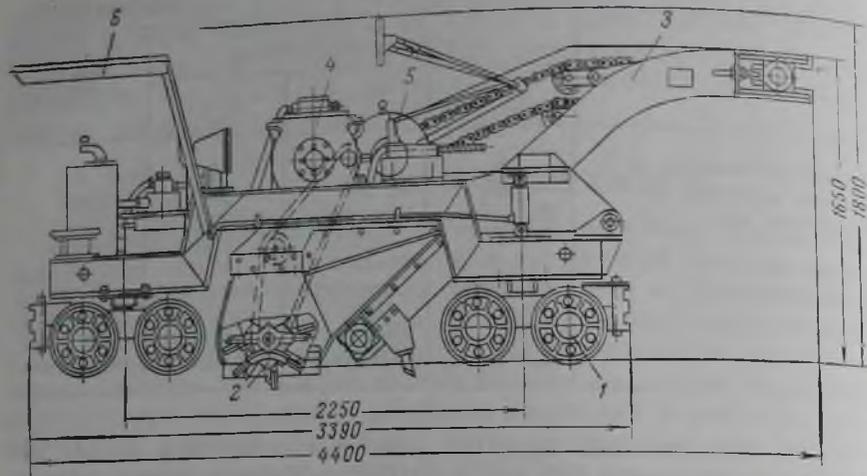


Рис. 79. Шахтная путеочистительная машина МПШ-900 Кв:

1 — ходовая тележка; 2 — щетка; 3 — конвейер; 4 — привод щетки; 5 — привод конвейера; 6 — кабина управления

и переносится на место 2—3 рабочими. На укладке пути она может заменить 20 рабочих. Для облегчения доставки к месту работ машина устанавливается на платформе грузоподъемностью 0,5 тс.

Для механизации погрузочно-разгрузочных работ на локомотивном транспорте институтом Гипроникель создан кран КРС-3 грузоподъемностью 3 тс и с максимальным вылетом стрелы 1,5—2 м. В последнее время на рудниках Кузнецкого металлургического комбината успешно прошел испытания кран АМШ-2К грузоподъемностью 4 тс и с вылетом стрелы 0,6—6,6 м института ВостНИГРИ.

Важное значение для механизации и улучшения эксплуатационных характеристик рельсового пути имеет применение для стыкового соединения рельсов электродуговой сварки при сроке службы магистральных выработок свыше 5 лет. При этом длина сваренных плетей может достигать 40 м.

Для быстрой проверки профиля пути на всем протяжении, а не в отдельных точках предназначен горный автомат-профилограф ГАП-1 конструкции ВНИМИ, который фиксирует на бумажной ленте отметки продольного профиля пути.

Для навески контактного провода, а также кабеля может быть использована специальная двусная или четырехосная тележка, которая имеет опоры с подшипниками для свободного вращения барабана и во время подвески провода прикрепляется к электровозу. С помощью таких тележек подвеску контактного провода производит бригада из двух человек — машиниста электровоза и электрослесаря. Производительность составляет 500—600 м в смену.

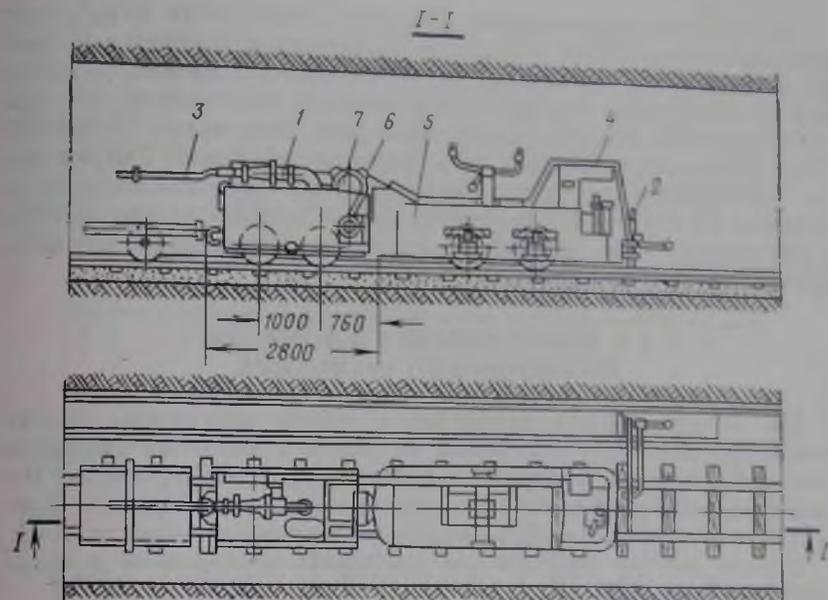


Рис. 80. Комбайн ОК для очистки водоотливных канавок:

1 — центрифуга; 2 — манипулятор; 3 — рукав шламовый; 4 — рукав напорный; 5 — электровоз; 6 — насос для откачки пульпы; 7 — электродвигатель

К довольно трудоемким и слабо механизированным работам в шахтах относится чистка путей и водоотливных канавок, которые выполняются часто вручную. На рис. 79 приведена шахтная путеочистительная машина МПШ-900 Кв, изготовленная Киселевским заводом горного машиностроения, которая предназначена для очистки путей от грязи, утоптанного и слежавшегося штыба, а также от отдельных кусков породы до 100 мм в однопутевых и двухпутевых горизонтальных выработках на прямых участках и закруглениях радиусом до 10 м. Рабочим органом машины является барабан, снабженный зубками и щетками. Убранный с помощью гребков и щеток материал двухцепным скребковым конвейером подается в прикрепленную вагонетку. Машина снабжена электродвигателем постоянного тока ЭДР-25Б, который питается от контактной сети. Передвижение машины осуществляется электровозом. Аналогичным по принципу действия, но несколько отличающимся конструктивным исполнением является комбайн для уборки выработок типа КУВ конструкции института Гипрорудмаш. Комбайн имеет три электродвигателя: один ходовой мощностью 14 кВт с числом оборотов в минуту 1140 и два конвейерных по 2,5 кВт с числом оборотов 1300 в минуту. Питание двигателей — от контактной сети. Фронт обслуживания — 3,5 м. Комбайн обслуживает один человек.

Для чистки водоотливных канавок в откаточных выработках предназначен комбайн ОК также конструкции института Гипро-рудмаш (рис. 80). Он состоит из гидромонитора, смонтированного на электровозе для размыва ила в канавке, винтового насоса для перекачивания пульпы, обезвоживающей центрифуги НО2Ш-800 и вагонеток, выполняющих роль бункеров для грязи. Гидромонитор управляется с помощью манипулятора. Производительность насоса — 29 м<sup>3</sup>/ч с содержанием в пульпе твердых частиц до 60% и при напоре 20 м. Установлен насос на специальной тележке, прицепленной к электровозу.

### § 6. ВЫБОР СРЕДСТВ И ПАРАМЕТРОВ ЛОКОМОТИВНОГО ТРАНСПОРТА

На выбор емкости вагонетки и массы электровоза влияет множество факторов, основными из которых являются производственная мощность шахты и расстояние транспортирования. На основании практики проектных организаций рекомендуется принимать вагонетки и электровозы в соответствии с данными табл. 51.

Другие авторы предложили принимать электровозы и вагонетки согласно табл. 52.

Институтом Центрогипрошахт на основании многовариантных технико-экономических расчетов определены рациональные области применения вагонеток и электровозов (рис. 81). Вагонетки для руды при наличии скипового подъема должны выбираться соответственно поперечным размерам электровоза и возможно большей емкости.

Таблица 51

Производственная мощность шахты, млн. т/год	Масса электровоза, т	Грузоподъемность вагонетки, тс
0,2—0,3	7	1,5—2
0,5—0,6	7—10	3
0,9—1	14	5—10

Таблица 52

Производственная мощность шахты, млн. т/год	Масса электровоза, т	Емкость вагонетки, м <sup>3</sup>
До 0,3	До 7	0,7
0,3—0,5	До 7	1—2
0,5—1	До 10	1—2
1—3	До 14	2—4
3 и более	До 28	4,8—8

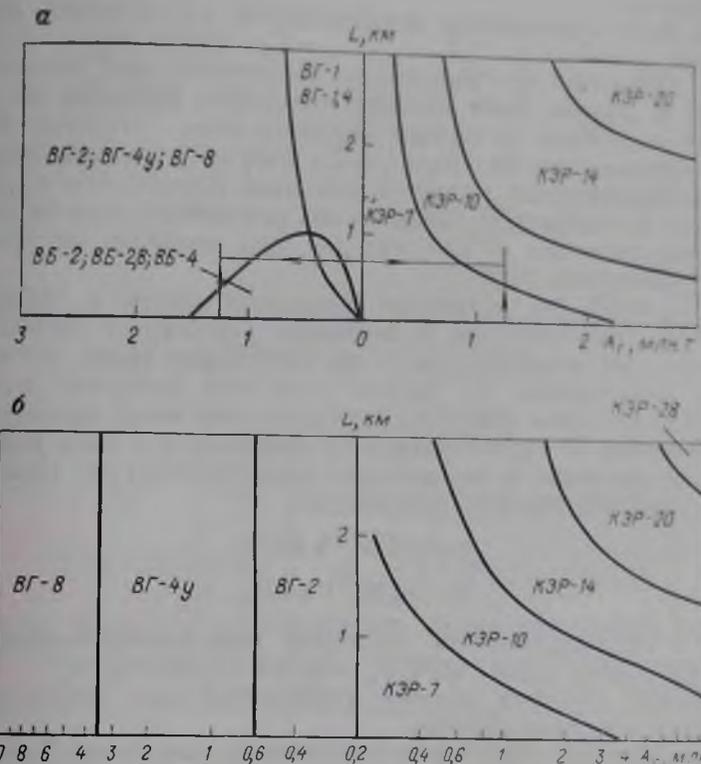


Рис. 81. Рациональные области применения электровозов и вагонеток на рудниках цветной (а) и черной (б) металлургии:  
L — плечо откатки;  $A_p$  — годовая производительность рудника

Основное сопротивление движению подвижного состава оказывает влияние на эксплуатационные показатели локомотивного транспорта. С уменьшением сопротивления вес поезда и скорость его движения возрастают, а расход энергии на транспортирование груза снижается. Следует, однако, отметить, что основное сопротивление движению оказывает, хотя и незначительно, противоположное влияние на величину тормозного пути, увеличивая его с уменьшением сопротивления и вызывая при необходимости сохранения тормозного пути некоторое снижение скорости.

В 1958—1961 гг. Днепропетровским горным институтом на основании экспериментальных замеров в эксплуатационных условиях шахт Донецкого и Криворожского бассейнов были определены удельные сопротивления  $w$  движению в составе угольных вагонеток грузоподъемностью 1—5 т и рудных вагонеток грузоподъемностью 5 и 10 т, значения которых выражаются уравнением общего вида

$$w = a + bv, \text{ кгс/т}, \quad (31)$$

где  $a$  и  $b$  — постоянные коэффициенты;  $v$  — скорость движения, м/с.

В 1966—1967 гг. Казахским политехническим институтом им. В. И. Ленина были впервые определены удельные сопротивления движению в составе большегрузных вагонеток ВГ-10 грузоподъемностью 25 т (при  $\gamma = 2,5$  т/м<sup>3</sup>) на основании замеров в эксплуатационных условиях рудников Ачисайского и Джезказганского комбинатов. Зависимость удельного основного сопротивления движению от скорости для этих вагонеток выражается также уравнением (31).

В табл. 53 для сравнения приведены значения удельного основного сопротивления  $w$  движению вагонеток в составе без учета и с учетом влияния скорости. Из таблицы видно, что в диапазоне реализуемых на шахтах скоростей движения поездов (2—3 м/с) удельные сопротивления движению могут приниматься в зависимости от грузоподъемности вагонетки без учета влияния скорости движения и определяться соответственно для грузеной и порожней вагонеток по уравнениям:

$$w_{гр} = 10,5G^{-1/2}, \text{ кгс/т}; \quad (32)$$

$$w_{п} = 10,2G_0^{-1/2}, \text{ кгс/т}, \quad (33)$$

где  $G$  — грузоподъемность вагонетки при заданной объемной массе насыпного груза, т/м<sup>3</sup>;  $G_0$  — масса вагонетки, т.

Влияние скорости должно учитываться при значительных скоростях движения поездов.

**Величины продольного уклона откаточных выработок.** Для тягового режима локомотива наиболее рациональным является уклон равного сопротивления, при котором тяговая сила при движении грузеного поезда под уклон и порожнего на подъем становится одинаковой. При современном подвижном составе величина такого уклона равна около 0,002.

Из соображения более интенсивного стока воды продольный уклон рельсового пути обычно приравнивают к продольному уклону водоотливной канавки откаточных выработок, величина которого по существующим нормам принимается равной 0,003—0,005, а проектными организациями — 0,004—0,005. При таких уклонах рельсовых путей не обеспечивается экономичное и безопасное вождение поездов в соответствии с естественной характеристикой тяговых двигателей электровоза, особенно при большегрузных вагонетках, так как из-за малых и отрицательных сопротивлений (табл. 54) и тяговых усилий приходится прибегать к искусственному ограничению скорости со всеми нежелательными последствиями.

В табл. 54 штриховыми линиями очерчены области значений  $w_{гр} - i$  для рекомендуемых предельных уклонов шахтных путей, из которой следует, что величина продольного уклона должна приниматься равной 0,003 для вагонеток грузоподъемностью

Таблица 53

Характеристика вагонетки			Значения $w$ , кгс/т			
Тип	грузоподъемность $G$ , т	масса тары $G_0$ , т	по установленной практике расчетов	по формуле (31)		по формулам (32) и (33)
				в общем виде	при $v = 2 \div 3$ м/с	
ВШ-1с	1	0,601	9	$7,6 + 1,1v$	$9,8 \div 10,9$	10,5
			11	$9 + 1,1v$	$11,2 \div 12,3$	12
ВШ-3т	2	1,078	8	$7 + 1,2v$	$9,4 \div 10,6$	8,3
			10	$7,9 + 1,2v$	$10,5 \div 11,5$	9,9
ВШ-5т	3	1,308	7	$6 + 0,2v$	$7,2 \div 7,4$	7,3
			9	$7,2 + 1,1v$	$9,4 \div 10,5$	8,9
ВД-5,6	5	2,66	6	$5,5 + 0,1v$	$5,7 \div 5,8$	6,13
			7	$4,8 + v$	$6,8 \div 7,8$	7,36
ВГ-6	10	3,81	—	$3,7 + 0,6v$	$4,9 \div 5,5$	4,85
			—	$6,2 + 1,1v$	$8,4 \div 9,5$	6,53
ВГ-10	20 ( $\gamma = 2$ т/м <sup>3</sup> )	9,35	—	$2,63 + 0,55v$	$3,7 \div 4,28$	3,88
			—	$3 + 0,57v$	$4,14 \div 4,7$	4,83

Примечание. В числителе приведены значения для грузеных вагонеток, в знаменателе — для порожних.

Таблица 54

Грузоподъемность вагонетки $G$ , т	$w_{гр}$ , кгс/т	$w_{гр} - i$ , кгс/т при уклоне, ‰			
		2	3	4	5
1	9	7	6	5	4
2	8	6	5	4	3
3	7	5	4	3	2
5	6	4	3	2	1
10	5	3	2	1	0
20	4	2	1	0	-1

до 3 т и 0,002 — для вагонеток большей грузоподъемности. При таких уклонах нормальный сток воды по водоотливной канавке вполне обеспечивается.

**Средневзвешенная длина откатки**

$$L = \frac{A_1 L_1 + A_2 L_2 + \dots + A_n L_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n},$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_n$  — суточная (сменная) добыча 1, 2, ...,  $n$ -го участка, т;  $L_1, L_2, \dots, L_n$  — длина 1, 2, ...,  $n$ -го откаточного участка, км.

Максимально допустимый вес грузового поезда определяется из условий сцепления при пуске на подъеме

$$P + Q_{гр} = \frac{1000P\psi}{102(1 + \gamma_a)j_0 + 1,5w_{гр} + i}, \text{ тс.} \quad (34)$$

где  $P$  — вес локомотива, тс;  $Q_{гр}$  — вес грузового состава, тс;  $\psi = 0,16 \div 0,18$  — коэффициент сцепления при пуске без подсыпки песка;  $\gamma_a = 0,075$  — коэффициент инерции вращающихся масс;  $j_0 = 0,03 \div 0,05 \text{ м/с}^2$  — ускорение при пуске;  $1,5$  — коэффициент, учитывающий загрязненность рельсовых путей на погрузочном пункте.

Если погрузочный пункт расположен вблизи закругления транспортной выработки, то должны быть учтены дополнительные сопротивления от кривой, определяемые по формуле

$$w_r = \frac{35}{\sqrt{R}},$$

где  $R$  — радиус кривой, м. При этом коэффициент сцеплений принимается равным  $0,22-0,24$  (с подсыпкой песка).

При фактической грузоподъемности вагонетки количество вагонок в составе

$$n = \frac{Q_{гр}}{G + G_0}. \quad (35)$$

После округления  $n$  уточненный вес грузового состава

$$Q_{гр} = n(G + G_0), \quad (36)$$

порожного состава

$$Q_n = nG_0. \quad (37)$$

Полезный вес поезда

$$Q = nG. \quad (38)$$

Средняя ходовая скорость поезда  $v = 0,75v_{дл}$ , м/с, где  $v_{дл}$  — скорость длительного режима электровоза, м/с.

Продолжительность движения грузового и порожнего поезда в течение рейса

$$T_{дв} = \frac{L}{30v}, \text{ мин.} \quad (39)$$

Общая продолжительность рейса

$$T_p = T_{дв} + t_n + t_{раз} + \theta, \text{ мин.} \quad (40)$$

Здесь  $t_n$ ,  $t_{раз}$  — соответственно время погрузки и разгрузки состава, мин;  $\theta = 10 \div 15$  мин — продолжительность маневров на один рейс с учетом возможных ожиданий.

Относительная продолжительность движения

$$\tau = \frac{T_{дв}}{T_p}.$$

Для электровозов максимально допустимый вес грузового поезда определяется из условий нагревания тяговых двигателей, т. е. по силе тяги:

$$P + Q_{гр} = \frac{F_{дл}}{\alpha \sqrt{\tau}(w_{гр} + i_{р.с})}, \quad (41)$$

где  $\alpha = 1,5$  — коэффициент, учитывающий работу электровоза во время погрузочно-разгрузочных и маневровых операций;  $i_{р.с} = 2\%$  — уклон равного сопротивления.

Из полученных значений веса поезда (по условиям сцепления и нагревания) принимается наименьшее.

Для выбранного веса поезда сила тяги на один двигатель в период установившегося движения для грузового поезда

$$F_{гр} = \frac{1}{n_{дв}}(P + Q_{гр})(w_{гр} + i), \text{ кгс;} \quad (42)$$

для порожнего поезда

$$F_n = \frac{1}{n_{дв}}(P + Q_n)(w_n + i), \text{ кгс,} \quad (43)$$

где  $n_{дв}$  — число двигателей.

Соответственно полученным значениям силы тяги по характеристике тяговых двигателей находятся точки тяговых двигателей и скорости движения:  $I_{гр}$ ,  $I_n$ ,  $v_{гр}$ ,  $v_n$ .

При движении поезда в соответствии с тяговой характеристикой электровоза расчетный тормозной путь для грузового поезда

$$l_{т} = \frac{51(1 + \gamma_a)v_{гр}^2}{1000P\psi_{т} + w_{гр} - i} + v_{гр}t_0 \leq 40 \text{ м,} \quad (44)$$

где  $\psi_{т} = 0,24$  — коэффициент сцепления в режиме торможения;  $t_0 = 3$  с — предтормозное время.

Аналогично определяется тормозной путь для порожнего поезда при соответствующих значениях веса поезда и удельного сопротивления движению порожних вагонеток. При этом перед  $i$  принимается знак плюс. Если расчетный тормозной путь окажется больше предусматриваемого ПБ, то необходимо уменьшить скорость, приняв режим работы электровоза с последовательным соединением тяговых двигателей. Для принятого режима определяется продолжительность рейса.

Проверка выбранного веса поезда по нагреванию тяговых двигателей производится по среднеквадратичной силе тока для наиболее удаленного участка.

При  $L > 1000$  м

$$I_{зк} = \alpha \sqrt{\frac{I_{гр}^2 T_{гр} + I_n^2 T_n}{T_p}} \leq I_{дл}, \quad (45)$$

где  $I_{дл}$  — длительный ток.

Обычно для электровозного транспорта рудных шахт проверка на нагревание почти всегда дает положительные результаты. При несоблюдении же условий (45) вес поезда должен быть уменьшен.

В дизелевозах с механической передачей и наличием коробки передач с несколькими ступенями скорость дизелевоза резко изменяется при переходе на следующую ступень. Поэтому тяговая характеристика дизелевоза при такой передаче имеет ступенчатый вид. Ввиду особенностей тяговой характеристики вес груженого поезда при дизельной тяге (в отличие от электрической) можно определить из условий торможения

$$P + Q_{гр} = \frac{1000 P \psi_1 (l_T - v t_0)}{55 v^2 - (l_T - v t_0) (w_{гр} - i)}, \text{ тс}, \quad (46)$$

где  $v$  — скорость движения дизелевоза при данной ступени передач, м/с. Тормозной режим при дизельной тяге не всегда может являться ограничивающим фактором для выбора веса поезда, так как увеличение последнего с соблюдением указанного режима можно достигнуть снижением скорости путем перехода на низшую ступень. Поэтому оптимальные вес и скорость поезда должны приниматься с учетом достижения наибольшей производительности локомотивосостава.

#### Определение количества и производительности локомотивосоставов

Число возможных рейсов одного локомотива в течение смены

$$r_p = \frac{60 T_{см}}{T_p}, \quad (47)$$

где  $T_{см} = 6 \div 6,5$  ч — продолжительность работы локомотива при 7-часовой рабочей смене.

Потребное число рейсов для вывозки груза за смену

$$r_{гр} = \frac{k k' A_{см}}{n G}, \quad (48)$$

где  $k = 1,5$  — коэффициент неравномерности работы локомотивного транспорта;  $k'$  — коэффициент, учитывающий выход породы;  $A_{см}$  — сменная производительность шахты, т.

Значение  $r_p$  округляется в меньшую, а  $r_{гр}$  в большую сторону.

С учетом людских рейсов  $r_n = 2$  (по одному рейсу на крыло) суммарное потребное число рейсов в смену

$$r_n = r_{гр} + r_n. \quad (49)$$

Потребное количество рабочих локомотивов

$$N = \frac{r_n}{r_p}. \quad (50)$$

Инвентарное (списочное) количество локомотивов

$$N_c = N + N_p, \quad (51)$$

где  $N_p$  — количество локомотивов, находящихся в резерве. Число резервных локомотивов принимается по числу рабочих локомотивов ( $N_p = 1$  при  $N < 6$ ,  $N_p = 2$  при  $N = 7 \div 12$  и  $N_p = 3$  при  $N \geq 13$ ).

#### Определение веса состава по экономическим факторам

Выбранный вес поезда по техническим условиям (сцеплению, нагреванию и торможению) без учета экономических показателей не всегда является оптимальным. Исходя из минимума затрат на локомотивный транспорт, полезный вес состава может быть определен для принятого типа локомотива и выбранной емкости вагонетки по формуле

$$Q = G \sqrt{\frac{\left(\frac{L}{30v} + \Theta\right) (k_l r_l j_l + r_{рс})}{\left(t'_n + \frac{t'_p}{z}\right) k_b r_{вг} j_b}}, \quad (52)$$

где  $k_l$  и  $k_b$  — коэффициенты инвентарности соответственно для локомотивов и вагонеток;  $r_l$  и  $r_{вг}$  — стоимость соответственно локомотива и вагонетки, руб.;  $j_l$  и  $j_b$  — коэффициенты, учитывающие амортизационные отчисления и отчисления на текущий ремонт;  $r_{рс}$  — годовая зарплата машинистов на один локомотив с начислениями, руб.;  $t'_n$  — время погрузки одной вагонетки, мин;  $t'_p$  — время одного опрокидывания, мин;  $z = 1; 2$  — число вагонеток, одновременно разгружаемых опрокидывателем.

Выражение (52) пригодно для действующих шахт, когда размеры подвижного состава не вызывают увеличения объема горных работ. Для новостроящихся и реконструируемых шахт должны учитываться затраты на горные работы.

#### Комплексная оптимизация параметров локомотивного транспорта методом экономико-математического моделирования

При реализации экономико-математической модели исходят из общего критерия — минимума затрат от искомых параметров, в качестве которых можно принять грузоподъемность (емкость) вагонетки, полезный вес поезда (либо число вагонеток в поезде) и ширину вагонетки. Другие параметры — длина вагонетки, сцепной вес локомотива, радиус закруглений рельсовых путей и т. п. определяются по установленным и принятым аналитическим зависимостям.

Оптимизация параметров локомотивного транспорта предусматривает наиболее выгодное использование сечения транспортных выработок с соблюдением конструктивных и эксплуатационных требований к подвижному составу. При формировании экономико-математической модели в виде стоимостной функции в зависимости от исследуемых параметров учитываются основные затраты, к которым относятся эксплуатационные расходы по локомотивному транспорту, стоимость амортизации и поддержания горных выработок с рельсовыми путями и расходы на энергию для транспорта воздуха по выработкам. При подсчете затрат по амортизации и поддержанию выработок принимаются выработки основного горизонта, которые можно подразделить на выработки, размеры которых зависят как от параметров вагонетки, так и от веса состава. К первой группе относятся выработки на прямых участках и на закруглениях, ко второй группе — выработки погрузочных пунктов, грузовой и порожняковой ветвей околоствольного двора и путевых разминок (разъездов).

Для определения перечисленных затрат установлены и приняты, кроме приведенных ранее, следующие аналитические зависимости:

Высота вагонетки из условий поперечной устойчивости

$$h = 1,04LS_p, \text{ м.} \quad (53)$$

где  $S_p$  — ширина рельсовой колеи, м.

Длина кузова двухосной вагонетки из условий продольной устойчивости

$$l = uS_6, \text{ м.} \quad (54)$$

где  $u = 2,5 \div 3$  — коэффициент продольной устойчивости вагонетки;  $S_6$  — база вагонетки, м.

Полная длина вагонетки

$$l_b = l + \delta, \text{ м.} \quad (55)$$

где  $\delta = 0,6 \div 0,7$  м — зазор между стенками кузова смежных вагонеток по данным практики.

Стоимость локомотива

$$r_d = r'_d P, \text{ руб.} \quad (56)$$

где  $r'_d$  — стоимость 1 т сцепного веса локомотива, руб.

Количество рабочих локомотивов

$$N = \frac{kk'A T_p}{60 T_{лн} G}, \text{ шт.} \quad (57)$$

где  $A$  — суточная производительность шахты, т;  $T_{лн}$  — продолжительность работы локомотивного транспорта в течение суток.

Инвентарное количество локомотивов и вагонеток:

$$N_{л} = k_{л} N, \text{ шт.} \quad (58)$$

$$N_{в} = k_{в} N n, \text{ шт.} \quad (59)$$

где  $k_{л}$  и  $k_{в}$  — коэффициенты резерва соответственно локомотивов и вагонеток.

Стоимость амортизации и поддержания в год магистральной выработки с рельсовыми путями

$$R_0 = (r'_i + r''_i S_i) L_i, \text{ руб.} \quad (60)$$

где  $r'_i$  и  $r''_i$  — стоимостные коэффициенты, зависящие от крепости пород, вида выработки и крепи, периода проходки, условий поддержания, типа рельсов, срока службы выработки и рельсовых путей;  $L_i$  — длина выработки, м.

Протяженность грузовой и порожняковой ветвей околоствольного двора

$$L_d = k_d n (l + \delta), \text{ м.} \quad (61)$$

где  $k_d$  — коэффициент емкости грузовой и порожняковой ветвей околоствольного двора.

Общая протяженность путевых разминок при тупиковой схеме откатки

$$L_p = n (l + \delta) (N - f_{кр}), \text{ м.}$$

где  $f_{кр} = 2$  при двукрылой и  $f_{кр} = 1$  при однокрылой работе шахты.

Радиус закруглений выработок

$$R = \tau_3 S_6, \text{ м.}$$

где  $\tau_3 = 10$  — отношение радиуса кривой к базе вагонетки.

При тележечных вагонетках  $R = \text{const}$  принимается по практическим данным (от 15 до 30 м, в отдельных случаях до 50 м).

Суммарная длина выработок на закруглениях

$$L_3 = \frac{\pi R \sum \varphi_i}{180} = \frac{R \sum \varphi_i}{57,3}, \text{ м.} \quad (62)$$

где  $\varphi_i$  — центральный угол кривой, градус.

Поперечные сечения транспортных выработок на прямых участках

$$S_i = a_i m + b_i, \text{ м}^2, \quad (63)$$

на закруглениях:

$$S_{3i} = a_i m + a_i \frac{u}{8\tau_3 h \mu \gamma} \cdot \frac{G}{m} + b_i, \text{ м}^2 \text{ при } R = \text{var.} \quad (64)$$

$$S_{3i} = a_i m + a_i \frac{1}{8R (h \mu \gamma)^2} \frac{G^2}{m^2} + b_i, \text{ м}^2 \text{ при } R = \text{const.} \quad (65)$$

Здесь  $a_i$  и  $b_i$  — коэффициенты, зависящие от формы поперечного сечения и назначения выработки, вида крепления (табл. 55).

Таблица 55

Форма выработки	$a_i$	$b_i$	$a_i''$	$b_i''$	$a_i'$	$b_i'$	$a_i''$	$b_i''$
	для магистральных выработок				для протяженных выработок околоствольного двора			
	однопутевых		двухпутевых		однопутевых		двухпутевых	
Прямоугольная . .	2,36	$\frac{2,24}{2,12}$	4,72	$\frac{2,69}{2,62}$	2,36	2,9	4,72	3,3
Трапецидальная . .	2,36	$\frac{2,81}{2,53}$	4,12	$\frac{3,36}{3,22}$	2,36	3,56	4,72	3,98
Арочная с металличе- ским креплением	3,20	2,07	6,4	2,39	3,2	3,5	6,40	4,15
Сводчатая с бетонным креплением . . .	3,41	0,87	6,82	1,55	3,41	2,57	6,82	3,25

Примечания: 1. Для магистральных выработок в числителе значения коэффициентов относятся к деревянной, сборной железобетонной и металлической крепи, в знаменателе — к каменной, монолитной, железобетонной и гладкостенной сборной железобетонной крепи.  
2. Для выработок околоствольного двора значения коэффициентов относятся к местам, где происходит сцепка и расцепка вагонеток.

Стоимость вагонетки  $r_{вг} = r_v + r_v'G$ , руб.

Здесь  $r_v' = r_v''/\gamma$ ,

где  $r_v$  и  $r_v''$  — коэффициенты, зависящие от существующих цен на вагонетки (для вагонеток с глухим неопрокидным кузовом  $r_v = 0$ ,  $r_v'' = 290$  руб/м<sup>3</sup>).

Вес локомотива из условий сцепления

$$P = \left( \frac{\rho'}{G} + \rho'' \right) nG, \text{ тс.} \quad (66)$$

где  $\rho'$  и  $\rho''$  — коэффициенты использования сцепного веса локомотива, значения которых приведены в табл. 56.

Таблица 56

Рудник	G, т	$l, \text{‰}$	$\psi$	$\rho'$	$\rho''$
Черной металлур- гии	1—3	3	0,17	0,063	0,134
	4—25	2		0,208	0,088
Цветной метал- лургии	1—3	3	0,17	0,080	0,140
	4—25	2		0,233	0,095

Общая депрессия выработок труднопроветриваемого направ-  
ления

$$\sum h_i = \sum \frac{\alpha_i e_i L_i Q_{вi}^2}{(a_i m + b_i)^{2,5}} \quad (67)$$

где  $\alpha_i$  — коэффициент аэродинамического сопротивления выработ-  
ки;  $e_i$  — коэффициент соотношения между периметром и сече-  
нием выработки;  $L_i$  — длина выработки, м;  $Q_{вi}$  — количество  
воздуха, которое проходит через выработку, м<sup>3</sup>/с.

Расходы на электроэнергию главного вентилятора шахты

$$R_{в} = \frac{Q_{вш} \sum h_i}{102\eta_{в}} n_c n_q c_3, \text{ руб/год,} \quad (68)$$

где  $Q_{вш}$  — количество воздуха, проходящее через вентилятор,  
м<sup>3</sup>/с;  $n_c = 305$  — число суток работы вентилятора в год;  $n_q =$   
 $= 22$  — число часов работы вентилятора в сутки;  $c_3$  — стоимость  
электроэнергии с учетом доплаты за установленную мощность,  
руб/кВт·ч;  $\eta_{в} = 0,6$  — к. п. д. вентиляторной установки.

Просуммировав эксплуатационные расходы по локомотивному  
транспорту и затраты по горным работам и вентиляции, получим  
экономико-математическую модель, в которой переменными  
являются  $Q$ ,  $G$  и  $m$  либо  $n$ ,  $G$  и  $m$ .

Для наиболее характерных технологических схем локомотив-  
ного транспорта рудных шахт экономико-математическая модель  
может быть представлена в виде стоимостной (целевой) функции:

$$\begin{aligned} \varphi(m, G, Q) = & D_1 Q + \frac{D_2}{Q} + D_3 G + \frac{D_4}{G} + D_5 \frac{Q}{G} + D_6 m + D_7 \frac{mQ}{G} + \\ & + D_8 \frac{Q}{m} + D_9 \frac{G}{m} + D_{10} \frac{G^2}{m^2} + \frac{D_{11}}{m} + D_{12} \frac{m}{G} + \frac{D_{13}}{(a_i m + b_i)^{2,5}} + \\ & + D_{14} \frac{Q}{G^2} + D_{15} \frac{Q}{mG} + D_{16} \frac{mQ}{G^2} + D_{17}, \text{ руб/год.} \end{aligned} \quad (69)$$

Формулы для вычисления коэффициентов  $D_i$  приведены  
в табл. 57, где подстрочные индексы (д, р, з) при коэффициен-  
тах  $a_i$  и  $b_i$  обозначают соответствующие выработки околостволь-  
ного двора, разъездов и закруглений.

Значения коэффициентов  $C_i$  приведены в табл. 58.

Для определения оптимальных параметров локомотивного  
транспорта необходимо минимизировать целевую функцию. Эта  
функция после нахождения частных производных по  $Q$  и  $G$  и

Таблица 57

Переменные		$D_i$	Формулы для вычисления
$n, G, m$	$Q, Gm$		
$nG$	$Q$	$D_1$	$C_3 A t_2 + \frac{r'' u a_d k_d}{h \mu \gamma} + C A \frac{r_i a_p t_2}{h \mu \gamma}$
$\frac{1}{nG}$	$\frac{1}{Q}$	$D_2$	$C_2 A \left( \frac{L}{30v} + \theta' \right)$
$G$		$D_3$	$\frac{\tau_3 \sum \varphi_i r_i a_3}{57,2 u h \mu \gamma}$
$\frac{1}{G}$		$D_4$	$A \left[ C_1 \left( \frac{L}{30v} + \theta' \right) + C_1' \right] + C A \delta \left( \frac{L}{30v} + \theta'' \right) \times$ $\times (r_i + r_{ib_p})$
$n$	$\frac{Q}{G}$	$D_5$	$C_4 A + (r_i + r_{ib_d}) k_d \delta + \delta (C A t_2 - f_{кв}) (r_i + r_{ib_p}) +$ $+ C A \frac{r_i a_p}{h \mu \gamma} \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right)$
$m$		$D_6$	$\sum r_i a_i L_i + \frac{R \sum \varphi_i r_i^2 t_3}{57,3}$
$\frac{m n}{nG}$	$\frac{m Q}{G}$	$D_7$	$r_i a_d k_d \delta + \delta r_i a_p (C A t_2 - f_{кв})$
$\frac{nG}{m}$	$\frac{Q}{m}$	$D_8$	$\frac{k_d}{h \mu \gamma} (r_i + r_{ib_d}) + \frac{\delta}{h \mu \gamma} (r_i + r_{ib_p}) (C A t_2 - f_{кв})$
$\frac{G}{m}$		$D_9$	$\frac{\tau_3 \sum \varphi_i}{57,3 u h \mu \gamma} (r_i + r_{ib_3})$
$\frac{G^2}{m^2}$		$D_{10}$	$\frac{\sum \varphi_i r_i a_3}{458 (h \mu \gamma)^2}$
$\frac{1}{m}$		$D_{11}$	$\frac{C A}{h \mu \gamma} \left( \frac{L}{30v} + \theta' \right) (r_i + r_{ib_p})$
$\frac{m}{G}$		$D_{12}$	$C A \delta \left( \frac{L}{30v} + \theta' \right) r_i a_p$
$\frac{1}{(a_1 m + b_1)^{2.5}}$		$D_{13}$	$\frac{Q_{гшн} n_c n C_3}{102 \eta} \sum \alpha_i r_i L_i Q_{бi}^2$
$\frac{n}{G}$	$\frac{Q}{G^2}$	$D_{14}$	$C_5 A + C A \delta (r_i + r_{ib_p}) \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right)$
$\frac{n}{m}$	$\frac{Q}{mG}$	$D_{15}$	$\frac{C A (r_i + r_{ib_p})}{h \mu \gamma} \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right)$
$\frac{m n}{G}$	$\frac{m Q}{G^2}$	$D_{16}$	$C A \delta r_i a_p \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right)$

Таблица 58

Переменные		$C_i$	Формулы для вычисления $C_i$
$n, G$	$Q, G$		
$\frac{1}{G}$		$C_1$	$C (k_{лг} r_{лг} \rho' + k_{вг} r_{вг})$
$\frac{1}{G}$		$C_1'$	$C r_{гс} \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right)$
$\frac{1}{nG}$	$\frac{1}{Q}$	$C_2$	$C r_{гс}$
$nG$	$Q$	$C_3$	$C t_2 (k_{лг} r_{лг} \rho' + k_{вг} r_{вг})$
$n$	$\frac{Q}{G}$	$C_4$	$C \left[ (k_{лг} r_{лг} \rho' + k_{вг} r_{вг}) \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right) + \right.$ $\left. + (k_{лг} r_{лг} \rho' + k_{вг} r_{вг}) t_2 \right]$
$\frac{n}{G}$	$\frac{Q}{G^2}$	$C_5$	$C (k_{лг} r_{лг} \rho' + k_{вг} r_{вг}) \left( t_1 + \frac{t_p}{z} \right)$ $C = \frac{k k'}{60 T_n}$

Примечание.  $t_1$  и  $t_2$  — постоянные коэффициенты, значения которых для черной и цветной металлургии соответственно равны  $t_1 = 0,68$  и  $0,57$ ;  $t_2 = 0,37$  и  $0,2$ .

решения полученных уравнений приобретает для постоянных  $m$  минимальное значение при

$$G = \frac{(D_5 + D_7 m) m + D_{15} + \sqrt{[(D_5 + D_7 m) m + D_{15}]^2 + 4 \left[ D_2 \frac{m}{Q^2} - (D_1 m + D_8) \right] (D_{14} + D_{16} m) m}}{2 \left[ D_2 \frac{m}{Q^2} - (D_1 m + D_8) \right]}, \tau; \quad (70)$$

$$Q = \frac{2 D_{10} \frac{G^3}{m^2} + \left( D_3 + \frac{D_9}{m} \right) G^2 - (D_4 + D_{12} m)}{D_5 + D_7 m + \frac{D_{15}}{m} + \frac{2(D_{14} + D_{16} m)}{G}}, \tau. \quad (71)$$

Для транспортной сети с магистральными выработками однопутевыми без разминок и двухпутевыми ( $D_{11} = 0$ ,  $D_{12} = 0$ ,  $D_{15} = 0$ ,  $D_{16} = 0$ ) предыдущие выражения принимают вид

$$G = \frac{(D_5 + D_7 m) m + \sqrt{[(D_5 + D_7 m) m]^2 + 4 \left[ D_2 \frac{m}{Q^2} - (D_1 m + D_8) \right] D_{14} m}}{2 \left[ D_2 \frac{m}{Q^2} - (D_1 m + D_8) \right]}, \tau; \quad (72)$$

$$Q = \frac{2 D_{10} \frac{G^3}{m^2} + \left( D_3 + \frac{D_9}{m} \right) G^2 - D_4}{D_5 + D_7 m + \frac{2 D_{14}}{G}}. \quad (73)$$

При тележечных вагонетках ( $D_3 = 0, D_9 = 0$ ) выражения (73) переписываются в виде

$$Q = \frac{2D_{10} \frac{G^3}{m^2} - D_4}{D_5 + D_7 m + \frac{2D_{14}}{G}}, \text{ т.} \quad (74)$$

Задаваясь значением  $m$  с соответствующим шагом, из уравнений (70)–(74) можно определить  $Q$  и  $G_i$ , затем для полученных значений  $m_i, G_i$  и  $Q_i$  подсчитать значения целевой функции без учета постоянной составляющей, не зависящей от искомых параметров. По минимуму функции принять значения  $m, G$  и  $Q$ .

При минимизации функции вводятся ограничения:

а) для ширины вагонетки

$$m_{\min} = m_{\text{л}};$$

$$m_{\max} = 2,4 \text{ м};$$

$$m \geq m_{\text{в}},$$

где  $m_{\min}$  — минимальная ширина вагонетки;  $m_{\text{л}}$  — наименьшая ширина электровоза при колее 600 и 900 мм;  $m_{\text{в}}$  — ширина вагонетки из условия пропускания предельно допустимого количества воздуха по ПБ;

б) для высоты вагонетки согласно условию (53).

Кроме того, при тупиковой схеме откатки предусматриваются ограничения для количества одновременно курсирующих поездов по однопутевой транспортной выработке без путевых разминок и с разминочками.

Ниже рассмотрим пример решения задачи по оптимизации основных параметров локомотивного транспорта применительно к условиям рудника с грузопотоком по основному горизонту 6000 т в сутки, средневзвешенной длиной откатки 3200 м и сетью транспортных выработок протяженностью, м:

Рудные штреки . . . . .	7 440
Полевые выработки . . . . .	11 630
В том числе на закруглениях при $R=30$ м и $\Sigma \varphi_i = 5270^\circ$ . . . . .	2 760
Всех выработок . . . . .	19 070

Для расчетов стоимостные параметры по проведению выработок и укладке путей определены по данным проекта, а по их поддержанию — по данным предприятия. Крепление выработок — набрызгбетоном. Срок отработки горизонта — около 8 лет. Количество воздуха и распределение вентиляционных струй по блокам пропорционально добыче руды приняты в соответствии с проектом и данными рудника. Режим работы рудника двухсменный при пятидневной рабочей неделе.

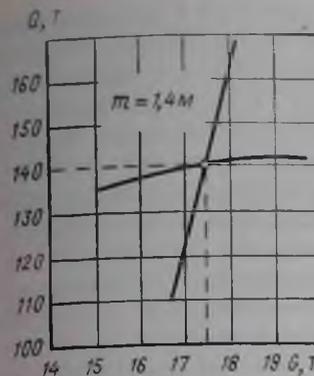


Рис. 82. Графическое решение системы уравнений (72) и (74)

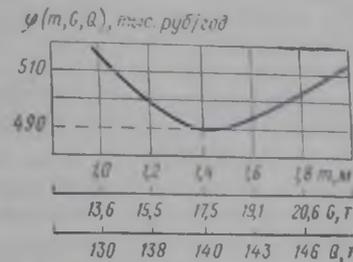


Рис. 83. График зависимости стоимостной функции  $\varphi$  от параметров локомотивного транспорта  $m, G, Q$

Ориентируясь на эксплуатацию тележечных вагонеток, для решения задачи используются уравнения (72) и (74), а целевая функция (69) применяется в виде

$$\varphi(m, G, Q) = D_1 Q + \frac{D_2}{Q} + \frac{D_4}{G} + D_5 \frac{Q}{G} + D_6 m + D_7 \frac{mQ}{G} + D_8 \frac{Q}{m} + D_{10} \frac{G^2}{m^2} + \frac{D_{13}}{(a_1 m + b_1)^{2,5}} + D_{14} \frac{Q}{G^2}, \text{ руб/год.}$$

Для принятых исходных данных на рис. 82 приведено графическое решение системы уравнений (72) и (74), а на рис. 83 изображен график зависимости стоимостной функции  $\varphi$  от параметров локомотивного транспорта. Из графика следует, что оптимальные значения параметров  $m, G$  и  $Q$  соответственно равны 1,4 м, 17,5 т и 140 т.с.

При таких параметрах длина кузова вагонетки

$$l = \frac{G}{m \mu \gamma} = \frac{17,5}{1,4 \cdot 1,55 \cdot 0,63 \cdot 1,75} = 7,3 \text{ м.}$$

Потребный сцепной вес электровоза

$$P = \left( \frac{\rho'}{G} + \rho'' \right) Q = \left( \frac{0,233}{17,5} + 0,095 \right) 140 = 15,1 \text{ тс.}$$

По расчетным данным из серийно выпускаемых транспортных средств могут быть приняты вагонетки ВГ-8М и электровоз 2К14-2.

Оптимизация параметров локомотивного транспорта относится к многофакторной задаче. Ее решение на основе обычного (ручного) счета характеризуется большой трудоемкостью. Использование современных электронных цифровых вычислительных машин позволяет значительно увеличить быстроту и точность расчетов, полнее учесть взаимодействие влияющих и ограничивающих факторов.

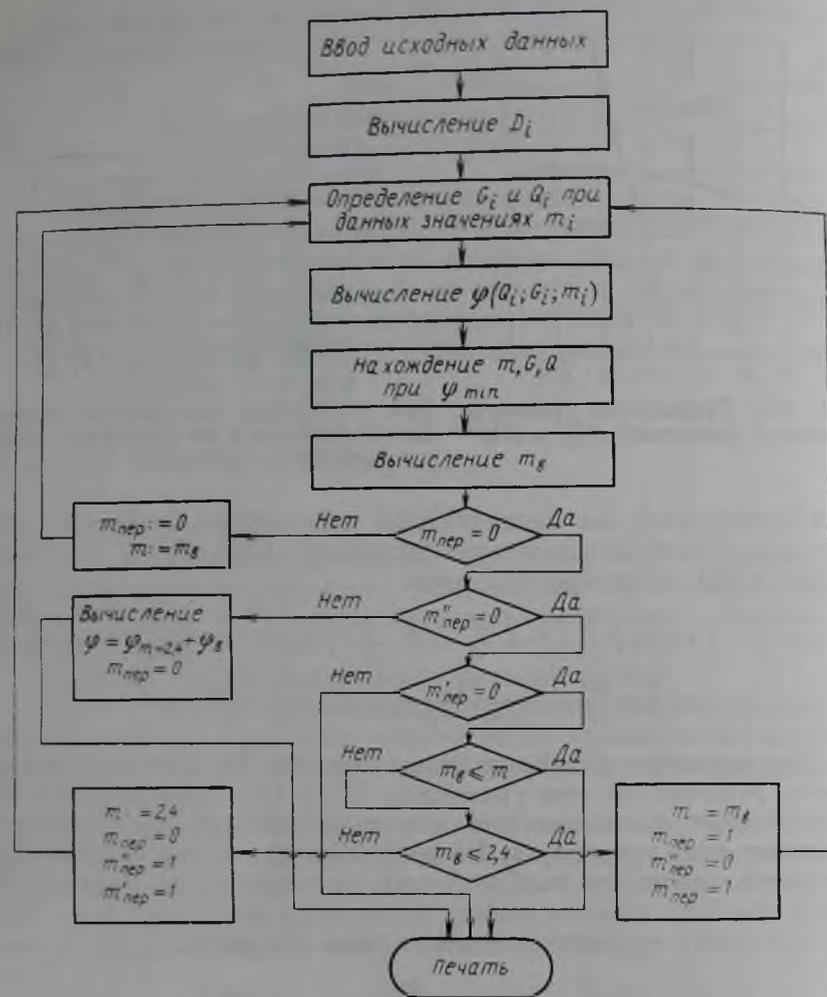


Рис. 84. Блок-схема и программа расчета оптимальных параметров локомотивного транспорта на машине БЭСМ-4

Для расчета оптимальных параметров локомотивного транспорта рудных шахт с кольцевой схемой откатки и установления рациональных областей применения этих параметров можно воспользоваться блок-схемой (рис. 84) к программе для машины БЭСМ-4. Блок-схема предусматривает использование стандартной программы № 0123 (метод Мюллера) для определения  $G$  и  $Q$  при постоянных значениях  $m$  из бинома, полученного при решении уравнений (72) и (74). Проверка высоты вагонетки по условиям поперечной устойчивости в блок-схеме опущена, так как при существующих радиусах закруглений путей и скоростях движения шахтных поездов эта устойчивость для большегрузных вагонеток

обеспечивается с большим запасом. В зависимости от природных факторов, горпотехнических условий, производительности шахты и расстояния транспортирования, срока службы горизонта и других исходных данных программа предусматривает выдачу оптимальных значений геометрических размеров и грузоподъемности вагонеток, полезного веса поездов и сцепного веса локомотивов, числа вагонеток в составе, а также значений целевой функции. Комплексное определение основных параметров локомотивного транспорта на основе экономико-математической модели, формирование и реализация которой осуществляются на кибернетических началах с использованием вероятностных зависимостей и математического анализа, позволяет не только устанавливать рациональные области применения серийно выпускаемых шахтных вагонеток и электровозов, но и определить оптимальные параметры новых транспортных средств в соответствии с научно-техническим прогрессом в области технологии подземной разработки месторождений.

## МЕХАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПРИ КОНВЕЙЕРНОМ ТРАНСПОРТЕ

### § 1. КОНВЕЙЕРНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ

Отечественным и зарубежным опытом установлено, что непрерывный транспорт является наиболее прогрессивным по интенсивности грузопотоков, наличию резервов производительности и экономическим показателям. Конвейерный транспорт ранее применялся для мягких и рыхлых руд, сейчас его начали внедрять и на рудниках, добывающих скальные и крепкие руды. В настоящее время благодаря массовому выпуску резинотканевых лент из синтетических материалов и неудлиняющихся резинотросовых лент, а также применению более рациональных конструкций конвейерных ставов экономически выгодным стало применять конвейерный транспорт для доставки крепких пород на большие расстояния. Кроме ленточных и ленточно-канатных конвейеров в последнее время на подземных рудниках начали эксплуатировать пластинчатые конвейеры.

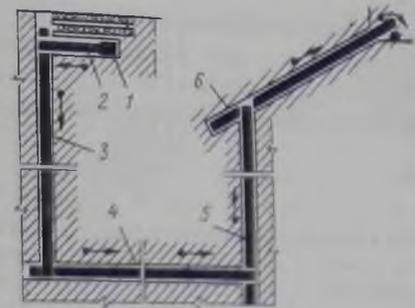
Доля конвейерного транспорта на подземных рудниках пока еще невелика, однако опыт работы отдельных рудников США, ГДР, Франции, Японии, Канады подтверждает целесообразность применения конвейерного транспорта. Такое направление в развитии доставки руд конвейерным транспортом объясняется рядом ценных его качеств:

- а) непрерывностью транспортирования, независимостью производительности от длины доставки;
- б) возможностью транспортирования полезного ископаемого по выработкам меньшего сечения, чем при локомотивной откатке и с углом наклона до  $35^\circ$ ;
- в) ограниченной потребностью в обслуживающем персонале;
- г) меньшей энергоемкостью;
- д) сравнительно легкой автоматизацией работы и др.

При новых системах разработки с интенсификацией и концентрацией очистных работ конвейерный магистральный транспорт может дать большой экономический эффект.

Ленточные и канатно-ленточные конвейеры эксплуатируются на доставке руд крупностью до 200—300 мм, пластинчатые

Рис. 85. Технологическая схема конвейерного транспорта руды от забоя на поверхность (шахта № 7 Никопольского марганцевого бассейна):  
1 — комбайн МБЛ в заходке; 2 — конвейер КЛЭ в заходке; 3 — конвейер Л-65м в выемочном штреке; 4 — конвейер КЛ-150 в панельном штреке; 5 — конвейер КЛ-150 в главном штреке; 6 — конвейер КРУ-260 в наклонном стволе



конвейеры — на транспортировании абразивных и крупнокусковых руд.

На рис. 85 дана схема транспортирования руды из забоя на поверхность посредством ленточных конвейеров. Руда на конвейер в забое грузится различными средствами (комбайнами, погрузочными машинами, ПДМ и пр.).

На рис. 86 приведена схема доставки руды ленточными конвейерами до бункера околоствольных дворов. За рубежом распространена комбинированная схема, где ленточные или пластинчатые конвейеры устанавливаются по магистральным выработкам, а руда доставляется к ним из забоев челночными вагонами или погрузочно-доставочными машинами.

Скребокковые или пластинчатые конвейеры могут устанавливаться в панельных штреках и доставлять руду до бункера головного подземного конвейера. Последний размещается под углом  $16-18^\circ$  в наклонном стволе длиной до 1 км. Этот конвейер доставляет руду на поверхность.

Транспортная схема (рис. 87) является также комбинированной: руда из забоев по откаточным штрекам до рудоспусков доста-

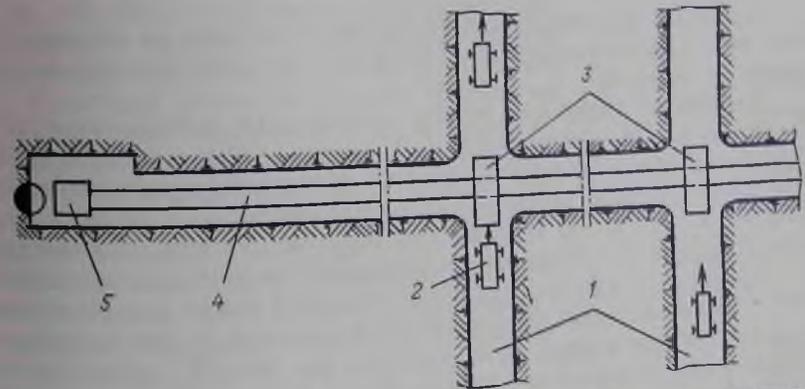


Рис. 86. Технологическая схема комбинированного транспорта руды к стволу:  
1 — транспортные штреки; 2 — самоходный челночный вагон; 3 — разгрузочный бункер;  
4 — магистральный конвейер; 5 — бункер ствола

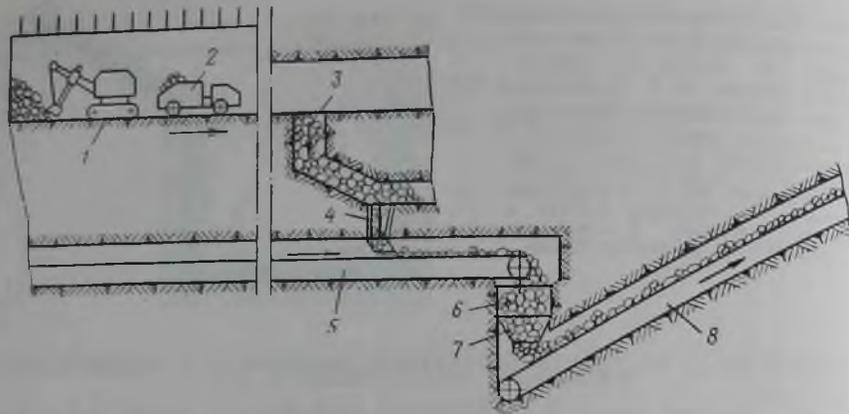


Рис. 87. Технологическая схема комбинированного транспортирования руды с наклонным стволом:

1 — экскаватор; 2 — автосамосвал; 3 — рудоспуск; 4 — щековая дробилка; 5 — ленточный конвейер; 6 — аккумулярующий бункер; 7 — конусные дробилки; 8 — ленточный конвейер наклонного ствола

вляется автосамосвалами или ПДМ. В устьях рудоспусков устанавливаются щековые дробилки крупного дробления. Дробленая руда ленточным конвейером транспортируется к бункеру околоствольного двора, из которого она попадает на конусную дробилку и, пройдя вторичное дробление, подается ленточным конвейером в наклонном стволе на обогатительную фабрику.

В комплекс конвейерного транспорта входят конвейеры, погрузочные устройства и эстакады, разгрузочные устройства, приспособления для очистки лент, уборки штыба из-под конвейеров.

## § 2. КОНВЕЙЕРЫ

Наибольшее распространение на доставке руды по магистральным выработкам получили ленточные, ленточно-канатные и пластинчатые конвейеры.

**Ленточные конвейеры** имеют относительно небольшую массу, высокую производительность, большую длину одного става, незначительное измельчение породы при транспортировании, малую удельную энергоемкость, способны изгибаться в вертикальной плоскости, безопасны и бесшумны в работе, просты по конструкции. Этому типу конвейеров свойственны недостатки: значительная высота, сложность переноски, быстрый износ дорогостоящей ленты, большая чувствительность к искривлению оси конвейеров в плане, ограниченный угол подъема (до  $15-18^\circ$ ), возможность пробуксовки и загорания ленты. Часть этих недостатков ликвидируется в ленточно-канатных конвейерах, у которых тяговые усилия воспринимаются канатами, а связанная с ними лента является только несущим органом.

**Пластинчатые конвейеры** [2] дают возможность транспортировать на значительное расстояние тяжелую абразивную горючую массу с кусками больших размеров, а изгибающиеся конвейеры могут работать в криволинейных выработках с малыми радиусами поворота.

Пластины изготавливаются штамповкой с ребрами жесткости из стального листа толщиной 4—8 мм. В последнее время начали применять пластины из пластмасс. Тяговым органом конвейера являются пластинчатые и круглозвенные цепи; последние применяются на изгибающихся конвейерах. Ходовые и направляющие ролики полотна имеют закрытую конструкцию, подшипники качения выполнены с лабиринтным уплотнением. Несущая рама става по конструкции примерно одинакова во всех конвейерах и состоит из стоек, верхних и нижних направляющих. Она выполняется в виде секций длиной 2,5—3,5 м. Наиболее распространенными являются направляющие для роликов из углового проката.

В пластинчатых конвейерах в зависимости от их производительности, длины, угла наклона и характера трассы применяются концевые и промежуточные приводы. Мощность двигателей принимается в пределах 20—85 кВт. Для обеспечения плавности пуска приводы снабжаются тяговыми гидромуфтами. Редукторы приводов обычно трехступенчатые с расположением оси двигателя параллельно оси конвейера. В последнее время начали использовать на конвейерах объемные гидроприводы, обеспечивающие бесступенчатое регулирование скорости движения полотна. При большой длине конвейера устанавливают промежуточные приводы, обычно гусеничные.

Натяжные устройства пластинчатых конвейеров выполняются жесткими или податливыми; первые из них получили наибольшее распространение.

**Пластинчатый конвейер для скальных пород и руд КФР-1** (рис. 88) создан кафедрой технологии и комплексной механизации разработки месторождений полезных ископаемых Казахского политехнического института им. В. И. Ленина (см. табл. 8).

Пластины рабочего полотна выполнены из листовой стали, дополнительно они футеруются отрезками транспортной ленты. Футеровка крепится к пластине планками и заклепками в нескольких точках. Она предохраняет пластины от истирания, гарантирует возможность длительной эксплуатации конвейера, делает его работу бесшумной. Но главное ее назначение — устранить возможность просыпания рудной мелочи, а также исключить заклинивание пластин из-за попадания твердых кусков руды в зазоры, защищает полотно от коррозии.

Конвейер КФР-1 впервые был изготовлен в Джезказгане и установлен в шахте № 51 Восточно-Джезказганского рудника, и транспортировал руду крупной кусковатости от забоя до рудоспуска. Руда из забоев на конвейер доставлялась самоходными вагонами грузоподъемностью 10 т. Загрузочное устройство

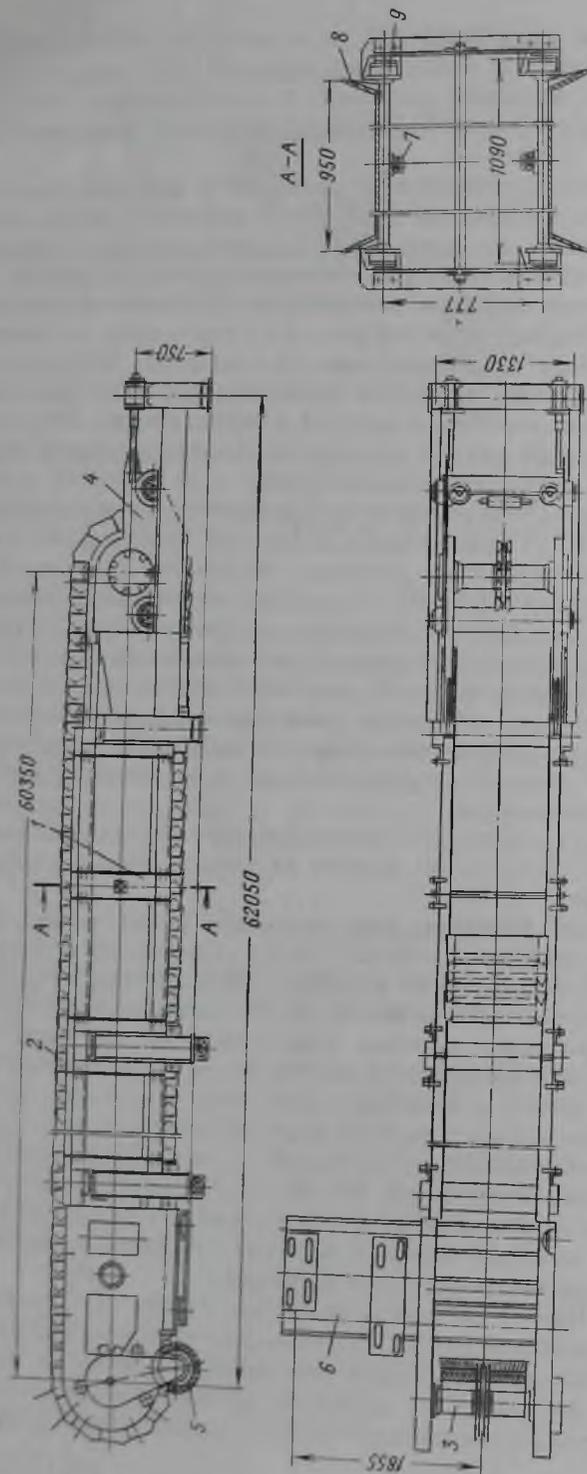


Рис. 88. Пластинчатый конвейер КФР-1: 1 — рама става; 2 — несущее полотно; 3 — приводная и 4 — натяжная станции; 5 — устройство для очистки штабы; 6 — пластина для штабы; 7 — тяговая цепь; 8 — пластина; 9 — ходовые ролики

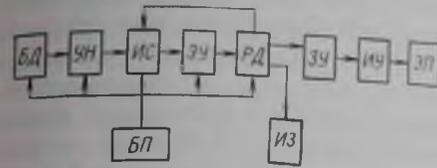


Рис. 89. Блок-схема автоматического регулирования скорости полотна:  
 БД — блок питания; БД — группа силовых измерительных элементов; УН — орган установки нуля; ИС — измерительная схема; ЭУ — электронный усилитель; РД — реверсивный двигатель; ИЗ — индикатор загрузки; ЗУ — загрузочное устройство; ИУ — исполнительное устройство; ЭП — привод конвейера

находилось на расстоянии 3 м от натяжной звездочки. Высота падения кусков руды колебалась от 20 см до 1 м. Отдельные негабаритные куски руды, достигающие 1,2 м в ребре, доставлялись вместе с общим потоком горной массы без каких-либо затруднений.

Средняя нагрузка на несущем полотне составила 180—200 кг/м, максимальная нагрузка 750 кг/м. Таким образом, расчетная производительность конвейера КФР-1 при скорости несущего полотна 0,66 м/с может быть принята 1800 т/ч, а при скорости, равной 3 м/с, может быть равна 8000 т/ч. При испытаниях максимальная эксплуатационная производительность достигала лишь 300 т/ч, а средняя — 200 т/ч, что объясняется отсутствием руды в забоях.

Средний коэффициент сопротивления движению составил 0,024. Средняя потребляемая мощность при холостом ходе 6,4—6,6 кВт. При загруженном конвейере с нагрузкой 80—220 кг/м потребляемая мощность возросла до 7,8—8,2 кВт. Следовательно, коэффициент полезного действия конвейера равен 0,5, минимальный радиус закруглений 20—25 м. Как показали замеры, износ движущихся частей и направляющих оказался незначительным. Результаты промышленных испытаний конвейера показали его полную работоспособность на шахтах Джезказгана.

С 1973 г. конвейер КФР-1 работает на уклоне (шахта № 42) под углом 27° для подъема руды с нижележащих участков на основной горизонт откатки. При использовании дополнительных приспособлений (поперечные цепи, перегородки и др.) угол установки может быть значительно увеличен.

Работа конвейерной установки может быть полностью автоматизирована с применением замкнутой цепи с обратной связью. Казахским политехническим институтом им. В. И. Ленина создан регулируемый привод и разработана схема, позволяющая автоматически изменять скорость полотна в зависимости от полезной нагрузки.

Блок-схема для осуществления такого регулирования показана на рис. 89. Задающим элементом схемы является индикатор загрузки ИЗ, который служит для автоматического контроля загрузки. Если в приводе конвейера используется многоскоростной электродвигатель, то необходимо применять в блоке индикатора загрузки потенциометр с электроконтактным регулирующим устройством. При регулировании скорости двигателя посредством

тиристорного преобразователя частоты используется потенциометр с дистанционной передачей показаний. Исполнительное устройство ИУ включает в себя или магнитную станцию для управления многоскоростным двигателем, или тиристорный преобразователь.

Работа магистральных и аккумуляторных конвейеров может сочетаться с работой циклично-действующих забойных машин или с машинами непрерывного действия. Внедрение забойных пластинчатых конвейеров дает возможность при уменьшении сечения выработок горизонта доставки значительно сократить стоимость и увеличить производительность доставки, повысить культуру труда. Наибольший эффект должны дать самоходные забойные конвейеры, которые обеспечат выдачу горной массы непосредственно от забоя до капитального рудоспуска. Такие конвейеры могут применяться при разработке системами с открытым очистным пространством для работы в комплексе с машинами непрерывного действия, оборудованными погрузочными конвейерами, или в комплексе с погрузочными машинами циклического действия.

### § 3. РАСЧЕТ КОНВЕЙЕРНЫХ УСТАНОВОК

Выбор пластинчатых или ленточных магистральных конвейеров производится по следующим основным факторам: месту установки; свойствам транспортируемого груза; углу наклона трассы; расчетной производительности грузопотока; длине транспортирования.

Методика расчета ленточных и скребковых конвейеров достаточно подробно изложена в отечественной горнотехнической литературе. Ниже дается порядок расчета пластинчатых конвейеров.

К основным параметрам пластинчатых конвейеров относятся ширина и высота пластин полотна, производительность, скорость движения рабочего полотна, число тяговых цепей, мощность двигателей, минимальный радиус поворота. Главный параметр (ширина полотна) выбирается по нормальному ряду: 500, 650, 800, 1000 и 1200 мм. Высота бортов зависит от ширины пластин и принимается в пределах от 140 до 250 мм. Оптимальная скорость движения колеблется от 0,8 до 1,5 м/с, а максимальная скорость может достигать 2—3 м/с. Однако эти цифры требуют опытной проверки с учетом надежности конструкции.

Площадь поперечного сечения транспортируемого материала на полотне

$$F = \frac{Q}{3600v\gamma c}, \text{ м}^2, \quad (75)$$

где  $Q$  — заданная часовая производительность грузопотока, т/ч;  $v$  — скорость движения полотна, м/с;  $\gamma$  — объемная масса материала в разрыхленном состоянии, т/м<sup>3</sup>;  $c$  — коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера  $\beta$ ; для  $\beta \leq 30^\circ$   $c \approx (100 - \beta)/100$ .

На конвейерах для скальных пород применяют пластины лоткового типа. Выразив  $F$  в формуле (75) через параметры полотна, найдем ширину  $B$ :

$$B = \sqrt{\left(\frac{2h}{\operatorname{tg} \varphi}\right)^2 + \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi} + \frac{Q}{900v\gamma \operatorname{tg} \varphi} - \frac{2h}{\operatorname{tg} \varphi}}, \text{ м}, \quad (76)$$

где  $\varphi$  — угол откоса материала на полотне, градус;  $h$  — высота бортов полотна, м.

Проверяем найденную ширину  $B$  пластины по кусковатости материала.

Для рядового материала  $B \geq 1,7a_{\max} + 200$  мм. Для сортированного материала  $B \geq 2,7a_{\max} + 200$  мм, где  $a_{\max}$  — наибольший размер куска в поперечнике, мм.

Из двух значений выбирается наибольшая ширина пластины и затем принимается ближайший размер по ГОСТу.

Суммарная мощность двигателей

$$N_{\Sigma} = \frac{k_p W_0 v}{102\eta_{\Pi}}, \text{ кВт}, \quad (77)$$

где  $k_p = 1,2 \div 1,3$  — коэффициент режима работы электродвигателя;  $W_0$  — сопротивление движению рабочего полотна, кгс;  $\eta_{\Pi} = 0,80 \div 0,85$  — к. п. д. привода;

$$W_0 = kL [(2q_0 + q)w \cos \beta \pm q \sin \beta], \text{ кгс}, \quad (78)$$

где  $k = 1,1$  — коэффициент, учитывающий сопротивления на приводной и натяжной звездочках;  $q_0$  — вес 1 м полотна, кгс/м;  $q$  — вес 1 м груза, кгс/м;  $L$  — длина конвейера, м;  $w = 0,025 \div 0,03$  — коэффициент сопротивления движению полотна.

Вес 1 м полотна для одноцепных изгибающих конвейеров определяется по эмпирической формуле

$$q_0 = 60B + (90 \div 110), \text{ кгс/м}; \quad q = \frac{Q}{3,6v}, \text{ кгс/м}.$$

В местах наименьшего натяжения тягового органа полотно должно быть проверено на провисание между ходовыми роликами по формуле

$$f = \frac{(q_0 + q) l_p^2}{8S_{\min}} \leq [f], \quad (79)$$

где  $l_p$  — расстояние между ходовыми роликами, м;  $S_{\min}$  — минимальное натяжение грузовой ветви, кгс;  $[f]$  — допускаемая стрела провеса, м; она не должна превосходить  $1/4$  дорожного просвета — расстояния от нижней точки полотна до элементов опорной конструкции. Зная  $[f]$ , можно определить  $S_{\min}$  из формулы (79).

При многоприводном конвейере мощность двигателя (двигателей) одного привода определяется из условий прочности цепи

$$N_{пр} = \frac{\left(\frac{S_{раз}}{n} - S_{сб}\right) v}{102\eta_{п}}, \text{ кВт}, \quad (80)$$

где  $S_{раз}$  — разрывное усилие цепи, кгс;  $n = 8 \div 10$  запас прочности цепи;  $S_{сб} = 800 \div 1000$  — натяжение сбегающей ветви полотна, кгс.

Число промежуточных приводов определяется по формуле

$$m = \frac{N_{д}}{N_{пр}}.$$

Для горизонтальных и слабонаклонных конвейеров расстояния между промежуточными приводами определяются: на грузной ветви

$$L_{гр} = \frac{102N_{пр}\eta_{п}}{(q + q_0)(w \cos \beta \pm \sin \beta) v}, \text{ м}; \quad (81)$$

на порожней ветви

$$L_{п} = \frac{102N_{пр}\eta_{п}}{q_0(w \cos \beta \mp \sin \beta) v}, \text{ м}. \quad (82)$$

#### § 4. ЗАГРУЗОЧНЫЕ ПУНКТЫ И ЭСТАКАДЫ

Главной причиной износа лент является истирание защитных обкладок и разрывы их от ударов кусков породы. Особенно интенсивно лента изнашивается в местах загрузки, так как здесь рабочая обкладка ленты подвергается пробиванию острокромочными кусками.

Поэтому к загрузочным устройствам предъявляются особые требования:

1) поток горной массы должен формироваться в направляющем спусковом лотке; груз должен двигаться по лотку только скольжением, а не перекатыванием; при сходе с лотка поперечное сечение потока горной массы должно быть близким к сечению его на ленте при установившемся движении;

2) материал должен укладываться на ленту безударно, для чего скорости частиц потока груза и ленты конвейера должны быть равны по величине и направлению в момент соприкосновения с поверхностью ленты;

3) конец загрузочного устройства должен иметь незначительное превышение над лентой (не более 30—50 мм).

Загрузочные устройства могут быть или в виде бункера с течкой, по которой руда поступает, падая вертикально или перемещаясь по наклонному желобу, или в виде питателей (пластинчатых, валковых и др.) и автоматических загрузочных устройств

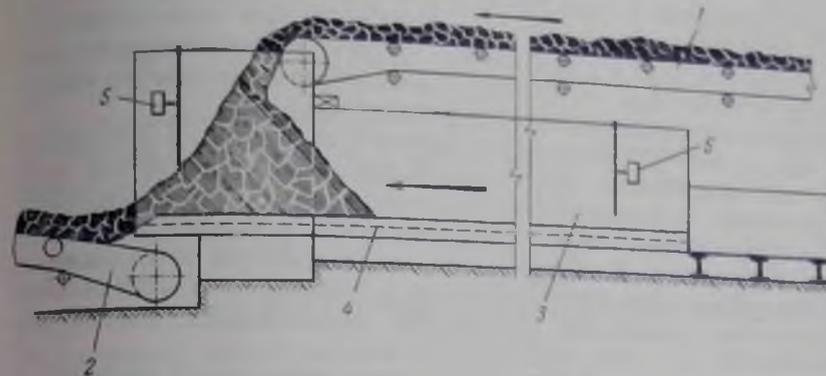


Рис. 90. Загрузочное устройство с аккумуляющим бункером: 1 и 2 — магистральные конвейеры; 3 — аккумуляющий бункер; 4 — допный скребковый конвейер; 5 и 6 — конечные выключатели

(рис. 90). Последние два типа загрузочных устройств в определенной степени удовлетворяют вышеперечисленным требованиям.

На рис. 91 показано одно из загрузочных устройств для средней и мелкокусковой горной массы (до 100 мм). Оно состоит из полуэвального в поперечном сечении днища, обеспечивающего формирование и центрирование потока груза относительно его продольной оси, и криволинейной части, соединенной с прямой частью жестко или шарнирно.

Криволинейная часть устройства обеспечивает скользящему сформированному грузопотоку заданное направление, а также максимально приближает его к ленте. При транспортировании

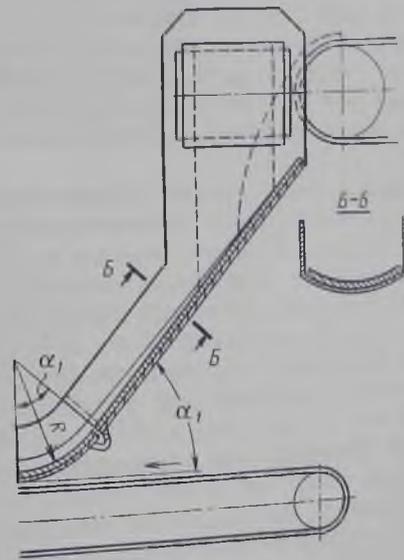


Рис. 91. Схема загрузочного устройства для мелкокусковой руды

крупнокусковых руд (до 500 м) можно использовать эту же схему, только днище лотка следует выполнять не из листового материала, а в виде решетки из профильной стали с расширяющимися щелями. В особо тяжелых условиях целесообразно применять вибрационный лоток, установленный на амортизаторах.

*Загрузочные эстакады* представляют собой настилы для заезда на них самоходных вагонеток. Разгрузочные устройства конструктивно не отличаются от тех, которые применяются на угле. Они представляют собой лотки, тетки при разгрузке в бункера или рудоспуски. В случае разгрузки конвейеров в подвижные транспортные средства рекомендуется применять автоматические погрузочные комплексы ГУАПП-2М, разработанные институтом КузНИИИ.

Схемы околоствольных дворов при конвейерном транспорте и установленное в них оборудование принимаются те же, что и на угольных шахтах. В шахтах сплошной конвейеризации в качестве вспомогательного транспорта принимают или локомотивный, или самоходный.

#### § 5. ПРИМЕРЫ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ ПРИ КОНВЕЙЕРНОМ ТРАНСПОРТЕ

**Подземный рудник «Гаспе» (Канада).** Погрузку в очистных забоях ведут электрическими экскаваторами с ковшем емкостью 1,14—1,4 м<sup>3</sup> и дизельными погрузчиками. Руду к рудоспускам на расстояние 200—1700 м доставляют дизельными автосамосвалами грузоподъемностью до 27 т. Руда из рудоспусков через питатели попадает в щековые дробилки, где проходит крупное дробление и затем ленточным конвейером транспортируется на четыре конусные дробилки для измельчения до размеров 25 мм. Из дробилки руда подается на ленточный конвейер, установленный в наклонном стволе ( $\beta = 19^\circ$ ), который выдает ее на обогатительную фабрику. Длина конвейера 660 м, ширина ленты 1100 мм.

**Бокситовый рудник «Мазы-Аваль» (Франция).** Месторождения разрабатывают камерно-столбовой системой с применением самоходных буровых кареток и ПДМ. На панельных штреках установлены скребковые конвейеры, которые транспортируют руду в бункер ленточного конвейера, установленного в наклонном (16°) стволе сечением 17 м<sup>2</sup>. Конвейер длиной 1000 м подает на поверхность 400 т руды в час, управляется с центрального пункта, снабжен телевизионной установкой. Производительность труда рабочего по руднику в 1971 г. составила 11,2 т/смену.

В Никопольском марганцевом бассейне на шахте № 7 применяется схема сплошной конвейеризации транспортирования горной массы из забоев на поверхность (см. рис. 85). Комплекс транспортного оборудования создан институтом Гипрорудмаш.

Таблица 59

Параметры	Л = 65	
	КЛЭС	
Производительность, т/ч	125	180
Длина максимальная, м	40	335
Ширина ленты, мм	500	650
Скорость движения ленты, м/с	1,20	1,21
Мощность двигателя, кВт	5,5	34,1
Общая масса, кг	2979	29 500

В комплекс входят ленточные конвейеры (табл. 59), устройства для очистки лент и барабанов и оросительная система пылеподавления.

Руда на забойные конвейеры грузится комбайнами МБЛ, производительность которых в результате внедрения схемы непрерывного транспорта возросла на 17%.

## МЕХАНИЗАЦИЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ САМОХОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

### § 1. ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ САМОХОДНЫМИ МАШИНАМИ

Широкое применение самоходные транспортные машины получили благодаря своим преимуществам по сравнению со скреперной доставкой, а в отдельных случаях и электровозной откаткой. Применение самоходных транспортных машин позволяет отказаться от полевой подготовки залежи с проведением откаточных выработок по породе. Так как самоходные транспортные машины преодолевают углы подъема до  $10-16^\circ$ , то откаточные штреки проходят, как правило, по почве залежи, что снижает затраты и ускоряет вскрытие залежей. Кроме того, становится возможным транспортирование руды на большие расстояния прямо из забоев, что очень важно в сложных горнотехнических условиях; при подготовке нет необходимости проходить откаточные выработки так часто, как это делается при скреперной доставке. Для самоходных транспортных машин характерны высокая маневренность и большая эксплуатационная производительность.

С применением самоходных транспортных машин отпадает многостадийная схема транспортирования полезного ископаемого, породы, материалов, людей; их доставка осуществляется прямо с поверхности по наклонному стволу. К недостаткам самоходного транспорта следует отнести сложность конструкций машин, необходимость большого числа водителей, а отсюда низкая производительность транспортных рабочих по сравнению с локомотивной откаткой. Наиболее эффективно применяют самоходные транспортные машины при отработке небольших залежей с длиной доставки до 1000 м и на доставке руды из забоев в рудоспуски.

В зависимости от горнотехнических условий, производительности горизонта, шахты, длины доставки самоходными машинами применяются несколько технологических схем транспорта.

Первая схема (рис. 92) применяется при отработке мощной залежи несколькими горизонтами, с перепуском руды по рудоспускам на откаточный горизонт, по которому руда доставляется большегрузными вагонетками и мощными локомотивами до ствола. Полезное ископаемое из забоев на каждом добычном горизонте

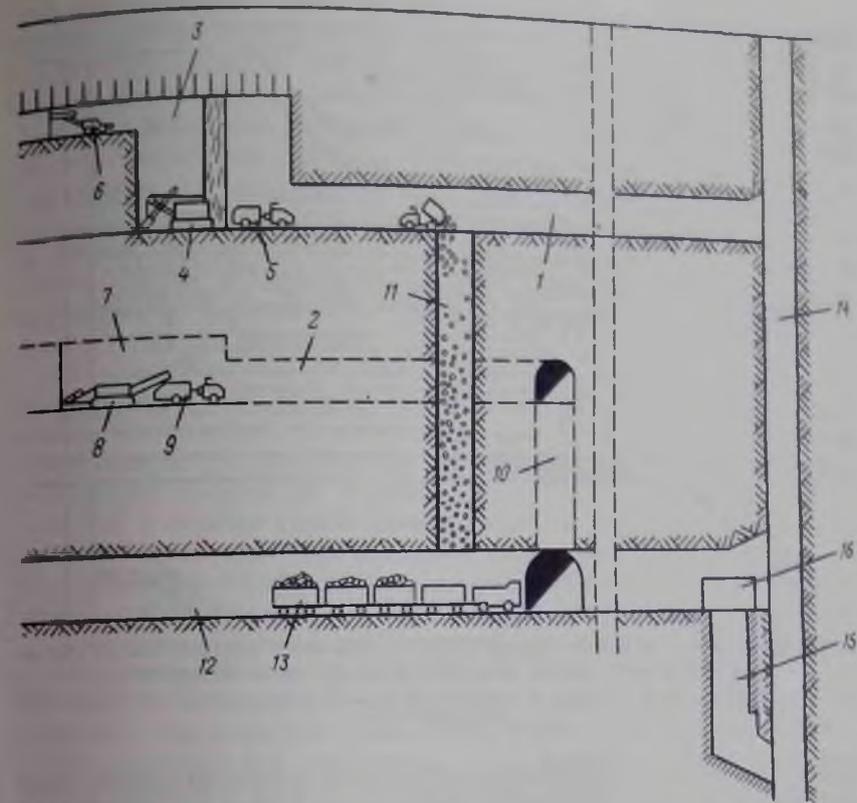


Рис. 92. Схема транспортирования горной массы из забоев до капитальных рудоспусков:

1 и 2 — откаточные штреки добычных горизонтов; 3 — очистной забой с верхней подсекающей; 4 — экскаватор; 5 — автотягач с прицепом; 6 — буровая каретка; 7 — безступенчатый очистной забой; 8 — погрузочная машина с нагребающими лапами; 9 — дизельный челночный вагон; 10 и 11 — капитальные рудоспуски; 12 — откаточный штрек концентрированного горизонта; 13 — поезд; 14 — ствол; 15 — бункер околоствольного двора; 16 — вагоноопрокидыватель

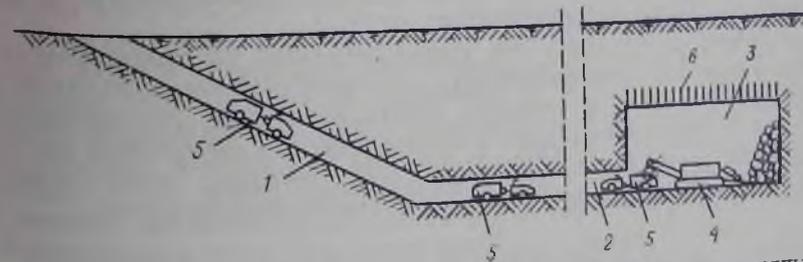


Рис. 93. Схема транспортирования полезного ископаемого самоходными транспортными машинами из забоев на поверхность по наклонному стволу: 1 — наклонный ствол; 2 — откаточный горизонт; 3 — очистное пространство; 4 — погрузочная машина с нагребающими лапами; 5 — тягачи с прицепами; 6 — штанговое вращение

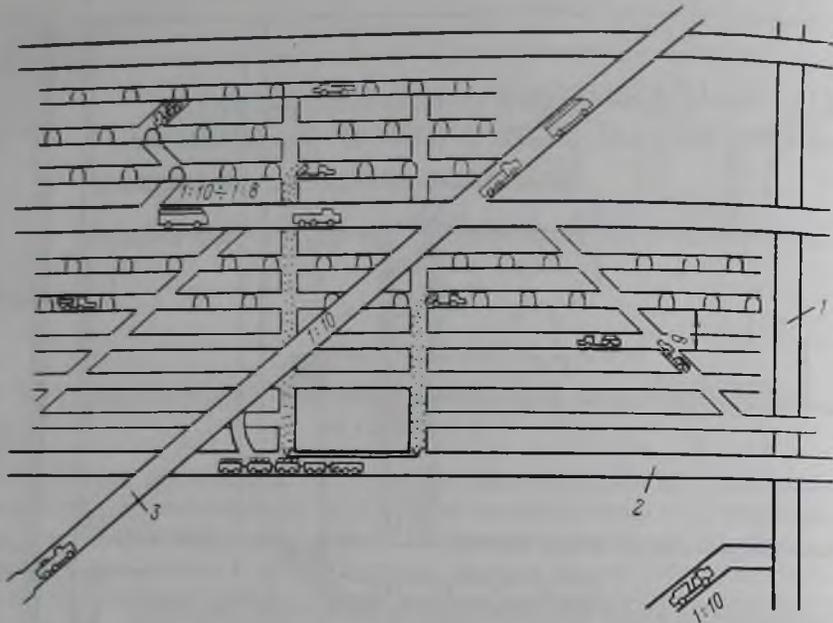


Рис. 94. Схема транспорта горной массы с добычных горизонтов на основной откаточный штрек и к стволу на руднике «Кируна»: 1 — скиповой ствол; 2 — основной откаточный штрек концентрационного горизонта; 3 — наклонный штрек

доставляется до рудоспусков дизельными челночными вагонетками или автотягачами с прицепом. Такая схема применена на шахтах № 55 и 57 Джекказганского горно-металлургического комбината, на некоторых крупных подземных рудниках Швеции, Канады, ЮАР.

Вторая схема (рис. 93) предусматривает транспортирование горной массы самоходными машинами из забоев до ствола или на поверхность по наклонному стволу или штольне. Эта схема применяется при отработке маломощных залежей, вскрытых одним горизонтом, при незначительной длине доставки (до 1,5—2 км) и небольшой производительности шахт.

Третья схема (рис. 94) предусматривает транспортирование грузов самоходными машинами с добычных горизонтов на откаточный по уклону и съездам. Применяется при реконструкции старых транспортных схем с локомотивной и скреперной доставкой. Эта схема была использована при переводе железорудных шахт Швеции на добычу руды самоходным оборудованием.

## § 2. САМОХОДНЫЕ ЧЕЛНОЧНЫЕ ВАГОНЫ

Самоходные челночные вагоны выпускаются грузоподъемностью от 5 до 25 т и применяются в разнообразных горнотехнических условиях. Они используются для грузов практически лю-

бой кусковатости, крепости, абразивности. Для кабельных вагонов длина доставки допускается до 400 м, для дизельных — до 1000 м; производительность вагона достигает 400—500 т/смену. Преллния выработок для движения вагонов — до 9—10 м, минимальная высота выработки 0,8 м. В выработках малого сечения вагоны двигаются по челночной схеме без разворотов. Достоинства: высокая производительность, хорошая маневренность, надежность в работе, малые габариты по высоте. Недостатки: интенсивный износ кузова и конвейера, высокая стоимость, сложность конструкции и трудоемкость ремонта, большие радиусы поворота, малые скорости движения.

В Советском Союзе самоходные вагоны нашли применение на горных предприятиях горно-химического сырья, на шахтах треста Эстонсланец, на некоторых рудниках цветной металлургии. Наибольшее распространение за рубежом и в СССР получили челночные вагоны на пневмошинном ходу с емкостью кузова 7—10 м<sup>3</sup> с донным скребковым конвейером. Эти вагоны имеют следующие приводы: электрический постоянного или переменного тока, зависимый кабельный или троллейно-кабельный; дизельный; дизель-электрический. Скорости движения вагонов 5—15 км/ч.

Типоразмер вагона определяется грузоподъемностью. Вагоны I типоразмера имеют грузоподъемность 5 т; II — 10 т; III — 15 т; IV — 20 т. Каждый типоразмер может иметь модификацию и несколько схем конструктивного исполнения: один или два ведущих моста, один или два поворотных моста, левое или правое расположение кабины и кабельного барабана, жесткое или подпрессорное крепление ходовой части к кузову. Технические данные наиболее распространенных вагонов приведены в табл. 60.

Самоходные вагоны I типоразмера получили распространение при проведении нарезных, подготовительных выработок и на очистных работах при блоковых системах, подэтажного и слоевого обрушения. В настоящее время заменяются погрузо-доставочными машинами. В СССР институтом Гипрорудмаш создан вагон-самосвал ВС-5п. За рубежом фирма «Джой» (Франция) выпускает вагоны 8SC, 6SC, 7SC, D32.

Самоходный вагон ВС-5п (рис. 95), выпускаемый Днепропетровским заводом горношахтного оборудования, предназначен для доставки горной массы на расстояние до 100 м при проведении подготовительных, нарезных, разведочных и других выработок, на очистных работах при системах подэтажного и слоевого обрушения. Вагон имеет пневмошинный ход и оборудован пневмоприводом, обеспечивающим две скорости движения: 3,4 и 7 км/ч. Максимальный угол, преодолеваемый груженым вагоном, — 7°, наименьший радиус поворота по внутреннему гидроцилиндру может Кузов грузоподъемностью 5 т с помощью гидроцилиндров может разгружаться на любую из сторон и назад, в последнем случае высота вагона составляет 2250 мм.

Параметры	Типы вагонов				
	СН-60	20РС-4	14РС-3	1ВС-10	ЗВС-10 (ЗВП-2)
Грузоподъемность, т	10	20	15	40	40
Емкость кузова без наращенных бортов (возможно увеличение емкости наращиванием бортов), м <sup>3</sup>	6,25	10	8	7,8	7,8
Собственная масса, т	12	18,2	—	14	11
Длительная скорость движения по горизонтальному пути, км/ч:					
с грузом	2,8	10	5,3	8,0	8,0
без груза	3,5	16	6,9	10,0	10,0
Максимальный уклон пути, преодолеваемый вагоном, градус	6-8	16	18	15	12
Габариты, мм:					
длина	7400	8660	7900	7100	7190
ширина	2350	2830	2390	2360	2360
высота (без наращенных бортов)	1400	1830	1440	1450	1450
Время разгрузки, с	—	—	—	85	75
Высота разгрузки	—	Постоянная	—	Регулируемая	Постоянная
Радиус поворота по наружному габариту, м	—	8,0	—	7,7	7,7
Длина рейса по кабелю, м	400	—	400	400	400
Тип привода	Постоянного тока	Дизельный	Постоянного тока	Постоянного тока	Переменного тока
Напряжение, В	250	—	250	550	660
Исполнение электрооборудования	РВ	РП	РВ	РВ	РВ
Общая установленная мощность, кВт	33	136 л. с.	65	83,5	83,5
В том числе ходовых двигателей	2×11	—	2×27	2×29	2×29
Размер шин, дюймы	14-20	14-24	14-20	14-20	14-20
Давление воздуха в шинах, кгс/см <sup>2</sup>	7	7	7	5	5

Продолжение табл. 60

Параметры	Типы вагонов				
	4ВС-10	ЗВС-15	5ВС-15	1ВС-15	ВСДЭ-20
Грузоподъемность, т	10	15	15	20	20
Емкость кузова без наращенных бортов (возможно увеличение емкости наращиванием бортов), м <sup>3</sup>	8,4	9,0	10,0	12,4	10
Собственная масса, т	14,5	16,5	17,5	21,6	22
Длительная скорость движения по горизонтальному пути, км/ч:					
с грузом	3,4/6,8	7,0	2,5/5; 7,5	8,0	18
без груза	3,5/7,0	9,0	2,7/5; 3/8	10,0	18
Максимальный уклон пути, преодолеваемый вагоном, градус	15	11	15	15	12
Габариты, мм:					
длина	7700	7600	8200	8190	9210
ширина	2360	2500	2500	2800	2510
высота (без наращенных бортов)	1400	1650	1650	2000	2070
Время разгрузки, с	45/90	90	55/110	100	100
Высота разгрузки	Регулируемая	Постоянная	Регулируемая	Постоянная	Постоянная
Радиус поворота по наружному габариту, м	7,7	7,6	8,0	8,25	9,0
Длина рейса по кабелю, м	360	400	360	400	—
Тип привода	Переменного тока	Постоянного тока	Переменного тока	Постоянного тока	Дизельно-электрический
Напряжение, В	660	550	660	550	—
Исполнение электрооборудования	РВ	РВ	РВ	РВ	РВ
Общая установленная мощность, кВт	90,0	83,5	105	115,5	240 л. с.
В том числе ходовых двигателей	2×35/18	2×29	2×40/23/22	2×45	2×40
Размер шин, дюймы	14-20	14-24	14-24	18-24	14-20
Давление воздуха в шинах, кгс/см <sup>2</sup>	5	7	7	5	5

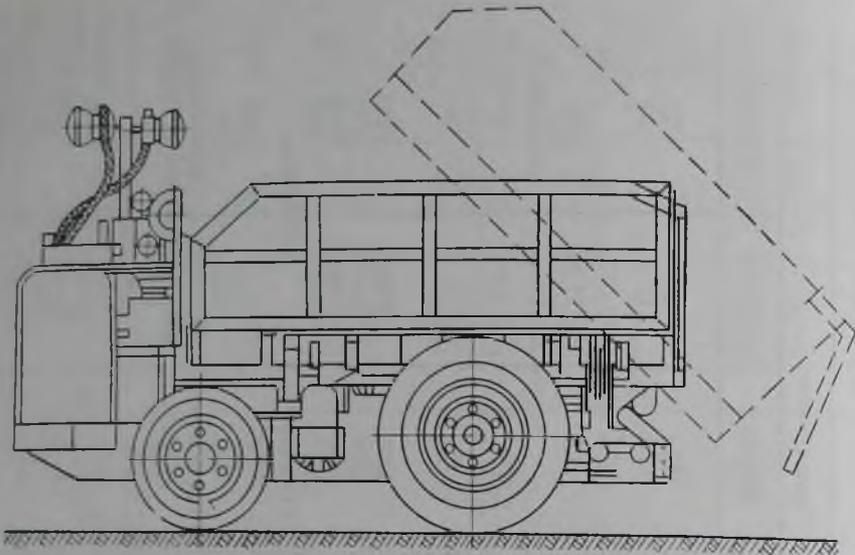


Рис. 95. Самоходный вагон ВС-5п

Вагоны II типоразмера выпускаются на пневмошинном ходу, электрические, постоянного или переменного тока в кабельном или троллейно-кабельном исполнении с донным двухцепным конвейером. Применяются в комплексе с другим самоходным оборудованием на проходческих и парезных работах; при очистной выемке системами камерно-столбовой, подэтажными штреками, блоковым и подэтажным обрушением; как забойные доставочные машины (до 400 м) к рудоспускам или загрузочным устройствам магистральных конвейеров с максимальным углом подъема трассы до 12°. В Советском Союзе выпускаются троллейно-кабельные вагоны ВС-10, 2ВС-10, имеющие привод постоянного тока напряжением 550 В, и 3ВС-10, 4ВС-10 с двигателями переменного тока на напряжение 660 В.

За рубежом широкое распространение получили самоходные вагоны фирмы «Джой» CN60E, D42 постоянного тока и 10SC — переменного тока, 40SPE «Мекалед» акционерного общества ANF (Франция), самоходный вагон типа «Дельта» объединения «Центрзап» (Польша) и др.

Вагоны III типоразмера выпускаются на пневмошинном ходу с жесткой подвеской мостов, с двумя задними ведущими и двумя передними рулевыми колесами, а также всеми ведущими и управляемыми колесами. Все вагоны имеют двухцепный донный конвейер, постоянную высоту разгрузки, выпускаются с электроприводом постоянного тока, дизельные и дизель-электрические. Применяются для транспортирования горной массы из подготовительных и очистных забоев высотой до 3 м с углом подъема трассы до 12°, длина доставки для электрических вагонов — до 400 м,

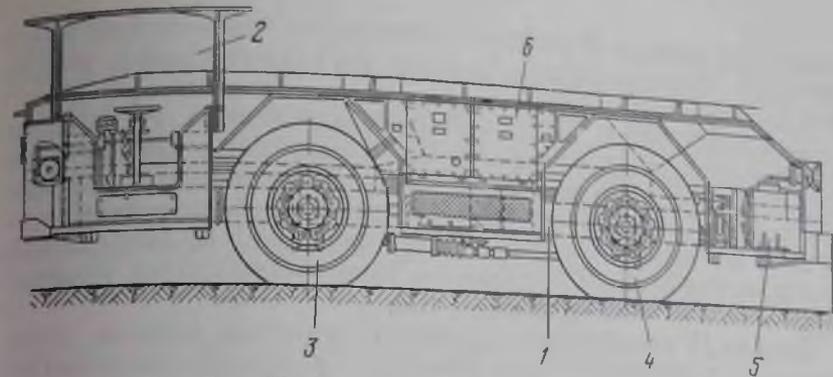


Рис. 96. Самоходный вагон 3BC-15PB:  
1 — рама; 2 — кабина водителя; 3 и 4 — передние и задние колеса; 5 — привод колес; 6 — магнитная станция

для дизельных — до 800 м. Из-за малой скорости движения использование этих вагонов на доставке горной массы на большие расстояния малоэффективно. В Советском Союзе созданы дизель-электрический вагон ВСЭ-20, электрические вагоны 2ВС-15PB и 3ВС-15PB, 5ВС-15PB. В настоящее время выпускаются вагоны 3ВС-15PB и 5ВС-15PB, которые изготавливаются Воронежским заводом горно-обогатительного оборудования. За рубежом широко известны электрические вагоны 14RC-3, 15SC фирмы «Джой», PR-8K и дизель-электрический PR-8Д фирмы «Зальцгиттер» (ФРГ).

Электрический челночный вагон 3BC-15PB (рис. 96), созданный Карагандинским институтом Гипроуглемаш, предназначен для доставки горной массы в выработках высотой не менее 3 м и шириной свыше 3,5 м при разработке горизонтальных или слабонаклонных залежей. Колея вагона 2,08 м, база — 3 м. Максимальная кусковатость горной массы 800 × 400 × 400 мм, имеет правое или левое расположение кабины и взрывобезопасное исполнение. Донный конвейер приводится в движение приводным валом с двумя звездочками на нем. Вал вращается двигателем через цилиндрический редуктор, фрикционную муфту, карданный вал и конический редуктор. Включается фрикционная муфта с помощью гидродомкрата.

Ходовая часть имеет два моста: задний закреплен к раме вагона жестко, а передний — балансирно. Все четыре колеса являются поворотными (что улучшает проходимость вагона), оборудованы колодочными тормозами с гидравлическим приводом. Кроме того, имеется стояночный тормоз. Питание электрические аппараты вагона получают через кабель КПШНГ2 × 25—1 × 10 от сети постоянного тока напряжением 550 В. Для наматывания и разматывания питающего кабеля во время движения вагона имеется барабан, который приводится в движение гидродвигателем через цепную передачу. Гидропривод барабана работает автомати-

чески. Для размерной укладки кабеля по ширине барабана предусмотрен кабелюкладчик. Максимальная длина рейса вагона по кабелю — 400 м.

Вагон *5BC-15PB* создан во взрывобезопасном исполнении с приводом переменного тока 660 В и предназначен для доставки горной массы на расстояние до 220 м. Вагон имеет следующие технические данные: емкость кузова 11 м<sup>3</sup>, грузоподъемность 15 тс, радиус поворота по наружному габариту 7,5 м, максимально преодолеваемый уклон 15°. Сменная производительность, т/смену: средняя — 450, максимальная — 800.

Вагоны IV типоразмера с двумя или четырьмя мостами, электрические постоянного тока, дизельные и дизель-электрические выпускаются на пневмошинном ходу, со скребковым конвейером или с другими механизмами для разгрузки кузова. Они являются основными транспортными машинами при доставке горной массы из очистных забоев больших размеров на расстояние до 400 м (электрические) и до 1000 м (дизельные). Подвеска шасси к раме выполнена жесткой или подпрессорной. В Советском Союзе созданы две модели электрических вагонов: BC-20м, 2BC-20.

За рубежом различными фирмами выпускаются дизельные вагоны 20RC-3 и 20RC-4 фирмы «Джой» с емкостью кузова 9 м<sup>3</sup> и грузоподъемностью 20 тс. Эти вагоны конструктивно отличаются друг от друга тем, что 20RC-3 имеет устройство для изменения высоты разгрузки, а у 20RC-4 высота разгрузки постоянная. Оба вагона оборудованы двумя дизельными двигателями с гидромеханическими трансмиссиями.

Французское акционерное общество ANF выпускает вагоны типа 40LPDE с емкостью кузова около 10 м<sup>3</sup>, грузоподъемностью 20 тс при собственной массе 24 т. Машина снабжена дизель-генераторной установкой с восьмицилиндровым дизелем мощностью 175 л. с. и генератором мощностью 110 кВт, дающим напряжение 500 В для четырех электродвигателей мощностью 33 кВт каждый. Для очистки газов вагон оборудован катализатором. Скорость передвижения груженого вагона — до 18 км/ч, порожнего — до 20 км/ч, скорость цепи донного конвейера 0,18 м/с. Габариты вагона, м: длина — 8,4; ширина — 3,0; высота — 1,7. Вагон имеет два жестко закрепленных к раме моста, из них задний мост является ведущим. Каждое колесо этого моста имеет индивидуальный электропривод. Вагон 44LDHM этого же общества имеет аналогичную техническую характеристику, но вместо одной дизель-генераторной установки он снабжен двумя дизельными двигателями.

Дизельный вагон 20RC-4 (рис. 97), выпускаемый фирмой «Джой», широко распространен на зарубежных подземных рудниках. В Советском Союзе эти вагоны используются на доставке руды из очистных и проходческих забоев на рудниках Джезказганского горно-металлургического комбината. Вагон состоит из рамы, ходовой части, кузова с донным скребковым конвейером, двух дизелей с трансмиссией, тормозов, гидравлической

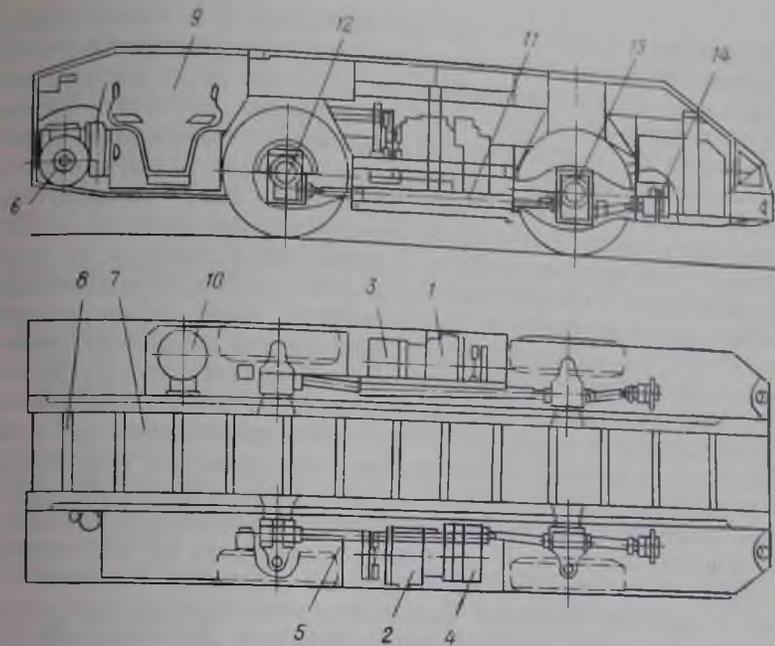


Рис. 97. Самоходный вагон 20 RC-4:

1, 2 — дизельные двигатели; 3, 4 — гидромеханические коробки перемены передач; 5 — карданная передача привода конвейера; 6 — червячный редуктор привода конвейера; 7 — скребковый конвейер; 8 — скребок; 9 — кабина управления; 10 — рессивер; 11 — карданные передачи; 12, 13 — передний и задний мосты; 14 — тормоз

и электрической систем, кабины управления, системы питания дизеля, пневмосистемы.

Вагон *2BC-20* института Гипроуглегормаш предназначен для работы в подземных условиях в комплексе с экскаваторами или погрузочными машинами с высотой погрузки не менее 2,5 м.

### § 3. АВТОСАМОСВАЛЫ И АВТОТЯГАЧИ С ПРИЦЕПАМИ

Для транспортирования горной массы под землей на расстояние 1,5—2 км при сложной гипсометрии почвы пласта мощностью свыше 5 м использовались карьерные автосамосвалы грузоподъемностью до 15 т с дизельным или электрическим приводом. Автосамосвалы могут преодолевать углы подъема до 20° и двигаться на больших скоростях. На зарубежных рудниках для вывозки руды из забоев по наклонным спиральным выработкам до земной поверхности применялись дизельные самосвалы, в Советском Союзе наряду с дизельными использовались и электрические. Конструкция карьерного автосамосвала (подпрессорная ходовая часть, повышенная прочность узлов) обусловлена большими скоростями движения. Эти особенности конструкции повлекли увеличение размеров автосамосвалов, что затрудняет применение последних под землей.

В последнее время как за границей, так и в нашей стране начали применять вместо челночных вагонов и самосвалов тягачи с прицепами грузоподъемностью до 60 т, что дало резкий рост производительности труда забойной группы рабочих. Тягачи с прицепами по сравнению с другими типами самоходных транспортных машин имеют повышенную скорость (до 40 км/ч) и высокую проходимость, что позволяет применять их в транспортных выработках с радиусом поворота 7 м и при углах подъема до 20°. Большая проходимость машины достигается благодаря ее свойству изгибаться в горизонтальной плоскости. Это обеспечивается наличием осевого шарнира, соединяющего рамы тягача и прицепа. По конструктивному исполнению тягачи с прицепами разделяются на два типа: с опрокидыванием кузова и телескопической разгрузкой через задний борт. В современных тягачах наибольшее распространение получили конструкции с опрокидным кузовом.

Тягачи с прицепами с опрокидным кузовом нашли применение при разработке рудных месторождений. В Советском Союзе созданием тягачей с прицепом занимаются Могилевский машиностроительный завод им. С. М. Кирова и институт НИПИГормаш. За границей получили распространение машины, выпускаемые шведской фирмой «Майнинг Транспортэйшн», французским акционерным обществом ANF и американскими фирмами «Джой» и «Вагнер». Грузоподъемность машин от 20 до 60 т, скорость движения до 40 км/ч, преодолеваемый угол подъема достигает 16°.

Технические данные основных моделей тягачей с прицепом данного типа приведена в табл. 61.

Фирмой «Майнинг Транспортэйшн» разработаны три базовые модели «Кируна Трак» (K-125, K-162 и K-500), которые различаются мощностью дизельного двигателя, грузоподъемностью и габаритами.

Модель K-125A является наименьшей из числа машин, выпускаемых этой фирмой. Грузовый самосвал преодолевает уклоны 7° со скоростью 4,2 км/ч. Второй моделью тягача с прицепом, наиболее распространенной за рубежом, является самосвал типа K-162 марки «Кируна». В серию самосвалов этого типа входит несколько различных конструкций грузоподъемностью 21—25 т. Емкость платформы может быть выбрана с учетом объемного веса груза: от 7 м³ для тяжелой железной руды до 14 м³ — для легких горных пород. Скорость грузовой машины при углах подъема 6 и 7° соответственно составляет 4,8 и 4 км/ч. Система тормозов рассчитана на надежное транспортирование при упомянутых уклонах со скоростью до 40 км/ч.

Самосвал отличается большой компактностью, малой высотой до верхнего края платформы (около 2 м), небольшим радиусом поворота, общая длина не превышает 8 м. Машина имеет высокую проходимость, малую высоту погрузки, позволяющую применять погрузчики любого типа, легка в управлении. Автосамосвал оборудован двойной газоочисткой, кабина снабжена амортиза-

Таблица 61

Параметры	K-125A	K-162-14,5	K-500-20	K-500-21	MT-F10C-27	MT-F16-27	461NB-25	MoA3-5401-0385	«Давнер-25»»
Грузоподъемность, т	21	25	35	42	10	15	25	20	25
Емкость с верхом, м³	14	14,5	20	21	5,9	8,55	13	—	—
Емкость кузова, м³	12	—	18,0	18,5	4,6	7,4	11,5	11,0	14
Габариты, мм:									
длина	7,42	8,11	8,92	9,39	6,25	7,79	8,63	8,29	8,61
ширина	3,02	3,05	3,15	3,15	2,38	2,9	2,85	2,85	3,2
высота	2,1	2,19	2,3	3,78	1,57	1,72	2,23	2,68	2,42
Угол наклона кузова при разгрузке, градус	55	55	50—60	50—60	90	90	60	60	60
Угол поворота тягача относительно прицепа, градус	45	45	45	45	—	—	45	—	—
Максимальная высота подъема кузова, м	4,65	—	5,9	5,9	3,01	3,82	4,82	4,68	5,07
Мощность привода, л. с.	125	165	250×2	250×2	70	130	147	190	174
Радиус поворота, м:									
внешний	6,85	6,55	8,0	8,15	5,68	7,58	7,3	7,38	6,82
внутренний	2,9	—	—	3,55	2,8	4,74	3,5	3,34	3,0
Масса, т	—	17,7	25	24	13,2	17,2	19,0	20,0	11,3
Скорость движения, км/ч:									
максимальная	—	—	39	39	—	—	41	40	—
минимальная	5,0	—	8,0	8,0	6,75	7,7	—	—	4,35

тором. На тягачах модели K-162 установлены дизельные двигатели «Волво» D-100A мощностью 165 л. с.

Третья модель K-500 является базой для тягачей с прицепами грузоподъемностью от 35 до 42 тс. Фирма выпускает три разновидности машин этой модели. Все они оборудованы двумя дизельными двигателями TD-100A мощностью до 250 л. с. каждый. При движении порожней машины, как правило, работает один двигатель. Такая силовая схема экономически целесообразна и повышает проходимость тягачей с прицепами. Модель K-500 выпускается также с дизель-электрическим приводом. Кроме двух дизельных двигателей, на машине монтируется электрический двигатель постоянного тока со смешанным возбуждением. Такие машины используются как троллейбусы при проведении тоннелей и штолен.

В последнее время фирма выпустила сверхмощный тягач с прицепом KL-500, имеющий емкость кузова 37 м³, грузоподъемность 56 т, мощность двигателей 2 × 250 л. с.

Автотягачи с прицепами 461NB-25 (рис. 98) получили широкое распространение на рудниках севера Франции. В Советском Союзе они применяются на шахтах Джезказганского и Ачсайского



Рис. 98. Автосамосвал 461НВ-25

комбинатов. Этот самосвал по компоновочной схеме аналогичен тягачам «Кируна Трак», оборудован катализатором очистки выхлопных газов, а кабина водителя — амортизатором и динамическим тормозом. Горизонтальный стержень в шарнире, соединяющий обе рамы, устраняет крутящие усилия шасси и создает хорошее сцепление с грунтом.

Автотягач с прицепом МоАЗ-6401—9585 (рис. 99) создан Могилевским автомобильным заводом им. С. М. Кирова и предназначен для доставки из очистных забоев отбитой горной массы по подземным горным выработкам шириной не менее 4 м и высотой свыше 3 м с углом наклона не более  $10^\circ$ . Машина состоит из двух частей: одноосного тягача и прицепа, соединенных между собой двойным шарниром-седлом. Конструктивная схема этой машины аналогична самосвалу 461НВ-25.

Тягач сконструирован из полурамы, четырехтактного дизельного двигателя ЯМЗ-238А мощностью 190 л. с., гидромеханической коробки перемены передач, промежуточного редуктора, ведущего моста, системы карданов. Для управления гидроцилиндрами поворота машины и опрокидывания кузова имеется гидравлическая система, для очистки отработанных газов смонтирована комбинированная система газоочистки.

Автотягачи с прицепами с телескопической разгрузкой через задний борт отличаются большой маневренностью и высокой проходимостью, имеют большую производительность. Основным достоинством таких машин является их способность преодолевать большие подъемы. Кроме того, отпадает необходимость увеличивать высоту выработки в месте разгрузки. Основным их недостатком является более сложная конструкция кузова. Эти машины

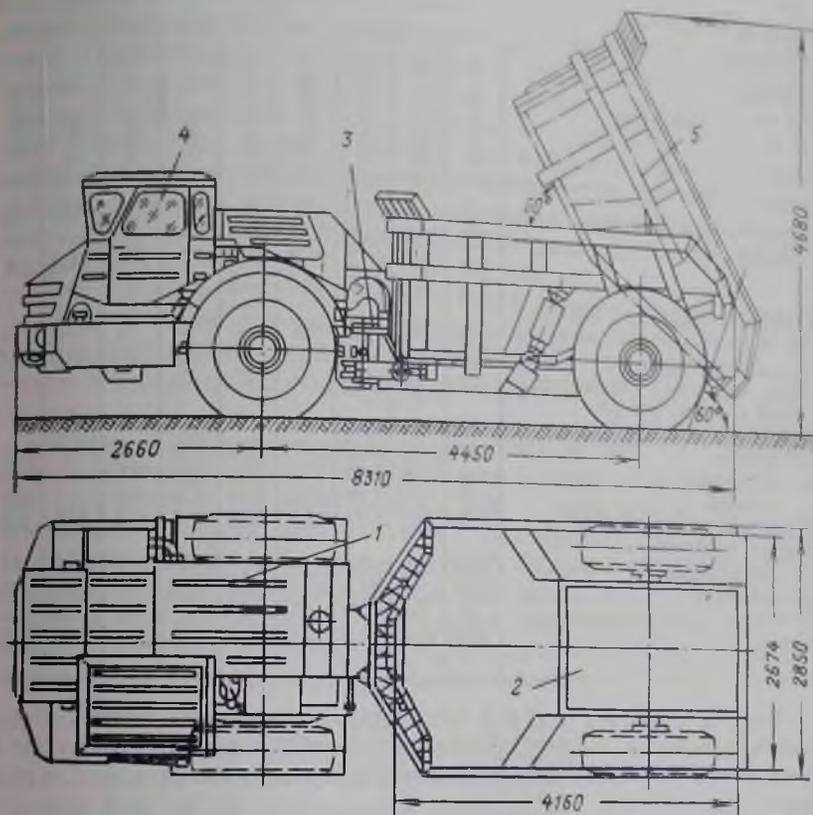


Рис. 99. Автотягач с прицепом МоАЗ-6401—9585:

1 — тягач; 2 — прицеп; 3 — шарнир; 4 — кабина; 5 — кузов

могут найти широкое применение при разработке маломощных залежей, при работе в выработках небольшой высоты и малого сечения. В СССР созданием тягачей с прицепами этого типа занимается институт НИПИГормаш.

За рубежом на горных предприятиях широко распространены машины с телескопической разгрузкой фирм «Вагнер», «Джой» (США) и «Джой Валле-Газет» (Франция), «ГХХ Штеркраде» (ФРГ). Основные технические характеристики этих машин приведены в табл. 62.

Тягач ТМТ-20 института НИПИГормаш предназначен для транспортирования горной массы из очистных или проходческих забоев по горизонтальным или слабонаклонным (до  $10^\circ$ ) выработкам сечением свыше  $14 \text{ м}^2$ . Тягач имеет шарнирную раму, телескопический кузов, кабину. В качестве привода использован дизельный двигатель с нейтрализацией выхлопных газов. В трансмиссии предусмотрена гидромеханическая коробка перемены передач.

Таблица 62

Параметры	МТТ15-27	МТТ23-38	МТТ26-23	МТТ25-20	МТТ40-20	14D2	20Н1	20D2	ТМТ-20
Грузоподъемность, т	15	23	26	35	40	15	20	22	20
Емкость, м <sup>3</sup>	8,5	9,8	17,2	26,8	30,6	—	—	—	—
	8,0	9,1	15,5	25,6	27,0	7,2	10,8	11,0	9
	7,4	8,2	13,7	24,5	23,6	—	—	—	—
Скорость движения, км/ч:									
минимальная	5,6	4,5	7,25	7,6	—	—	—	—	—
максимальная	40,0	34,0	53,5	53,5	—	20,0	25,0	19,0	—
Преодолеваемый максимальный подъем, градус	11	19	29	23	17	—	—	—	20,0
Габариты, м:									
длина	8,53	10,51	10,29	10,31	10,41	8,72	9,8	10,87	8,20
ширина	2,9	2,89	3,66	4,27	3,69	2,80	3,2	3,2	2,80
высота	1,83	1,90	1,96	2,54	2,44	1,76	2,2	2,2	2,5
Мощность двигателя, л. с.	130	174	250	250	250	130	174	174	180
Радиус поворота, м:									
внутренний	3,29	4,29	3,89	3,62	4,17	2,10	3,3	3,13	—
внешний	6,77	8,28	7,75	8,16	8,64	6,10	7,12	7,15	9,00
Время разгрузки кузова, с	9	20	20	20	20	—	—	—	—
Масса, т	15,0	23,0	24,8	27,1	27,6	14,0	20,5	20,5	20,0

Фирмы «Вагнер» и «ГХХ Штрекrade» выпускают десять моделей грузовиков типа МТТ грузоподъемностью от 15 до 40 т (рис. 100) с ведущими передними или задними мостами или с двумя ведущими мостами. На машинах установлены шести- или восьмицилиндровые дизельные двигатели «Дейтц» мощностью от 130

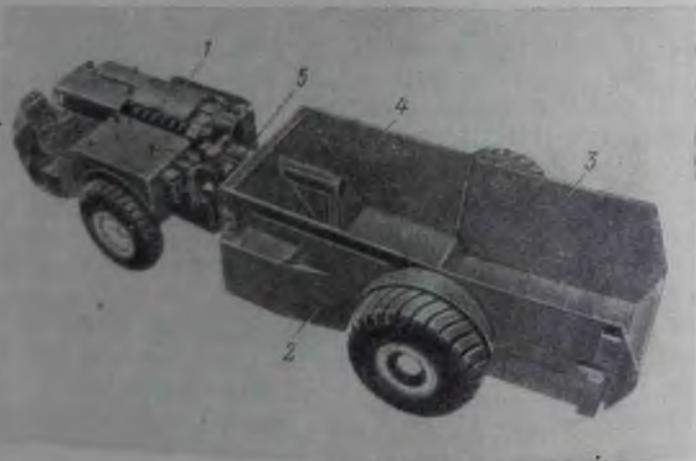


Рис. 100. Автотягач с прицепом МТТ:  
1 — тягач; 2 — прицеп; 3 — кузов; 4 — поднимающая часть кузова; 5 — гидроцилиндр поднимающей части кузова

до 250 л. с. с воздушным охлаждением и V-образным расположением цилиндров. В трансмиссию машины входят муфта сцепления, гидротрансформатор и механическая коробка передач, дифференциалы, карданные и цепные передачи. Задние колеса, когда они являются ведущими, монтируются на кулаках оси, которая жестко закреплена к раме. Колеса приводятся в движение через цепные передачи от ведущего вала трансмиссии, расположенного позади передней стенки кузова. Словая часть поворачивается относительно кузова в горизонтальной плоскости в обе стороны на 15°.

Внутренняя перемещающаяся часть кузова расположена на роликах и передвигается двумя гидроцилиндрами. Задняя стенка этой части движется под действием одного гидроцилиндра. Задняя часть кузова имеет борт, открывающийся двумя гидроцилиндрами.

Фирма «Джой Валле-Газет» изготавливает четыре модели тягачей с прицепом этого типа грузоподъемностью от 14 до 22 тс. Проходимость их меньше по сравнению с описанными выше грузовиками, так как они имеют одну ведущую колесную пару. Максимальные углы подъема 10—11° машины преодолевают со скоростью 3,5—3,8 км/ч. Фирма в последние годы создала новый тягач с прицепом типа 20D2 грузоподъемностью 22 тс и скоростью передвижения до 19 км/ч, минимальный радиус закругления 7 м. По конструкции эта машина аналогична 20Н1.

#### § 4. РАСЧЕТ ТРАНСПОРТА САМОХОДНЫМИ ДОСТАВОЧНЫМИ И ТРАНСПОРТНЫМИ МАШИНАМИ

Расчетами предусматривается решение основных задач, связанных с организацией движения и использованием самоходных транспортных машин на горизонте или шахте в целом, а именно: установление скоростей и времени движения машины по определенным участкам пути, определение условий и результатов торможения машины, максимально допустимых уклонов пути и веса прицепов; нахождение времени рейса машины; определение эксплуатационных показателей машин.

Движение самоходных транспортных машин совершается за счет работы двигателя, которая расходуется на преодоление статических сопротивлений движению и наращивание скорости.

Соотношение действующих сил определяется уравнением движения

$$F_k = \sum W_c + W_d, \text{ кгс}, \quad (83)$$

где  $F_k$  — сила тяги, кгс;  $\sum W_c$  — сумма статических сил сопротивления движению, кгс;  $W_d$  — динамическое сопротивление, кгс;

$$\sum W_c = W_0 \pm W_l + W_a + W_k. \quad (84)$$

Здесь  $W_0$  — основное сопротивление движению, кгс;  $W_B$  — сопротивление воздушной среды, кгс;  $W_K$  — сопротивление на кривых участках, учитываемое лишь при совмещении с предельным подъемом, кгс;  $W_i$  — сопротивление от уклона, кгс;

$$W_0 = (G + Q) f \cos \beta, \quad (85)$$

где  $f$  — коэффициент сопротивления движению;  $G$  — вес машины, кгс;  $Q$  — вес груза в машине, кгс;  $\beta$  — угол подъема трассы, градус.

Величина коэффициента сопротивления качению груженых транспортных машин зависит от типа дороги и вида покрытия.

Тип дороги	Виды покрытия	Коэффициент сопротивления качению $f$
Главные откаточные дороги	Бетонное, асфальтированное	0,015—0,020
	Гравийные дороги	0,020—0,025
	Щебеночное покрытие в удовлетворительном состоянии	0,030—0,045
Временные забойные дороги без покрытия	Щебеночное покрытие в неудовлетворительном состоянии	0,060—0,080
	Укатанные грунтовые заезды в забой с неровностями	0,050—0,080
	Заезды при рыхлых укатанных грунтах с неровностями	0,090—0,150
	Заезды при рыхлых неукатанных дорогах	0,250—0,300

Для порожних машин значения  $f$  возрастают на 15—20%.

$$W_i = (G + Q) \sin \beta, \quad \text{кгс}; \quad (86)$$

$$W_B = \frac{\rho \Omega v^2}{8,65}, \quad \text{кгс}; \quad (87)$$

где  $\rho = 0,050 \div 0,075$  — коэффициент обтекаемости транспортной машины;  $\Omega$  — площадь лобового сечения ( $\text{м}^2$ ); для челночных вагонов и автосамосвалов лежит в пределах от 2 до 10  $\text{м}^2$ ;  $v$  — скорость движения машины, км/ч.

Значения  $W_B$  учитываются при скоростях движения свыше 10 км/ч;

$$W_a = m_{\text{пр}} a, \quad \text{кгс},$$

где  $m_{\text{пр}}$  — приведенная масса машины, кгс·с<sup>2</sup>/м;  $a$  — ускорение (замедление) движения машины, м/с<sup>2</sup>;

$$m_{\text{пр}} = \frac{G + Q}{g} (1 + \gamma_n).$$

Здесь  $\gamma_n$  — коэффициент инерции вращающихся масс;  $\gamma_n = 0,15 + 0,2$  — для порожних челночных вагонов;  $\gamma_n = 0,1 \div 0,15$  — для груженых челночных вагонов; для автосамосвалов  $\gamma_n = 0,25 \div 0,45$  (большие значения даны для движения машин

порожняком).  $a = 0,4 \div 0,6$  м/с<sup>2</sup> — ускорение разгона; при торможении замедление  $a = 2,5 \div 3$  м/с<sup>2</sup>.

Возможны следующие режимы движения машины:

а) равномерное движение, при этом  $W_a = 0$ ;

б) движение по инерции, когда двигатели выключены. Тогда

уравнение (83) примет вид:  $\sum W_c = -W_a$ ;

в) движение при торможении, когда кроме внешних сил на колеса действуют искусственные тормозные силы. В этом случае уравнение (83) запишется

$$B_k + \sum W_c = -W_a. \quad (88)$$

Максимальное значение тормозной силы ограничивается условием сцепления колес с полотном дороги. В процессе торможения не должно быть полной остановки вращения колес (движения «юзом»), поэтому должно быть соблюдено условие

$$B_k \leq P_T \psi, \quad (89)$$

где  $P_T$  — тормозной вес машины, включая прицепную часть, приходящийся на тормозные колеса, кгс.

Если пренебречь сопротивлением воздуха и вместо  $F_x$  подставить ее значение в формулу (88), то уравнение примет вид

$$P_T \psi + f(G + Q) \cos \beta \pm (G + Q) \sin \beta = -\frac{G + Q}{g} (1 + \gamma_n) a.$$

Приняв  $P_T = G + Q$  и сделав нужные преобразования, получим максимальное замедление машины

$$-a = a_{\text{в}} = \frac{(\psi + f \cos \beta \pm \sin \beta) g}{1 + \gamma_n}, \quad \text{м/с}^2. \quad (90)$$

Предельный угол трассы, который может преодолеть транспортная машина, находится по максимальному моменту на ведущих колесах

$$M_{\text{кр. max}} = M_{\text{д. max}} i \eta, \quad \text{кгс} \cdot \text{см}. \quad (91)$$

Здесь  $M_{\text{д. max}}$  — максимальный момент на валу двигателя, кгс·см;  $i$  — передаточное число трансмиссии;  $\eta = \eta_k \eta_n$  — коэффициент полезного действия (к. п. д.) трансмиссии, включая привод колес. Здесь  $\eta_k = 0,7 \div 0,9$  — к. п. д. ведущих колес;  $\eta_n$  — к. п. д. передач от вала двигателя до ведущих колес, равный 0,85—0,93 для механической передачи и 0,80—0,85 для гидромеханической передачи.

Максимальная сила тяги машины

$$F_{\text{к. max}} = \frac{M_{\text{кр. max}}}{R_k}, \quad \text{кгс}. \quad (92)$$

Максимальное значение тягового усилия ограничивается условиями сцепления шин ведущих колес с дорожным покрытием

$$F_{\text{max}} \leq 1000 P_c \psi, \quad \text{кгс}, \quad (93)$$

Таблица 63

Типы дорог	Виды дорожного покрытия	Состояние покрытия	
		сухое	мокрое
Главные откаточные	Щебенчатое	0,75	0,50
	Булыжное	0,7	0,40
	Бетонированное или асфальтированное	0,7	0,45
Забойные Временные забойные	Грунтовое укатанное	0,6	0,40
	Грунтовое плохо укатанное	0,5	0,35

где  $P_c$  — сцепной вес транспортной машины, т. е. вес, приходящийся на ведущие колеса; в расчетах принимают для автосамосвалов  $P_c = 0,7P$ , тягачей с прицепами и самоходных вагонов с задними ведущими колесами  $P_c = 0,6P$ ; для машин со всеми ведущими колесами  $P_c = P$ . Здесь  $P$  — полный вес машины, тс;  $\psi$  — коэффициент сцепления колес с дорожным полотном; значения его даны в табл. 63.

Силы сопротивления движению машины на подъем

$$W = (G + Q)(\sin \beta + f \cos \beta), \text{ кгс.} \quad (94)$$

Решив уравнения (92) и (94) относительно угла  $\beta$ , можно определить максимальный угол, который преодолевает машина. Если  $F_{\max}$ , полученное по формуле (93), окажется меньше  $F_{k \max}$ , то в расчет берут первое ( $F_{\max}$ ).

Предельный подъем трассы в шахтных условиях ограничивается скоростью движения по главным выработкам и условиями сцепления с дорожным полотном. С увеличением подъема значительно падает скорость движения, что вызывает снижение производительности транспортной машины. В грузовом направлении максимальный уклон не превышает 70—80‰, а в порожняковом — 120—150‰.

Полный вес машины с грузом находится по уравнению

$$G + Q = \frac{F_k}{f \cos \beta \pm \sin \beta}, \text{ кгс,}$$

а вес груза в машине

$$Q = \frac{F_k}{f \cos \beta \pm \sin \beta} - G, \text{ кгс,}$$

где  $F_k = \frac{367N}{v} \eta_n \eta_k$  — номинальная сила тяги на крюке.

Здесь  $N$  — номинальная мощность двигателя, кВт;  $v$  — скорость движения машины, км/ч.

Таблица 64

Участки трассы	Средние значения технической скорости, км/ч, для					
	челночных вагонеток		автосамосвалов		автотягачей с прицепами	
	грузе-ных	порож-ных	грузе-ных	порож-ных	грузе-ных	порож-ных
Главные откаточные выработки	5	7	10	12	8	10
Забой, заезды в забое	2	3	3	5	3	5

Тормозной путь  $l_T$  машины составляется из предтормозного пути  $l_p$  и пути  $l_n$ , когда действуют тормоза:

$$l_T = l_n + l_p \leq l_{\text{доп}};$$

$$l_n = \frac{(1 + \gamma_n) v_n^2}{254(\psi + f \cos \beta \pm \sin \beta)}, \text{ м; } l_p = \frac{v_n t_p}{3,6}, \text{ м,}$$

где  $v_n$  — скорость в начальный момент торможения, км/ч;  $l_{\text{доп}}$  — допустимый путь торможения, м;  $t_p = 1,5 \div 2$  с — время реакции водителя и время срабатывания тормозной системы.

Для расчетов параметров доставки самоходными машинами необходимо знание значений технической скорости движения на отдельных участках трассы как в грузовом, так и в порожняковом направлении.

Определение технической скорости производится двумя способами: принятием средних значений согласно данным практики (табл. 64); по тяговым или электромеханическим характеристикам двигателей с учетом всех сопротивлений на отдельных участках пути.

При укрупненных расчетах часто пользуются значениями приведенной технической скорости

$$v_{т. п} = \frac{l_{гр} + l_{пор}}{t_{дв}}, \text{ км/ч,}$$

где  $l_{гр}$ ,  $l_{пор}$  — длина пути движения машины соответственно в грузовом и порожняковом направлениях, км;  $t_{дв}$  — общее время движения, затраченное на рейс, ч.

При втором способе нахождения значений технической скорости откаточный путь разбивают на отдельные участки и, учитывая дорожные условия каждого из них, находят из уравнения (83)  $F_k$  для установившегося движения. Определив силу тяги  $F_k$  для каждого участка пути, по тяговым характеристикам находят соответствующие скорости. На рис. 101 показаны тяговые

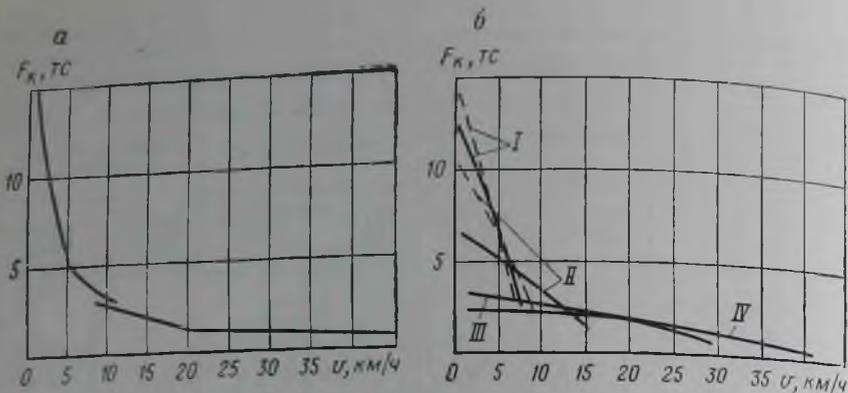


Рис. 101. Тяговые характеристики автосамосвалов:

а — BK195SM-15; б — 461HB-25,  $F_k$  — тяговое усилие;  $v$  — скорость движения. I—IV — ступени скоростей; сплошные линии — передний ход, штриховые — задний ход

характеристики самосвалов BK195MS15 фирмы «Блау Нокс» и 461HB25 акционерного общества ANF, имеющие гидромеханические коробки перемены передач.

В связи с тем, что гидромеханические коробки передач современных подземных самосвалов имеют подобие в тяговых характеристиках, можно построить такие же характеристики и для других самосвалов, зная номинальный крутящий момент и соответствующие ему обороты двигателя. Для электрических вагонов скорость движения находится по электромеханическим характеристикам двигателей. Найдя скорости движения для каждого участка пути от забоя до пункта разгрузки, определяют время прохождения каждого участка трассы грузеной машиной по формуле

$$t_{дв\ i} = \frac{l_i}{v_i}, \text{ мин.}$$

$l_i$  — длина  $i$ -го участка трассы, м;  $v_i$  — скорость движения грузеной машины на  $i$ -ом участке, м/мин.

Просуммировав время движения на отдельных участках всего пути, находят общее время движения машины в грузовом направлении. Аналогичным образом находят суммарное время движения машины в порожняковом направлении:

$$T_r = k_m \sum_{i=1}^n t_{i\ r}, \text{ мин.}$$

$$T_n = k_m \sum_{i=1}^n t_{i\ n}, \text{ мин.}$$

1,3 ÷ 1,4 — коэффициент, учитывающий увеличение скорости движения в связи с разгоном и замедленными остановками на трассе, снижением скорости т. п. Значения максимальных скоростей грузеной

машины, особенно при движении под уклон, могут превосходить допустимые величины.

Максимальная скорость движения машины ограничивается шириной выработки, величиной допустимого тормозного пути, безопасностью движения по условиям заноса машины.

Максимально допустимая скорость движения в зависимости от ширины выработки находится из условия

$$v \leq 0,94 (b_b - b_a) \leq 20 \text{ км/ч,}$$

где  $b_b$  — ширина выработки без учета ширины людского хода, м;  $b_a$  — ширина машины, м.

Безопасная скорость движения по условию заноса определяется по формуле

$$v_{без} = 3,6 \sqrt{gR (f_{ск} \pm i_b)},$$

$R$  — радиус закругления, м;  $f_{ск}$  — коэффициент бокового скольжения, принимается равным 0,3;  $i_b = 0,020 \div 0,060$  — поперечный уклон виража.

Расчет откатки самоходными транспортными машинами сводится к: выбору типа и определению необходимого числа машин, обслуживающих горизонт или шахту; нахождению необходимого типа и числа машин для обеспечения работы забоя (забоев) при данных горнотехнических условиях; проверочному расчету принятого типа и количества машин с целью обеспечения бесперебойного вывоза горной массы из забоя или группы забоев. Расчет доставки самоходными транспортными машинами по горизонту или шахте обычно ведется по укрупненным показателям.

Для расчетов необходимо знать: схему откатки, план и профиль каждого участка трассы, производительность и число забоев, расстояние доставки от каждого забоя до пунктов разгрузки, продолжительность смены, свойства горной массы (объемный вес в целике, коэффициент разрыхления), техническую и эксплуатационную производительность погрузочных средств и т. д.

Тип и грузоподъемность транспортных машин выбираются с учетом погрузочного оборудования, габаритов забоев и транспортных выработок, угла подъема трассы, длины откатки (см. табл. 11).

При укрупненных расчетах упрощают трассу пути и расчет ведут в следующем порядке:

1. Находят для всех забоев средневзвешенную длину откатки в порожняковом и грузовом направлениях:

$$L_{rp} = \frac{A_1 L_{r1} + A_2 L_{r2} + \dots + A_n L_{rn}}{\sum_{i=1}^n A_i};$$

$$L_n = \frac{A_1 L_{n1} + A_2 L_{n2} + \dots + A_n L_{nn}}{\sum_{i=1}^n A_i};$$

где  $A_1, A_2, \dots, A_n$  — сменная производительность забоев, т;  
 $L_{r1}, L_{r2}, \dots, L_{rn}$  — расстояния трассы по грузовой ветви от  
 пункта разгрузки до соответственно 1-го, 2-го, ...,  $n$ -го забоя, м;  
 $L_{п1}, L_{п2}, \dots, L_{пn}$  — то же по порожняковой ветви, м; часто  
 $L_r \approx L_n$ .

2. Определяют средний уклон трассы пути

$$i_{\text{ср}} = \frac{i_1 L_1 + i_2 L_2 + \dots + i_n L_n}{\sum_{i=1}^n L_i},$$

где  $i_1, i_2, \dots, i_n$  — уклоны на 1-м, 2-м, ...,  $n$ -м участках пути.

3. По формуле (83) находят силу тяги  $F_k$  для установившегося движения как порожней, так и груженой машины. Если на машине установлено несколько двигателей, то определяют силу тяги для одного двигателя  $F'_k = F_k/n$ , кгс, где  $n$  — число двигателей.

4. По тяговой или электромеханической характеристикам находят значения скоростей движения  $v_r$  и  $v_n$  груженой и порожней машины.

5. Найденные по характеристикам значения скоростей движения сравниваются с допустимыми по условию безопасного проезда в зависимости от ширины выработки или тормозного пути. Берется наименьшее значение из этих трех величин скоростей, но оно не должно превышать 20 км/ч.

6. По формулам (92) и (94) рассчитывается предельный угол, который может преодолеть груженная машина, и сравнивается с действительными наибольшими значениями угла подъема трассы.

7. Находится время полного рейса

$$T_p = t_{\text{погр}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{гр}} + t_{\text{пор}}, \text{ мин.}$$

где  $t_{\text{погр}}, t_{\text{раз}}$  — время погрузки и разгрузки, мин;  $t_{\text{гр}} = \frac{L_r}{v_{\text{ср.г}}}$ ;  
 $t_{\text{пор}} = \frac{L_n}{v_{\text{ср.п}}}$  — соответственно время движения груженой и порожней машины, мин. Здесь  $v_{\text{ср.г}} = k_c v_{\text{гр}}$ ;  $v_{\text{ср.п}} = k_c v_{\text{п}}$ ;  $k_c = 0,7 \div 0,75$  — коэффициент, учитывающий снижение скорости движения машины на поворотах из-за случайных остановок при движении на трассе, непредвиденном торможении и т. п.;  $t_{\text{ож}} = 2 \div 4$  мин — время, затрачиваемое на дополнительные операции (маневры, ожидание, погрузки, разгрузки);

$$t_{\text{погр}} = \frac{V \gamma k_{\text{н.к}}}{Q_r}, \text{ мин.}$$

где  $V$  — геометрическая емкость кузова транспортной машины, м<sup>3</sup>;  
 $Q_r$  — техническая производительность погрузочного оборудования, т/мин; находится по формулам (5), (10), (24) или берется из таблиц;  $\gamma$  — объемная масса породы или руды в разрыхленном состоянии, т/м<sup>3</sup>;  $k_{\text{н.к}} = 0,95 \div 1,2$  — коэффициент заполнения кузова.

Таблица 65

Тип погрузочного оборудования	Время погрузки для транспортных машин					
	ВСД-10	СН60	ВС-20	20RC-14	461НВ-25	МоАЗ-6401
ЭП-1	4,0	3,88	6,4	7,1	4,8	5,3
ПНВ-3К	6,0	5,05	—	—	6,8	7,0
ПНВ-3Д	—	—	—	—	6,2	6,2
ПНВ-4	—	—	—	—	4,9	4,9

Время погрузки в минутах с учетом маневров в забое для некоторых транспортных машин дано в табл. 65.

Время  $t_{\text{раз}}$  для транспортных машин с разгрузкой через задний борт складывается со временем подъема и опускания кузова, маневров и рудоспусков. Чистое время разгрузки для современных самосвалов составляет 60 с, а для тягачей с прицепами — 40 с.

Для челночных вагонов с донным конвейером время  $t_{\text{раз}}$  находится по формуле (20).

Время разгрузки с учетом маневров для машин СН60, ВСД-10, ВС-20, 20RC4, МоАЗ-6401, 461НВ25 соответственно составляет 70—110, 80—120, 100—140, 80—100, 92—110, 120 с.

8. Возможное число рейсов, которое может сделать машина за смену,

$$z_n = \frac{60 (T_{\text{см}} - T_{\text{п.з}})}{T_p},$$

где  $T_{\text{п.з}} = 0,7 \div 0,8$  ч — нерабочее время смены, которое затрачивается на прием-сдачу смены, профилактическое обслуживание машин, на простои в связи со взрыванием, проветриванием и т. п.

9. Потребное число рейсов за смену

$$z_{\text{п}} = \frac{k_n A_{\text{см}}}{G_b},$$

где  $k_n = 1,25 \div 1,5$  — коэффициент неравномерности работы соответственно шахты, горизонта;  $A_{\text{см}}$  — сменная добыча шахты (горизонта), т;  $G_b$  — полезная грузоподъемность машины, т.

10. Потребное количество рабочих машин для горизонта, шахты

$$N_p = \frac{z_{\text{п}}}{z_n}.$$

11. Инвентарный парк машин определяется по формуле (20, а).

12. Эксплуатационные показатели работы транспортных машин:

а) коэффициент использования парка машин

$$k_b = \frac{n_y}{n_x},$$

где  $n_0$  — количество машино-дней работы машины за тот же промежуток времени;  $n_x$  — количество машино-дней нахождения машин в эксплуатации.

Для подземных транспортных машин  $k_B = 0,5 \div 0,7$ ;  
б) средний коэффициент использования грузоподъемности

$$k_T = \frac{\sum q_{\phi}}{\sum z_T q_a}$$

здесь  $z_T$  — число рейсов машины с грузом;  $q_{\phi}$ ,  $q_a$  — соответственно фактическая и проектная грузоподъемность, т;

в) сменная эксплуатационная производительность транспортной машины определяется по формуле

$$Q_{\Sigma} = Q_T (T_{\text{см}} - T_{\text{п.з}}), \text{ т.}$$

где  $Q_T = 60 (V \gamma k_{\text{п.б}}) / T_p$  — техническая производительность машины, т/ч;

г) расход горюче-смазочных материалов устанавливается по фактической работе, выполняемой машиной на транспортировании горной массы. Расход топлива зависит от длины откатки, уклона трассы, веса машины, качества дорог, технического состояния машины и т. п., при ориентировочных расчетах можно брать по паспортным данным машины на 100 км пробега. Однако в связи с особенностями подземных путей (частые повороты, крутые подъемы, плохое состояние забойных дорог, пониженные скорости по откаточным выработкам) фактический расход возрастает на 15—20%.

Для более точного подсчета расхода топлива за один рейс используют формулу

$$q_p = 0,78L [(1 + 2k_T) f + \sin \beta (1 + k_T)] q_{\phi}, \text{ кг.} \quad (95)$$

где  $k_T$  — коэффициент тары машины;  $L$  — расстояние транспортирования (в одну сторону), км;  $f$  — коэффициент сопротивления движению;  $\beta$  — угол подъема трассы, градус.

Фактический расход топлива за рейс

$$q_{\phi}^* = q_p k_3 k_B k_M, \text{ кг.}$$

$k_3 = 1,06 \div 1,1$  — коэффициент, учитывающий повышение расхода топлива в связи с пониженной температурой в шахтах; 1,06 — расход горючего на внутришахтные нужды (обкатка, улировка, холостые разезды);  $k_M = 1,05 \div 1,1$  — коэффициент, учитывающий расход топлива на маневры.

Фактический расход топлива за смену

$$Q_{\phi} = q_{\phi}^* z_{\text{п.}}, \text{ кг.}$$

Фактический расход топлива на 1 т·км

$$q_{\phi}^* = \frac{Q_{\phi}}{A_{\text{см}} L}, \text{ кг.}$$

где  $A_{\text{см}}$  — сменная производительность горизонта, шахты, т. Расход смазочных материалов берут равным 5—8% от фактического расхода топлива.

**Особенности расчета транспорта электрическими самоходными вагонами.** Пункты 1—8 расчета выполняются как и для автосамосвалов.

При нахождении значений скорости для груженой и порожней машин по электромеханическим диаграммам двигателей находят и величину токов. Затем расчет ведут по методике, изложенной в гл. VII.

## § 5. ПОДЗЕМНЫЕ СПЕЦИАЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ОТКАТОЧНЫЕ ВЫРАБОТКИ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТА

Подземные автотранспортные выработки должны обеспечивать необходимую проходимость и маневренность автомашин. Исследованиями НАТИ установлена зависимость между максимальным отклонением машины в горизонтальной и вертикальной плоскостях и скоростью движения:

$$X = 0,26v; \quad Y = 0,05v,$$

где  $X$ ,  $Y$  — величины отклонения соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях;  $v$  — скорость движения машины, м/с.

При однополосном движении машин грузоподъемностью 10—15 тс минимальное сечение выработки должно быть не менее 20 м<sup>2</sup>, а грузоподъемность 20—25 тс — не менее 25 м<sup>2</sup>. На рис. 102 представлены необходимые зазоры при движении автотранспорта. Зазор по вертикали между кровлей и машиной должен составлять 0,8—1 м. Пешеходная дорожка должна быть выше полотна на 250—300 мм. На кривых участках трассы ширина выработок должна увеличиваться в зависимости от радиуса кривой и делается с поперечными уклонами 20—30%. Продольный уклон проезжей части не должен превышать 40%, обычно он составляет 10—12°. Околовольные дворы шахты должны быть специально приспособлены для работы безрельсовых транспортных машин (рис. 103).

При наличии на горизонте нескольких добычных и проходческих участков дороги разветвляются по забоям, в результате чего образуется сеть коммуникаций с различной интенсивностью движения на отдельных участках сети. В зависимости от интенсивности движения на различных участках пути возможна организация поточного, встречного двустороннего и встречного одностороннего движения. В забоях могут быть использованы схемы поточного или встречного одностороннего движения транспорта.

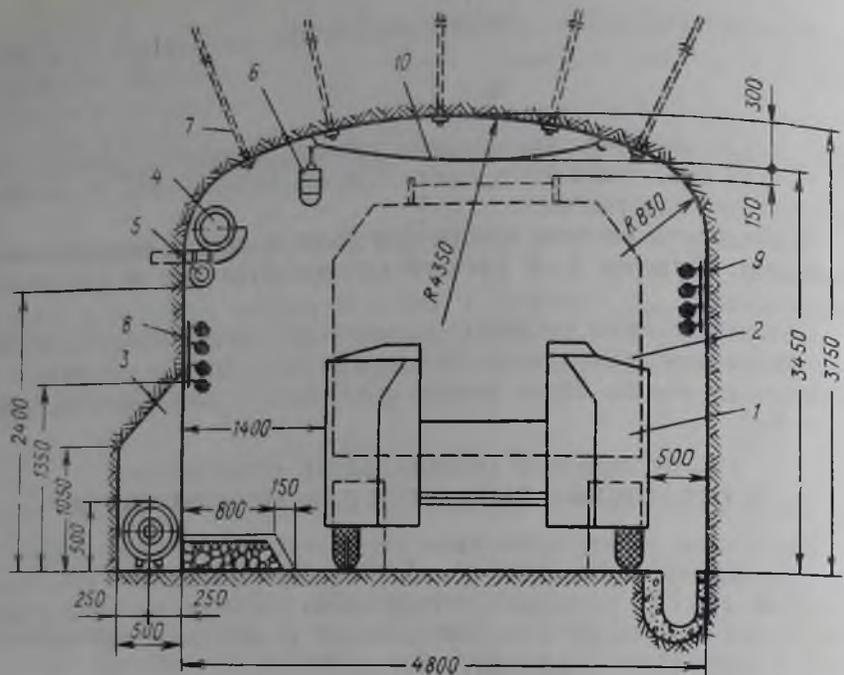


Рис. 102. Сечение откаточных выработок для движения самоходных машин: 1 — челночный вагон; 2 — контур экскаватора ЭП-1; 3 — ниша для установки осветительного трансформатора; 4 — воздухопровод; 5 — водовод; 6 — светильник; 7 — анкерные болты; 8 — кабели осветительные и силовые до 420 В; 9 — кабели высоковольтные; 10 — подвеска контактного провода

На главных откаточных выработках обычно применяют схему одностороннего встречного движения с разминовками.

При одностороннем движении машин пропускная способность выработки в час находится по формуле

$$N_{\text{ч}} = \frac{60}{t_{\text{м}}} = \frac{1000v}{kL_{\text{м}}}, \text{ машин,}$$

где  $v$  — расчетная скорость движения, км/ч;  $L_{\text{м}}$  — расстояние между движущимися машинами, м;  $k$  — коэффициент неравномерности движения;  $t_{\text{м}}$  — интервал времени между соседними машинами, мин.

Минимальная величина расстояния между движущимися машинами из условия создания безопасного движения суммируется из тормозного пути, длины машины и пути, проходимого машиной за время реакции водителя,  $L_{\text{м}} = l_{\text{т}} + l_{\text{м}}$ , где  $l_{\text{м}}$  — длина машины, м.

Встречное движение машин по однопутевому штреху с разминовками снижает его пропускную способность. В этом случае пропускная способность дороги равна

$$N'_{\text{ч}} = \frac{60}{t_{\text{р}}}, \text{ машин/ч,}$$

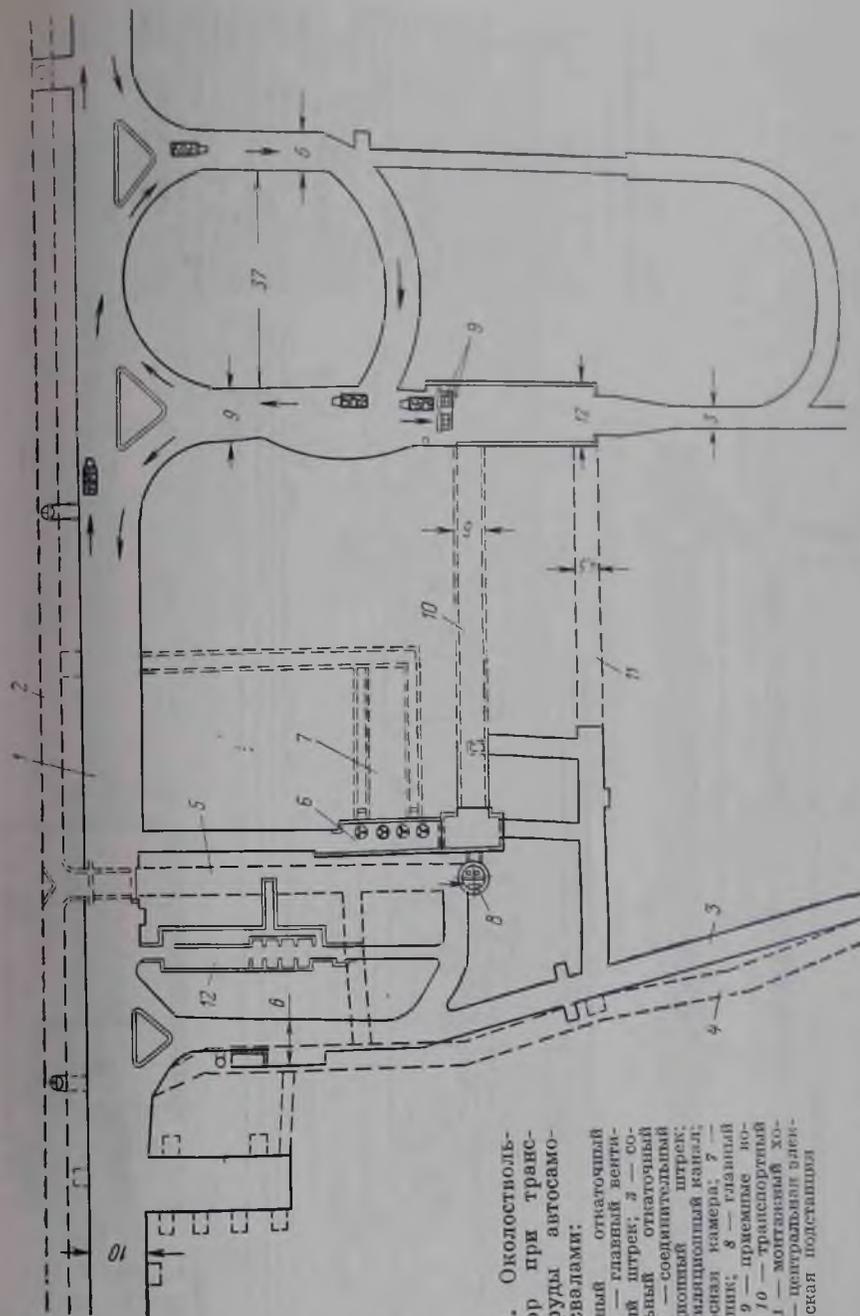


Рис. 103. Околостольный двор при транспортном порте свадлами: 1 — главный откаточный штрех; 2 — главный вентиляционный штрех; 3 — соединительный откаточный штрех; 4 — соединительный вентиляционный штрех; 5 — вентиляционный канал; 6 — насосная камера; 7 — водосборник; 8 — главный стояк; 9 — промежуточные стояки; 10 — транспортный ходок; 11 — монтажный ходок; 12 — контрольная элементная подстанция

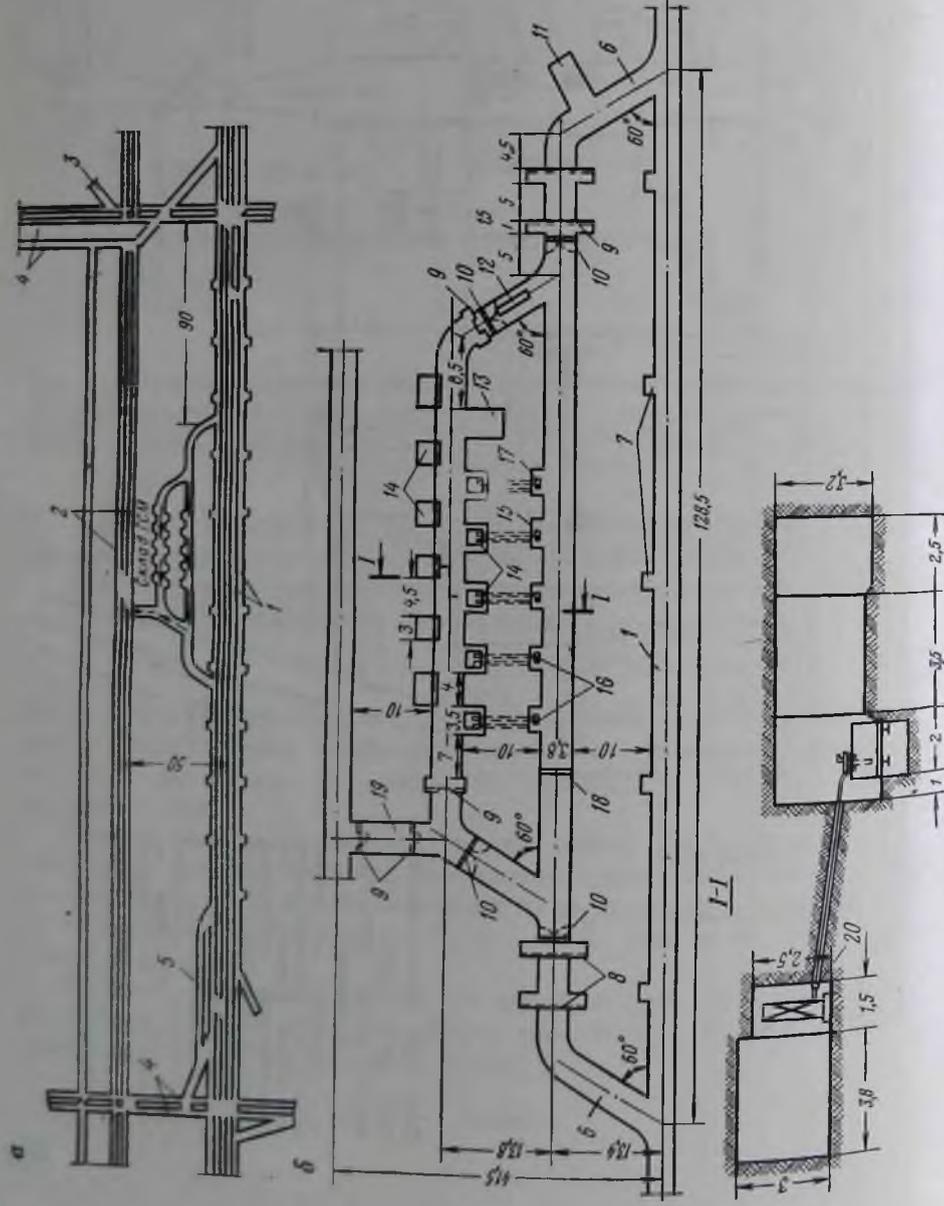


Рис. 104. Подземный склад горюче-смазочных материалов:

а — расположение склада ГСМ; 1 — главные транспортные шпранги; 2 — главные вентиляционные шпранги; 3 — звезд в гараж; 4 — панельные шпранги; 5 — электроподстанции; 6 — план склада ГСМ; 6 — асбеста в шпранги; 8 — противопожарные двери (нормально закрытые); 9 — противопожарные двери с регулируемым окном; 10 — решетчатые двери; 11 — намера пенной насосной станции; 12 — кран-башка для ручной тали; 13 — ниша противопожарной автоматикой; 14 — ниша для хранения ГСМ; 15 — ниши для раздаточных колонок; 16 — раздаточные колонки ТК-40; 17 — приемная воронка для слива ГСМ в приемник; 18 — пандус; 19 — вентиляционная сбортка; 20 — вентиль для слива ГСМ

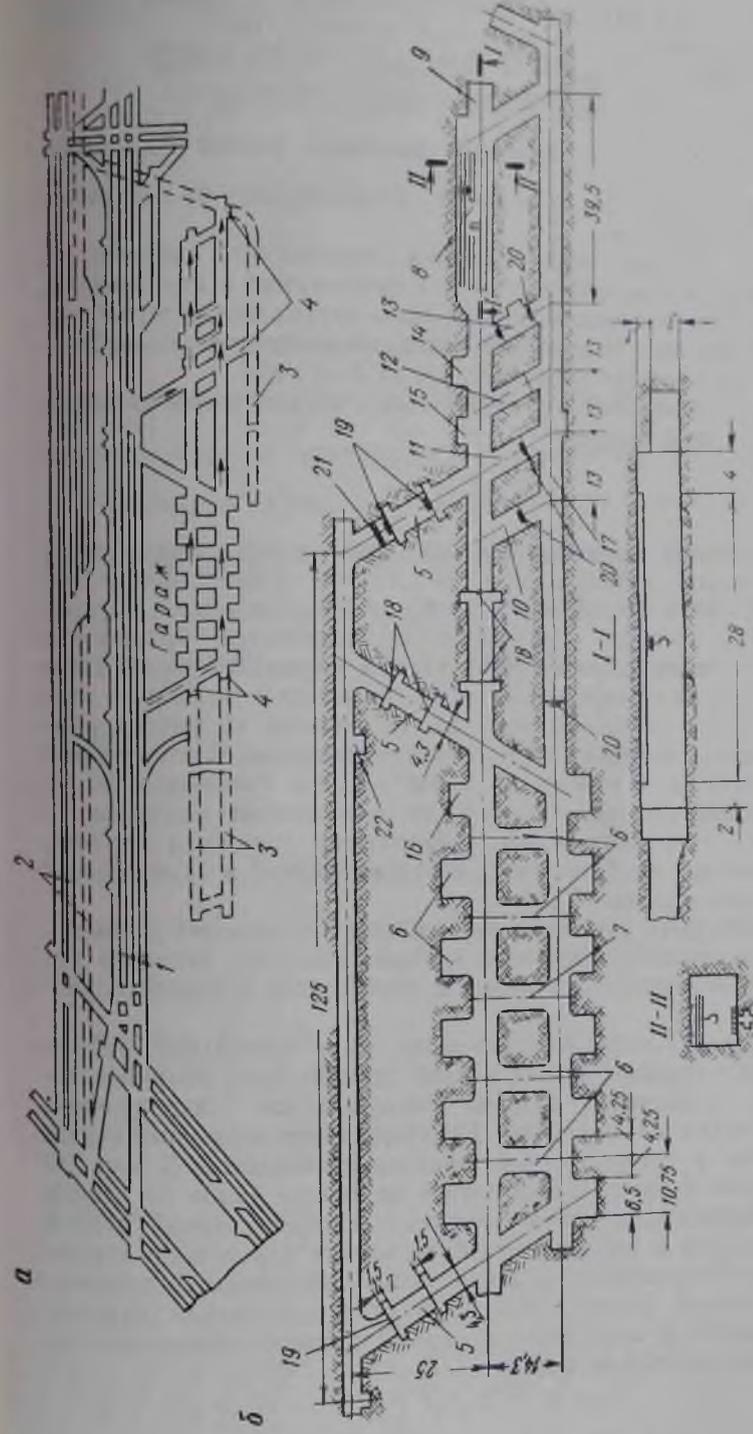


Рис. 105. Подземный гараж на каменно руднике: а — расположение гаража;

1 — главные транспортные шпранги; 2 — главные вентиляционные шпранги; 3 — шпранги для засыпки горной породы; 4 — глухие перегородки; 5 — план гаража; 6 — асбеста в гараж и мастерскую; 6 — ниши и сбортка для стирания машины; 7 — сбортка для разминирования машины; 8 — мастерская для ремонта машин; 9 — асбеста в гараж и мастерскую; 9 — ниши для автомобилей; 10 — место для обслуживания двигателей; 11 — сварочная мастерская; 12 — пункт зарядки аккумуляторов; 13 — пункт мойки автомобилей; 14 — ниша для обслуживания лампы накаливания; 15 — ниша электрооборудования; 16 — инструментальный и место вентиляции по гаражу; 17 — вентиляционная сбортка гаража; 18 — противопожарные двери (нормально открытые); 19 — электроподстанции; 20 — вентиль для слива ГСМ; 21 — решетчатые двери с окном; 22 — ниша с противопожарными перегородками

где  $t_p$  — интервал между соседними машинами с учетом затрат времени на разминку со встречной машиной, мин;

$$t_p = \frac{60L_m}{1000v} + t_{разм} = \frac{60L_m}{1000v_p}, \text{ мин.}$$

где  $v_p = (0,6 \div 0,7) v$  — скорость движения машин на разминках, км/ч;  $t_{разм} = 2L_m/v$  — время, затрачиваемое на ожидание встречных машин, мин.

Особенно сильно ограничивается пропускная способность трасс, идущих вдоль забоев, в местах примыкания к ним заездов, так как при этом возможны случаи выезда других машин из забоев.

На этих пунктах безопасный интервал увеличивается до 20—30 м, а скорость движения снижается до 3—5 км/ч.

Провозная способность главных откаточных штреков за сутки определяется по формуле

$$P = \frac{NG}{\rho'}, \text{ т.}$$

где  $N$  — суточная пропускная способность штрека, машин;  $G$  — грузоподъемность машины, т;  $\rho' = 1,75 \div 2$  — коэффициент резерва пропускной способности.

Производительность безрельсового подземного транспорта в большой степени зависит от состояния подземных дорог. Наиболее распространенным покрытием, отвечающим подземной эксплуатации дорог, является асфальт; за рубежом на многих рудниках дорожное полотно делают из железобетонных плит, которые укладываются на песчаное основание. Плиты съемные и могут использоваться несколько раз. Для обеспечения нормального технического состояния дорог организуется дорожная служба, которая проводит профилактику, текущие средний и капитальный ремонты дорог согласно ЕПБ.

Для безопасного движения автомашины в подземных условиях разработаны правила движения, которые являются едиными для всех рудников Советского Союза и утверждены Госгортехнадзором СССР.

На рудниках, вскрытых стволами, для нормальной работы безрельсового транспорта под землей должны быть оборудованы гаражи и различные пункты обслуживания: заправочные (рис. 104), мойки и т. п. На рис. 105 представлен подземный гараж на калийном руднике годовой производительностью 2 млн. т.

Подземные гаражи устраиваются не ближе 100 м от ствола шахты в выработках, проветриваемых индивидуальной струей свежего воздуха с выходом отработанного в исходящую струю. Количество поступающего воздуха должно обеспечивать четырехкратный часовой обмен воздуха во всех выработках гаража. Состав рудничной атмосферы в гараже должен соответствовать требованиям санитарных норм.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

Процесс материального производства представляет собой взаимодействие трех его основных элементов: орудий труда, предмета труда и творческого труда человека.

Изложение накопленного материала по комплексной механизации подземной добычи руд будет неполным, если не рассмотрим наиболее важные аспекты проектирования и организации работ, представляющих суть третьего элемента.

## ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

### § 1. ОЦЕНКА УРОВНЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Труд горнорабочих по степени использования средств механизации и автоматизации можно разделить на следующие категории: 1) управление и контроль работы автоматизированных установок, автоматов, поточных линий, комплексов, систем; 2) управление машинами и механизмами с электрическими и гидравлическими, пневматическими и дизельными приводами; 3) труд с применением различного инструмента и приспособлений с механическим приводом (работа на сверлах, перфораторах, отбойных молотках, домкратах, гайковертах и т. п.); 4) ручной труд по ремонту оборудования, механизмов, инструмента и приспособлений, автоматических систем, систем дистанционного управления и т. п.; 5) ручной труд на вспомогательных работах; 6) ручной труд на тяжелых основных работах (крепление выработок, разбивка негабарита, навешивание блоков скреперной установки и т. п.).

Расход труда на единицу продукции определяет трудоемкость работ. По участку, шахте затраты труда относятся на 1000 т добытой руды.

Уровень механизации труда по группам операций определяется по следующим зависимостям:

для первой категории труда (автоматизированный труд)

$$u_a = \frac{\sum t_a \cdot 100}{\sum t_a i + \sum t_m i + \sum t_{m,и} i + \sum t_{p,м} i + \sum t_{p,в} i + \sum t_{p,т} i} = \frac{100T_a}{T_0}, \%$$

для второй, третьей, четвертой, пятой, шестой категорий труда соответственно:

$$u_m = \frac{100T_m}{T_0}, \%; \quad u_{m,и} = \frac{100T_{m,и}}{T_0}, \%;$$

$$u_{p,м} = \frac{100T_{p,м}}{T_0}, \%; \quad u_{p,в} = \frac{100T_{p,в}}{T_0}, \%;$$

$$u_{p,т} = \frac{100T_{p,т}}{T_0}, \%$$

где  $t_a, t_m, t_{m,и}, t_{p,м}, t_{p,в}, t_{p,т}$  — соответственно трудоемкость отдельных автоматизированных, механизированных операций на машине, на механизированном инструменте, ручных операций на ремонте машины и механизмов, вспомогательных и тяжелых физических работ, чел-мин;  $T_a$  — суммарная трудоемкость автоматизированного труда, чел-мин;  $T_m, T_{m,и}$  — то же, механизированного труда соответственно на машинах и механизированном инструменте, чел-мин;  $T_{p,м}, T_{p,в}, T_{p,т}$  — то же, ручного труда соответственно по ремонту машин и механизмов, на вспомогательных работах, на тяжелых основных работах, чел-мин.

Суммарная трудоемкость работ по забою (участку, шахте)

$$T_0 = T_a + T_m + T_{m,и} + T_{p,м} + T_{p,в} + T_{p,т} \text{ чел.-мин.}$$

### § 2. КАЧЕСТВА МАШИН, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ УРОВЕНЬ МЕХАНИЗАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Разнообразие горнотехнических и горно-геологических условий требует обширного арсенала горных машин, различных по своим свойствам. Дифференцированная оценка машин по отдельным свойствам необходима не только для подбора машины к конкретным условиям, но и конструкторам для более четкого определения выполненных машиной функций.

Важнейшим качеством машины является непрерывность действия. Она способствует поточной технологии горных работ. Примером машин непрерывного действия являются комбайны для механизированной отбойки слабых и средней крепости руд. Назрела необходимость создания таких комбайнов для механизированной отбойки крепких руд. Нашей промышленностью созданы сверхтвердые сплавы (нитрит бора и др.), которые могут быть использованы для армирования режущих органов комбайна. Конвейеры должны проектироваться с учетом горно-геологических и горнотехнических условий разработки месторождений. Они должны иметь большой диапазон типоразмеров по производительности, длине, углу установки, искривленности трассы, физико-механическим свойствам горной массы. Конвейерные линии должны быть оборудованы управляемыми приводами для автоматического регулирования режима работы и контроля.

«Узким местом» самоходных буровых, погрузочных и доставочных машин является ручное управление их работой, наличие большого количества обслуживающего персонала. Создание самоходных машин, поддающихся автоматическому управлению, является актуальной задачей проектирования.

Ограниченность размеров горных выработок, неизбежные потери времени на обмен рабочих машин у забоя вызывают потребность в создании и использовании многооперационных (комбинированных) машин. В передовой отечественной и зарубежной практике наметилась тенденция совмещения двух или нескольких функций в одной рабочей машине.

Горные машины должны быть надежными, долговечными, ремонтпригодными, приспособленными к автоматическому и программному управлению, удобными для работы обслуживающего персонала, приспособленными для выполнения операций в комплексе с другими машинами.

При конструировании современных машин должны применяться совершенные методы расчета узлов и деталей на прочность и долговечность, использоваться высоколегированные износостойкие стали, твердые сплавы и новые виды материалов (полимеров и др.), применяться принципиально новые схемы приводов (индивидуальный гидропривод или электропривод, предохранительные устройства и регуляторы режимов работы), что будет способствовать уменьшению габарита и массы машин. Громоздкие и недолговечные механические передачи должны быть заменены гидравлическими объемными приводами и приводом с высокомоментными гидродвигателями, работающими при давлении 300—500 кгс/см<sup>2</sup>.

Создание машины с дистанционным и автоматическим управлением потребует стабильности регулировки узлов и равнопрочности элементов. Такие машины должны быть укомплектованы управляемыми приводами, приборами автоматического учета выполненной работы с оценкой ее и выдачей информации по суммарному принципу для первичной обработки данных по заранее заданной программе. На машинах будущего должна быть установлена аппаратура по контролю состояния узлов, предупреждению отказов, отысканию и ликвидации их.

В настоящее время в нашей стране проводится комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, целью которых является создание новых средств механизации, пригодных для использования на рудниках будущего с автоматизированными системами управления производством (АСУП).

### § 3. МЕТОДИКА ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ГОРНЫХ РАБОТ [3]

Во всех случаях для оценки эффективности механизации работ необходимо учитывать первоначальные затраты (стоимость приобретения машин), эксплуатационные расходы (стоимость рабочей силы, энергии, материалов), объем производства (производительность) и фактор времени (срок службы) по каждой машине комплекса.

Окончательный выбор между машинами следует осуществлять по минимуму производственных затрат.

Допустим, имеется два вида машин, пригодных для выполнения какой-нибудь обособленной операции.

Пусть  $K_1, K_2$  — первоначальные затраты;  $C_1, C_2$  — годовая сумма текущих затрат (руб.) по каждой из сравниваемых машин. Предположим, что  $K_1 < K_2$  и  $C_1 > C_2$ .

Тогда будем иметь  $\Delta K = K_2 - K_1$  — дополнительное капиталовложение;  $\Delta C = C_1 - C_2$  — годовая экономия средств за счет текущих расходов.

Срок окупаемости капиталовложений

$$T_n = \frac{\Delta K}{\Delta C}. \quad (96)$$

Коэффициент эффективности капиталовложений

$$E = \frac{\Delta C}{\Delta K}. \quad (97)$$

Из формул (96) и (97) видно, что  $E = 1/T_n$ . Для металлургической и горнорудной промышленности  $E = 0,15 \div 0,1$ ;  $T_n = 7 \div 10$  лет. Для угольной промышленности  $E = 0,33 \div 0,65$ .

При сравнении однотипных машин производственные затраты необходимо привести к нормативному сроку окупаемости капиталовложений. При этом функция выбора машины приобретает вид

$$I_i = (C_i + EK_i) \rightarrow \min.$$

Функцией  $I_i$  можно пользоваться, если сравниваемые индивидуальные машины не отличаются по производительности, сроку службы  $T$ , причем последний не меньше нормативного срока окупаемости капиталовложений, установленного для данной отрасли, т. е.  $T_1 = T_2 = T_n$ ;  $T_i \geq T_n$ . Однако машины составляют активную часть фондов, сроки их эксплуатации часто короче, чем пассивной части фондов, в таких случаях и окупаться они должны быстрее, чем вся масса фондов ( $T_i < T_n$ ). Капиталовложения приводятся к гарантированному сроку службы машины по формуле

$$I_i = C_i + \frac{K_i}{T_i}.$$

Так как все машины комплекса работают одновременно, то требуется определенное отношение между количеством машин, их размерами и быстротой действия. Поэтому в тех случаях, когда сравниваемые машины отличаются не только стоимостью приобретения, но и производительностью и сроком службы ( $T_1, T_2, T_3$ ), соответствующие капиталовложения должны быть приведены к сопоставимому виду по фактору объема производства и фактору времени. Предположим, мы имеем варианты механизации с характеристикой: годовая производительность машины  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ , срок службы машины  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ .

Капиталовложения, приведенные к нормативному сроку окупаемости,  $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ . Допустим, одна из этих машин имеет наибольшую производительность  $A_{\max}$ , она же или какая-нибудь другая из них — наибольший срок службы ( $T_{\max}$ ). Пусть в данном случае  $A_{\max} = A_n$ ;  $T_{\max} = T_n$ . Тогда капиталовложения

Показатели	I комплекс				II компле		
	СБУ-2М	ПНБ-3К	14-РС-3	БПД-2	СБУ-2М	ПНБ-3К	КФР-1-150
Первоначальные затраты $K_i$ , тыс. руб.	9,75	40,0	22,816	27,0	9,75	40,00	21,00
Годовая сумма текущих затрат $C_i$ , тыс. руб.	5,538	57,246	25,283	17,479	5,538	57,246	13,272
Производительность $A_i$ , т/смену	300	350	150	100	300	350	1600
Срок службы $T_i$ , годы	5	3	3	3	5	3	5
Приведенные капитальные вложения $I_i$ по машине, тыс. руб.	7,488	70,579	33,888	26,479	7,488	70,579	17,472
Приведенные капитальные вложения $I_j$ по комплексу, тыс. руб.	129,434						

должны быть приведены к соизмеримому виду:

$$I_1 \frac{A_n T_n}{A_1 T_1}; I_2 \frac{A_n T_n}{A_2 T_2}; I_3 \frac{A_n}{A_3}; \dots I_n \frac{T_n}{T_n}.$$

В общем виде функция выбора может быть записана так:

$$I_i^* = I_i \frac{A_{\max} T_{\max}}{A_i T_i} \rightarrow \min, \quad (98)$$

где  $I_i^*$  — капиталовложение по  $i$ -му типу машины, приведенное к соизмеримому виду.

В тех случаях, когда взаимозависимые производственные процессы (очистных или проходческих работ) выполняются различными машинами, необходимо сравнивать суммарные приведенные затраты по комплексам. Иными словами, определяются производственные затраты по каждой машине комплекса по формуле (98) и их сумма по каждому комплексу. Выбор осуществляется по минимуму этой суммы затрат. В этом случае функция выбора комплекса механизации работ может быть записана так:

$$I_j = \sum_{i=1}^n I_i^i \frac{A_{\max}^i T_{\max}^i}{A_i^i T_i^i} \rightarrow \min, \quad (99)$$

где  $I_j$  — приведенные капиталовложения по  $j$ -му комплексу;  $I_i^i$  — то же, по  $i$ -й машине  $j$ -го комплекса;  $A_i^i, T_i^i$  — производительность и срок службы  $i$ -й машины  $j$ -го комплекса;  $A_{\max}^i, T_{\max}^i$  — наибольшая производительность и наибольший срок службы машины  $j$ -го комплекса.

Приведем числовой пример выбора комплекса механизации

Таблица 66

КС	III комплекс						IV комплекс				
	КФР-1-400м	БПД-2	СБУ-2М	ЭП-1	КФР-1-150м	КФР-1-400м	БПД-2	СБУ-2М	ЭП-1	461НВ-25	БПД-2
	56,00	27,0	9,75	19,3	21,0	56,0	27,0	9,75	19,3	56,0	27,00
	23,252	17,479	5,538	21,77	13,272	23,252	17,479	5,538	21,771	24,30	17,479
	2800	100	300	450	1600	2800	100	300	450	200	100
	5	3	5	5	5	5	3	5	5	3	3
	34,452	26,479	7,488	25,630	17,472	33,445	26,479	7,488	25,630	52,960	26,479
	157,470				110,514				112,557		

очистных работ при разработке залежей медных руд в Джезказгане. В этих условиях возможны:

I. Доставка руды до ствола (капитального рудоспуска) в самоходных вагонах. Комплекс включает следующие машины: погрузочные машины ПНБ-3к, самоходные вагоны 14РС-3, бульдозер БПД-2, самоходную каретку СБУ-2м.

II. Доставка руды конвейерами. Комплекс: забойные конвейеры КФР-1 длиной 150 метров, магистральные конвейеры длиной 400 м, бульдозер БПД-2, самоходные буровые каретки СБУ-2м, погрузочные машины ПНБ-3к.

III. Экскаваторная погрузка с доставкой конвейерами: экскаватор ЭП-1, забойные и магистральные конвейеры, бульдозер БПД-2, самоходная буровая каретка СБУ-2м.

IV. Экскаваторная погрузка с доставкой руды в самоходных вагонах: экскаватор ЭП-1, тягачи с прицепом 462НВ-25, бульдозер БПД-2, самоходная буровая каретка СБУ-2м.

Результаты подсчетов технико-экономических показателей по комплексам сведены в табл. 66. Нормативный коэффициент эффективности  $E$  принят равным 0,12. Как видно из табл. 66, наиболее рациональным является комплекс III, обеспечивающий наибольший объем производства при наименьших производственных затратах.

При выборе технических средств механизации горных работ с применением самоходного оборудования для расчетов стоимости и амортизационных отчислений отдельных машин можно пользоваться данными табл. 67.

Таблица 67

Наименование машин	Стоимость, руб.	Общая норма амортизационных отчислений, %	В том числе	
			на капитальный ремонт, %	на полное восстановление, %
<b>Буровые каретки:</b>				
СБУ-2м	9 100	40,1	15,3	24,8
СБУ-2к	18 200	40,1	15,3	24,8
СБУ-4	102 000	40,1	15,3	24,8
«Параматик»	84 066	40,1	15,3	24,8
<b>Погрузочные машины:</b>				
ПНБ-1	7 000	40,1	15,3	24,8
1ПНБ-2	9 400	40,1	15,3	24,8
2ПНБ-2	17 050	40,1	15,3	24,8
ПНБ-3к	54 750	40,1	15,3	24,8
ПНБ-3Д	47 970	40,1	15,3	24,8
ПНБ-4	79 750	40,1	15,3	24,8
Экскаватор ЭП-1	26 073	40,1	15,3	24,8
<b>Погрузочно-доставочные машины:</b>				
ПДВ-2	13 900	40,1	15,3	24,8
ST-5A	53 600	40,1	15,3	24,8
ДК-2,8Д	62 000	40,1	15,3	24,8
ПДН-3Д	75 000	40,1	15,3	24,8
<b>Самоходные вагоны:</b>				
З-ВС-15РВ	33 000	40,1	15,3	24,8
ВСД-10	33 200	40,1	15,3	24,8
ВС-5П	4 000	40,1	15,3	24,8
20RC4	60 000	40,1	15,3	24,8
<b>Подземные самосвалы:</b>				
МоАЗ-6401	83 422	40,1	14,2	24,8
461НВ-25 (Франция)	53 432	40,1	14,2	24,8
ВК195МС15 фирмы «Бмоу-Нокс» (Франция)	61 700	40,1	14,2	24,8
<b>Полиэтиленовые:</b>				
СП-12	27 428	34,0	14,2	19,8
СП-25	36 206	34,0	14,2	19,8
СП-18А	33 096	34,0	14,2	19,8
СП-8А	28 949	34,0	14,2	19,8
Подземный бульдозер БПД-2Д	17 134	40,1	15,3	24,8
Автокран ПК-5А	36 820	34,0	14,2	19,8
Самоходная машина для зарядки шпуров ПМЗШ-2	20 309	34,0	14,2	19,8
Самоходное шасси Т-16	2 180	34,0	14,2	19,8
Трактор «Беларусь» Д-449	3 472	34,0	14,2	19,8
Смазочная установка ПСА-2	2 958	34,0	14,2	19,8
Бульдозер Д-400-93А с навесным краном	26 672	30,9	14,3	16,6
<b>Комплексы проходческие:</b>				
КПВ-1	18 200	34,0	14,2	19,8
КПН-1	27 600	34,0	14,2	19,8

## § 4. ВЫБОР РЕЗЕРВА МАШИН

Количество резервных машин для действующих комплексов зависит от многих факторов, но в основном от горнотехнических условий эксплуатации и степени надежности самих машин. К горнотехническим условиям следует отнести тип применяемых систем разработки, число действующих и резервных забоев, разбросанность забоев и время, необходимое для перегона машин, состояние подъездных путей и т. п. Различают общее резервирование комплексов и резервирование отдельных машин способом замещения. При разработке руд подземным способом применяется, как правило, резервирование отдельных машин с замещением. Общее резервирование комплексов встречается только при оснащении машинами резервных забоев, лав, камер, блоков. Если имеется возможность быстрой замены отказавшей машины, то, как правило, для нескольких действующих машин имеется одна-две резервные. Если замена в забое неисправной машины требует длительного времени, то в этом случае ремонтируют отказавшую машину или переходят в резервные забои.

Число резервных машин комплекса зависит также от безотказности и ремонтпригодности каждого типа машин. Чем меньше машины отказывают и чем меньше требуется времени на восстановление машин, тем меньше требуется число резервных машин.

Следовательно, выбор числа резервных машин каждого типа для действующих комплексов на добычных или транспортных участках необходимо решать отдельно для каждого конкретного случая. При этом должно соблюдаться условие выбора оптимального резерва машин; удельные приведенные затраты на добычу 1 т руды с наличием резервных машин должны быть меньше или равны удельным затратам с учетом простоев забоев из-за отсутствия резерва. При этом функция примет вид  $C_{уд.р} \leq C_{уд.п} \rightarrow \min$ :

$$C_{уд.р} = C_э + C_a + EK;$$

$$C_{уд.п} = C_э' + C_a' + EK';$$

где  $C_э$  и  $C_э'$  — эксплуатационные затраты, руб/т;  $C_a$ ,  $C_a'$  — амортизационные отчисления, руб/т;  $k$  и  $k'$  — первоначальные затраты соответственно с резервом и без резерва машин;  $E = 0,1 \div 0,15$  — отраслевой коэффициент эффективности.

В эксплуатационные расходы должны быть включены расходы на замену машин в забое, простои рабочих забойной группы при замене или ремонте машин, затраты на поддержание резервных машин. Оптимальное число  $n$  резервных машин определяется по минимуму затрат, т. е. функции  $C_{уд.р} = f(n) \rightarrow \min$ . В эксплуатационных условиях часть машин находится в ремонте. Число этих машин зависит от ремонтпригодности самих машин, а также от организации ремонтной службы на участке, шахте, руднике и учитывается коэффициентом технической готовности парка машин  $\sigma_T$  ( $\sigma_T = 0,8 \div 0,95$ ). Общее число резервных и ремонтируемых машин обычно составляет 15—25% числа рабочих машин.

## ОРГАНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

### § 1. ОПЫТ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Под организацией труда понимается совокупность мероприятий, направленных на планомерное и эффективное использование труда рабочих для достижения наибольшей производительности. К этим мероприятиям относятся: специализация и кооперирование труда; организация рабочих мест; улучшение условий труда и его безопасности; изучение и распространение передовых приемов и методов труда; подготовка и повышение квалификации рабочих; нормирование труда и его учет; рациональные формы материального и морального стимулирования труда; увязка работы всех подразделений предприятия; соединение всех операций в единый производственный процесс, протекающий в заданном режиме времени.

Организация производства строится на нескольких общих для всех отраслей принципах. Здесь следует указать на принцип пропорциональности, заключающийся в том, что производственная мощность каждого процесса, действующего в цепи последовательно совершаемых процессов, должна быть равна или больше производственной мощности предыдущего процесса; принцип параллельности, означающий возможность параллельного выполнения отдельных частей производственного процесса; принцип точности, означающий необходимость исключения избыточных, возвратных и других нерациональных грузопотоков; принцип непрерывности, означающий устранение или уменьшение перерывов в производственном процессе.

В горнорудной промышленности основные процессы являются по своей сущности циклическими. При таких процессах также необходим и возможен поток, хотя и прерывистый. Производственные процессы состоят из основных (бурение, взрывание, машинная отбойка, погрузка горной массы и др.) и вспомогательных (подготовка к бурению, заготовка пыжей, оборка кровли и др.), выполняемых комплектом индивидуальных или комбинированных машин и механизмов, называемых выемочными комплексами. Оценка уровня организации производства на отдельных

предприятиях отрасли может характеризоваться коэффициентом организации производства по формуле

$$k_{оп} = \frac{(O\Phi k_{о.ф} + OВ k_{п.т}) P' + Z_{рас} k_{с.т}}{(O\Phi + OВ) P'_л + Z_{рас}}$$

где  $O\Phi$  — стоимость основных производственных фондов предприятия;  $OВ$  — фактическая стоимость оборотных фондов предприятия;  $Z_{рас}$  — расчетная годовая зарплата рабочих;  $P'$  — фактически достигнутый коэффициент рентабельности используемой части производственных фондов;  $P'_л$  — лимитирующий коэффициент рентабельности производственных фондов;  $k_{с.т}$  — коэффициент организации труда (работника или группы работников);  $k_{п.т}$  — коэффициент организации движения предметов труда;  $k_{о.ф}$  — коэффициент использования основных фондов.

Большинство применяемых на практике горных машин имеет ручное управление. Кроме того, часть вспомогательных операций при использовании этих машин выполняется вручную. Тогда уровень механизированного труда в общих трудовых затратах определится по формуле

$$У_{м.т} = \frac{P_m k}{P\Phi} 100, \%$$

где  $У_{м.т}$  — уровень механизированного труда;  $P_m$  — число рабочих, выполняющих работу механизированным способом;  $P$  — общее число рабочих;  $k$  — коэффициент использования механизированного труда, выражающий отношение времени механизированного труда к общей производительности смены;  $\Phi$  — коэффициент использования рабочего времени.

В последнее время на горных предприятиях находит все большее применение специализация работ. На некоторых шахтах созданы специализированные участки по бурению и заряданию глубоких скважин, по очистным и горнопроходческим работам. Для обеспечения более высокой производительности труда осуществляются отбор и внедрение наиболее рациональных трудовых приемов, позволяющих с большим эффектом и меньшими затратами труда выполнять соответствующие операции.

В отдельных передовых бригадах изучаются фактические затраты рабочего времени на каждый вид работы, на основании чего методом расчета среднепрогрессивной величины устанавливаются необходимые затраты рабочего времени на каждую операцию с учетом резерва; таким образом создаются научно обоснованные нормы выработки для всех категорий рабочих.

Задачей на ближайшие годы является разработка и внедрение нормативов численности рабочих, занятых на ремонтно-восстановительных работах, сокращение численности ИТР и служащих за счет совершенствования структуры управления.

Опыт подземных предприятий горнорудной промышленности показывает, что без научной организации труда даже при наличии

совершенной техники и технологии производства трудно достичь темпов роста производительности труда и эффективности производства.

## § 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ГОРНЫХ МАШИН

Для увеличения производительности труда, снижения себестоимости ремонта и удельных капитальных вложений необходимо концентрировать ремонтное производство, внедрять специализацию и кооперирование ремонтных предприятий.

В практику ремонта машин и оборудования все шире внедряются сетевые графики. Для разработки сетевого графика ремонта нужно знать кооперированный перечень ремонтных работ; время, затрачиваемое на выполнение каждой операции; число рабочих, занятых на выполнении каждой работы; очередность работ при выполнении ремонта. Разработку сетевого графика начинают с составления определителя в форме таблицы, в колонках которой слева направо указываются шифр работы, наименование работы, трудоемкость работы в человеко-часах, число занятых рабочих, норма времени в часах на каждую операцию, длительность выполнения работы (максимальная, минимальная, средняя) в часах. Пользуясь данными определителя, строят сетевой график ремонта машины. Порядок расположения линий на графике соответствует технологической последовательности выполнения каждой работы с учетом условий ремонтной загрузки всех рабочих в смене. Время выполнения каждой работы определяется по уравнению

$$t = \frac{A}{k} + x + y + z, \text{ ч.}$$

где  $A$  — трудоемкость рассматриваемой работы чел.·ч;  $k$  — количество занятых рабочих;  $x$  — перерывы на обед;  $y$  — перерывы между сменами;  $z$  — продолжительность ожидания ремонта, связанная с невозможностью начать одновременный ремонт всех узлов и агрегатов при данной программе.

Продолжительность каждой операции наносится на сетевой график сплошной линией и стрелкой, проведенной под любым углом, но с соблюдением масштаба, отложенного по оси абсцисс. Шифр операции проставляется в кружках, с центрами которых совпадает ее начало и конец.

На рис. 106 приведен сетевой график ремонта машины ППН-7. Анализ графика (рис 106,а) показывает, что наибольшая длительность выполнения работы (критический путь) составляет 134 ч (около 17 смен). Через 48 ч все узлы, кроме гидроаппаратуры, готовы и находятся в ожидании монтажа машины (54 ч). В этом случае необходимо произвести оптимизацию графика за счет исключения длительных простоев годных узлов и сокращения критического пути. В данном случае целесообразно заменить дефектную

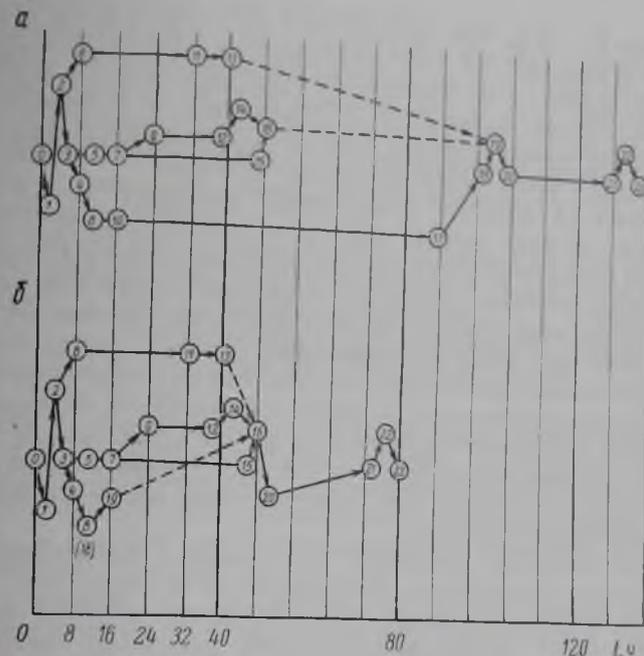


Рис. 106. Сетевой график ремонта машины ППН-7:  
а — до оптимизации; б — после оптимизации

гидроаппаратуру резервной (работа 18—19). Ремонт снятой аппаратуры производится отдельной бригадой по своему сетевому графику. Тогда из графика (рис. 106,а) исключается работа 8—10 (разобрать гидравлическую часть), 10—17 (ремонт гидравлической части) и 17—18 (сборка гидравлической части) и критический путь сокращается до 80 ч, а машина выйдет из ремонта на 54 ч раньше. Уменьшение простоя машины в ремонте на 54 ч окупает затраты на приобретение резервной гидроаппаратуры.

На зарубежных подземных рудниках, эксплуатирующих самоходное оборудование, к системе технического обслуживания и ремонта предъявляются повышенные требования: строгое соблюдение графика; оборудование ремонтных мастерских как под землей, так и на поверхности рудников; обеспечение рудника достаточным количеством запасных агрегатов, узлов, деталей; организация четкой системы регистрации и информации о работе машин; оперативное руководство ремонтными работами; организация постоянного обучения операторов и ремонтного персонала; обеспечение достаточной численности ремонтного персонала. Число ремонтных рабочих на зарубежных рудниках составляет около 20% от общей численности работающих, эксплуатирующих, самоходное оборудование.

Рудник «Крайгмонт» (Канада) эксплуатирует около 30 различных самоходных машин (4 буровых стана «Фен-Дрил» и «Симба»,

4 буровые каретки типа «Универсал Джумбо» фирмы «Гарднер Денвер», 7 погрузочно-доставочных машин ST-4A). Все основные ремонтные работы самоходного оборудования ведутся в дневную и вечернюю смены специалистами-ремонтниками. В третью смену делают общий осмотр машины. Мелкий ремонт и смазку выполняют менее квалифицированные ремонтные рабочие.

На руднике «Кобор» ремонтники работают в две смены. Несколько рабочих бывают заняты в третью смену. В составе ремонтной бригады входят 4 сварщика, 4 электрика и 18 слесарей-ремонтников, включая учеников. В каждой мастерской на одном из горизонтов выполняется типовая программа ремонтных работ: одна машина находится в капитальном ремонте, другая проходит 100-часовой осмотр, две машины остановлены на ежедневный осмотр, в остальных машинах по необходимости устраняются поломки.

По ряду рудников трудозатраты на обслуживание и ремонт ST-5A в среднем составили 4,5 чел·ч на 1 ч работы машины или 0,64 чел·ч на 1 т руды. Как правило, применяют узловой или агрегатный метод ремонта.

Важное значение придается техническому инспектированию машины перед техническим обслуживанием и после него. Состояние машин периодически проверяет инспектор, который подчиняется начальнику отдела планирования ремонтных работ. Для записи всех замечаний по машинам инспектор пользуется портативным магнитофоном, что дает возможность получения информации для подготовки последующих графиков технического обслуживания. На основе результатов наблюдений ведут учет расходов материалов. Инспектор отвечает не только за контроль состояния эксплуатируемого оборудования, но и за объем и качество проводимого ремонта. Он обязан также периодически анализировать ремонтную документацию на каждую машину. Это дает возможность установить наиболее оптимальные (по срокам и затратам) графики профилактического обслуживания. На осмотр каждой машины инспектор обычно тратит 20—30 мин.

График плано-предупредительного ремонта (ППР) составляет механик забойного самоходного оборудования. Особое внимание уделяется ведению документации по эксплуатации каждой самоходной машины. В ней отмечается вся история машины со дня ее поступления на шахту (рудник). Периодический анализ этой документации позволяет решать вопрос о сроках и объемах капитального ремонта той или иной машины. Вся ремонтная документация обычно хранится в центральном административном отделе технического обслуживания, куда она поступает из подземных ремонтных мастерских после окончания заполнения журналов, книг, бланков, карточек.

Заслуживает внимания вызывная система ППР, которая применяется для планирования и проведения ремонтов мобильных машин. Очередность вызова машин на ремонт указывается на специальном стенде. Одним из главных требований, предъявляемых

к этой системе ППР, является обеспечение операторов, слесарей, электриков, смазчиков инструкциями и предписаниями по уходу и ремонту за машинами. В них указывается: какие узлы должны при том или другом виде осмотра или ремонта обслуживаться; кто должен проводить обслуживание; периодичность обслуживания; продолжительность осмотра или обслуживания. Инструкция представляет собой лист, в котором дан перечень необходимых для исполнения операций.

Вторым условием для проведения названной системы ППР является составление рапортов о проведенных работах по уходу за машинами, о всех замеченных неисправностях, устраненных нарушениях, о необходимости замены узлов и деталей машины и т. п. По рапортам можно составить письменные заказы на ремонт по специальным формам.

Через установленные интервалы времени производится осмотр всех узлов и агрегатов машин, целью которого является выявление и ликвидация повреждений, утечек жидкости и воздуха, ослаблений крепежа, определение степени износа отдельных узлов рабочих органов и ходовой части. Одновременно с осмотром осуществляется смазка движущихся узлов.

К квалификации операторов самоходных машин предъявляются повышенные требования. В их обязанности также входят осмотр, профилактика машины перед началом смены и смазка. Все замеченные неисправности и выполненные по наладке, смазке и ремонту работы кратко описываются оператором в отрывной части сменной рабочей карточки, которая является частью ежедневной отчетности. После смены отрывную часть карточки передают в отдел самоходного оборудования. Формы сменных карточек являются типовыми для каждого вида оборудования.

ППР включает в себя взятие проб и анализ состояния смазки отдельных узлов. За выполнение профилактических работ несет ответственность руководитель добычного участка и начальники смен. Рентабельность применения пневмоколесных самоходных машин в конечном счете определяется затратами на шины, которые для самосвалов составляют в среднем 25%, а для ковшовых ПДМ—35% общих эксплуатационных расходов. Поэтому за правильной эксплуатацией и ремонтом их налажен строгий контроль. Определение степени износа шин производят посредством измерения глубины протектора через определенные промежутки времени. Кроме того, износ шин проверяют визуально каждую неделю. Ведется полная документация на каждую шину. Ежемесячно составляются отчеты о работе шин каждого типоразмера. Для обслуживания и ремонта шин часто привлекают фирмы — изготовители шин или специализированные предприятия. Фирма контролирует состояние шин, производит замену изношенных непосредственно на работающей машине и их восстановление.

Эффективность применения системы ППР на руднике оценивается по степени использования машин и величине эксплуатацион-

ных затрат на ремонтные расходы. Анализ этих данных за продолжительное время дает возможность принять оптимальные решения о целесообразности ремонта, замены или дальнейшей эксплуатации той или иной машины.

На ряде рудников, эксплуатирующих самоходное оборудование, введена премиальная система оплаты труда ремонтного персонала и прогрессивная оплата за минимальное время простоев машин в соответствии с квалификацией рабочего, занятого на обслуживании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Достижения современной науки и техники предопределяют дальнейшее развитие комплексной механизации шахт.

В области создания комплексно-механизированных шахт намечались следующие основные направления: концентрация и интенсификация горных работ; увеличение производительности шахт; внедрение высокопроизводительных машин, комплексов механизации горных работ; внедрение на рудничном транспорте тяжелых локомотивов, вагонов большой грузоподъемности, более совершенных конвейеров, средств СЦБ и автоматики; ликвидация многоступенчатости в транспортировании горной массы и постепенный переход шахт на непрерывные виды транспортирования; комплексная механизация вспомогательных работ; перевод машин, агрегатов, комплексов с ручного на дистанционное, автоматическое или программное управление; создание систем автоматизированного управления работой целых шахт, рудников и комбинатов.

Наиболее важным направлением в создании комплексно-механизированных шахт является замена старых типов перепосных машин мощным высокопроизводительным самоходным оборудованием и средствами непрерывного транспорта на проходческих и очистных работах. Для этого расширяется фронт работ путем реконструкции старых и внедрения новых систем разработки, увеличивается высота этажа; создаются новые схемы вскрытия, где для независимой работы забойных комплексов и локомотивного транспорта предусматриваются концентрационные горизонты и аккумулялирующие рудоспуски большой емкости.

Быстрыми темпами внедряются забойные механизированные комплексы с автономным приводом. Открылись перспективы широкого использования поточной технологии разработки с применением технических средств непрерывного действия.

На ближайшие 15—20 лет доминирующим способом отбойки крепких скальных пород останется буровзрывной. В области бурения основное развитие получают самоходные каретки и станки. Наиболее подвижными, компактными и надежными в работе являются каретки с двумя или тремя стрелами на пневмоколесном ходу

с автономным приводом и шарнирно-сочлененной рамой. Дальнейшее совершенствование буровых кареток пойдет по пути повышения компактности, мобильности и надежности в работе, увеличения удельной мощности перфораторов и бурильных машин. Целесообразно создание кареток с автоматическим и программным управлением.

Для бурения скважин будут применяться дизельные или электрические самоходные станки с программным управлением. С внедрением ВВ большой энергии для уменьшения влияния взрыва на состояние кровли требуются станки для бурения скважин малого диаметра. Увеличение мощности бурильных машин достигается стойкостью бурового инструмента, поэтому создание новых видов бурового инструмента имеет важное значение.

Для отработки пелогопадающих мягких и сыпучих залежей целесообразно использовать добычные комплексы, включающие в себя узлы захватные комбайны челночного действия, агрегатные скрепковые конвейеры, гидравлическую передвижную крепь с механизацией всех вспомогательных операций в забоях. Управление добычными комплексами должно производиться с применением специальных автоматических устройств и телевидения, что исключает постоянное пребывание людей в забое.

Назрела необходимость создания комбайнов для механической отбойки крепких руд, в частности, комбайна с комбинированным разрушающим органом (диски, оснащенные шарошками из твердого сплава, лазерная аппаратура для создания контурного вруба, ультразвуковая аппаратура для микроколебаний забоя) с высоким гидравлическим осевым давлением.

На погрузке руды под землей и в дальнейшем будут применяться экскаваторы и погрузочные машины непрерывного действия. Практика показала необходимость увеличения емкости ковша экскаватора до 2—3 м<sup>3</sup>.

Область использования ПДМ на подземных рудниках будет расширяться. Они заменят в определенных горнотехнических условиях экскаваторы, погрузочные и доставочные машины.

Наметилась тенденция более широкого применения дизельных автотягачей с прицепами грузоподъемностью до 60 т. Серьезным недостатком дизельных машин является наличие большого количества вредных веществ в выхлопных газах, которые плохо поддаются очистке. В связи с этим продолжение работ по созданию устройств газоочистки остается актуальной задачей. Применение дизельных транспортных средств должно быть ограничено работой их в выработках, проветриваемых сквозной струей свежего воздуха. Некоторое снижение вредных газов на выхлопе может быть получено посредством применения дизель-электрического привода.

На рудничном транспорте будет происходить дальнейшая концентрация локомотивного транспорта на одном горизонте с применением локомотивов сцепным весом до 40—50 тс, рудничных вагонеток грузоподъемностью до 50 т с автоматизацией погрузочно-разгрузочных и вспомогательных работ.

В области механизации крепления выработок намечается дальнейшее повышение мобильности машин, механизации и автоматизации процессов установки элементов крепи. Большие задачи стоят в области механизации вспомогательных и ремонтных работ. Широкое распространение здесь должны получить комбинированные машины с автономным приводом.

Большие перспективы имеют электрические приводы, получающие питание от мощных высокоэффективных аккумуляторов, которые уже сейчас успешно применяются в некоторых отраслях.

Особое внимание в будущем должно уделяться повышению надежности работы горных машин и комплексов.

Успешное выполнение этих задач настоятельно требует развития машиностроительной базы отечественной горнорудной промышленности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байконуров О. А. Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений. Алма-Ата, «Наука», 1969, 605 с. с ил.
2. Байконуров О. А. Зарубицкий А. А. Пластинчатые конвейеры для скальных пород и руд. Алма-Ата, «Наука», 1970, 192 с. с ил.
3. Байконуров О. А., Филимонов А. Т. Комплексная механизация очистных работ при подземной разработке рудных месторождений. Алма-Ата, «Наука», 1973, 371 с. с ил.
4. Кальницкий Я. Б., Филимонов А. Т. Самоходное погрузочное и доставочное оборудование на подземных рудниках. М., «Недра», 1974, 304 с. с ил.
5. Кузьминых А. Д. Научная организация труда на Качканарском горно-обогатительном комбинате. — «Горный журнал», 1973, № 9, с. 37—39.
6. Музгин С. С. Экскавация крупнокусковой горной массы. Алма-Ата, «Наука», 1973, 124 с. с ил.
7. Опыт и перспективы применения самоходного оборудования на шахтах СУБРА. — «Горный журнал», 1974, № 10, с. 29—31. Авт.: П. А. Ремпель, А. Н. Царьков, А. И. Эрдман и др.
8. Опыт применения камерной системы разработки с твердеющей закладкой на шахте № 15 СУБРА. — «Горный журнал», 1974, № 10, с. 20—23. Авт.: В. В. Алексеев, И. И. Бакиновский, Г. П. Балакин и др.
9. Отработка блока высотой 100 м на Белоусовском руднике. — «Горный журнал», 1970, № 11 с. 31—33. Авт В. Н. Беляшов, И. Е. Кузнецов, Г. Р. Садыков и др.
10. Попелев Т. И. Рост производительности труда в девятой пятилетке на предприятиях Курской магнитной аномалии и участие в решении этих вопросов научно-технического общества. — «Горный журнал», 1973, № 3, с. 3—7.
11. Промышленные испытания очистного комплекса ОКМР в Чнатурском марганцевом бассейне. — «Горный журнал», 1973, № 12, с. 18—22. Авт.: Ф. И. Вереса, Л. В. Гошхотелиани, Г. Н. Цилилашвили и др.
12. Развитие и совершенствование подземных работ на Высокогорском железном руднике. — «Горный журнал», 1971, № 6, с. 6—9. Авт.: А. Н. Ерия, В. М. Мельников, Г. П. Скакуп и др.
13. Совершенствование систем разработки на шахтах рудоуправления им. Дзержинского. — «Горный журнал», 1971, № 7, с. 15—23. Авт.: Н. В. Гриценко, В. И. Байда, А. А. Портнов и др.
14. Совершенствование системы разработки марганцевых руд на шахтах Никопольского бассейна. — «Горный журнал», 1973, № 7, с. 32—34. Авт.: П. И. Егоров, В. В. Алексеев, В. П. Урванцев, А. Н. Ивденко.

15. Соколов А. В., Никонов А. Ф. Современное состояние и развитие калийной промышленности за рубежом. — «Горный журнал», 1970, № 12, с. 42—43.
16. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины. М., «Машиностроение», 1968, с ил.
17. Шиятний Г. Ф., Устименко М. Ф. Научная организация труда — основа высокой эффективности производства. — «Горный журнал», 1971, № 7, с. 48—51.
18. Эйрей Л. Д. Каскадный способ непрерывной выемки запасов в отступающем порядке на медном руднике «Мифулира» в Замбии. 19. Institution of Mining and Metallurgy transactions, Sec. A, 1966, v. 75, № 7.
20. Юнг П., Бонинг Г., Вильгес Э. Комбайновая выемка железной руды на руднике «Лангедэ Бройштедт» (ФРГ). — «Горный журнал», 1973, № 22, с. 19—28.
21. Knickmeyer W. Mechanisierung des Orterbaues durch moderne queislose gerate. — «Bergakademie», 1963, № 1.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

### РАЗДЕЛ I МЕХАНИЗАЦИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

<i>Глава I.</i> Механизация очистных работ при сплошных системах разработки . . . . .	7
§ 1. Применение сплошных систем . . . . .	7
§ 2. Бурение . . . . .	10
§ 3. Взрывные работы . . . . .	20
§ 4. Погрузка . . . . .	20
§ 5. Доставка . . . . .	26
§ 6. Погрузочно-доставочные машины . . . . .	31
§ 7. Крепление и закладка . . . . .	39
§ 8. вспомогательные работы . . . . .	41
<i>Глава II.</i> Механизация очистных работ при камерных системах разработки . . . . .	42
§ 1. Опыт механизации очистных работ при камерных системах разработки . . . . .	42
§ 2. Бурение . . . . .	62
§ 3. Взрывные работы . . . . .	81
§ 4. Погрузка . . . . .	81
§ 5. Доставка . . . . .	93
§ 6. Погрузочно-доставочные машины . . . . .	94
§ 7. Крепление и закладка . . . . .	105
§ 8. вспомогательные и ремонтные работы . . . . .	110
§ 9. Состав комплексов механизации очистных работ . . . . .	119
<i>Глава III.</i> Механизация очистных работ при блоковых системах разработки . . . . .	130
§ 1. Опыт механизации очистных работ при блоковых системах разработки . . . . .	130
§ 2. Бурение . . . . .	156
§ 3. Взрывные работы . . . . .	157
§ 4. Погрузка . . . . .	158
§ 5. Доставка . . . . .	158
§ 6. Погрузочно-доставочные машины . . . . .	163
§ 7. Крепление и закладка . . . . .	163
§ 8. вспомогательные и ремонтные работы . . . . .	168
§ 9. Состав комплексов механизации при блоковых системах . . . . .	168
<i>Глава IV.</i> Комплексная механизация очистных работ при комбинированных системах разработки . . . . .	170
§ 1. Применение комбинированных систем разработки . . . . .	170
§ 2. Особенности механизации очистных работ при разработке месторождений комбинированными системами . . . . .	174

<i>Глава V.</i> Механизация взрывных работ . . . . .	176
§ 1. Заряжание шпуров . . . . .	176
§ 2. Заряжание скважин . . . . .	178
§ 3. Комплексы механизации взрывных работ . . . . .	182
§ 4. Механизация взрывных работ за рубежом . . . . .	186
<i>Глава VI.</i> Механизация закладочных работ . . . . .	187
§ 1. Технология приготовления закладки . . . . .	187
§ 2. Комплексная механизация закладки выработок . . . . .	192

### РАЗДЕЛ II МЕХАНИЗАЦИЯ РУДНИЧНОГО ТРАНСПОРТА

<i>Глава VII.</i> Механизация работ при локомотивном транспорте . . . . .	195
§ 1. Схемы локомотивного транспорта и околоствольных дворов . . . . .	195
§ 2. Подвижной состав . . . . .	197
§ 3. Механизация на погрузочных пунктах . . . . .	207
§ 4. Механизация в околоствольных дворах . . . . .	210
§ 5. Механизация путевых работ . . . . .	216
§ 6. Выбор средств и параметров локомотивного транспорта . . . . .	220
<i>Глава VIII.</i> Механизация работ при конвейерном транспорте . . . . .	238
§ 1. Конвейерный транспорт и его особенности . . . . .	238
§ 2. Конвейеры . . . . .	240
§ 3. Расчет конвейерных установок . . . . .	244
§ 4. Загрузочные пункты и эстакады . . . . .	246
§ 5. Примеры комплексной механизации при конвейерном транспорте . . . . .	248
<i>Глава IX.</i> Механизация при применении самоходных транспортных машин . . . . .	250
§ 1. Особенности транспортирования самоходными машинами . . . . .	250
§ 2. Самоходные челночные вагоны . . . . .	252
§ 3. Автосамосвалы и автотягачи с прицепами . . . . .	259
§ 4. Расчет транспорта самоходными доставочными и транспортными машинами . . . . .	265
§ 5. Подземные специальные сооружения и откаточные выработки для автотранспорта . . . . .	275

### РАЗДЕЛ III ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

<i>Глава X.</i> Выбор технических средств механизации подземных горных работ . . . . .	282
§ 1. Оценка уровня механизации производственных процессов . . . . .	282
§ 2. Качества машин, определяющие уровень механизации горных работ . . . . .	283
§ 3. Методика выбора технических средств механизации горных работ . . . . .	284
§ 4. Выбор резерва машин . . . . .	289
<i>Глава XI.</i> Организация механизированного производства . . . . .	290
§ 1. Опыт научной организации технологических процессов . . . . .	290
§ 2. Организация плано-предупредительного ремонта горных машин . . . . .	292
§ 3. . . . .	297
§ 4. . . . .	300
Заключение . . . . .	300
Список литературы . . . . .	303