



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

В. Н. Вокин, Е. В. Кирюшина, М. Ю. Кадеров

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

ПРАКТИКУМ



ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

В.Н. Вокин, Е.В. Кирюшина, М.Ю. Кадеров

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Практикум

Красноярск
СФУ
2018

УДК 622.015(07)
ББК 33.22я73
В662

Р е ц е н з е н т ы:

И. В. Зеньков, доктор технических наук, старший научный сотрудник Красноярского филиала Института вычислительных технологий Сибирского отделения РАН – Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука»;

А. Г. Михайлов, доктор технических наук, заведующий лабораторией проблем освоения недр Института химии и химической технологии Сибирского отделения РАН

Вокин, В. Н.

В662

Открытая геотехнология : практикум / В. Н. Вокин, Е. В. Кирюшина, М. Ю. Кадеров. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2018. – 132 с.

ISBN 978-5-7638-3852-7

Структура практикума и характер изложения предусматривают проведение практических занятий (по индивидуальным заданиям), направленных на приобретение умений и навыков проектирования технологических аспектов открытых горных работ, самостоятельное изучение учебников и лекционного материала, использование в ходе занятий необходимых справочных материалов и нормативных документов.

Практикум предназначен для подготовки дипломированных специалистов, бакалавров и магистров по направлению 210504 «Горное дело». Может быть использован при курсовом и дипломном проектировании, в том числе и студентами других горных специальностей.

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 622.015(07)
ББК 33.22я73

ISBN 978-5-7638-3852-7

© Сибирский федеральный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Основные элементы горнопромышленного комплекса	7
Занятие 1. Оценка горно-технологических характеристик горных пород	7
Занятие 2. Общие сведения об открытых горных работах	14
Занятие 3. Определение главных параметров карьера	20
Занятие 4. Выбор основного оборудования и режим работы карьера	24
Технологические процессы открытых горных работ.....	30
Занятие 5. Расчет параметров взрывных скважин и производительность бурового станка.....	30
Занятие 6. Расчет параметров скважинных зарядов.....	38
Занятие 7. Определение параметров забоя. Производительность и парк экскаваторов	50
Занятие 8. Эксплуатационный расчет колесного транспорта	57
Занятие 9. Определение параметров отвальных работ.....	65
Вскрытие карьерных полей и системы разработки	74
Занятие 10. Вскрытие рабочих горизонтов карьера	74
Занятие 11. Расчет основных параметров системы разработки	84
Разработка месторождений строительных горных пород	94
Занятие 12. Особенности разработки песчано-гравийных месторождений.....	94
Занятие 13. Особенности горных работ на щебеночных карьерах.....	97
Занятие 14. Вскрытие и система разработки на карьерах о добыче природного камня.....	99
Технология и механизация разработки горных пород гидравлическим способом	105
Занятие 15. Общие сведения о разработке горных пород гидравлическим способом	105
Занятие 16. Способы разработки с применением плавучих земснарядов	109
Занятие 17. Технология разработки россыпных месторождений драгами.....	110
Занятие 18. Особенности добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов.....	114

Заключение	118
Библиографический список	119
Приложения	121
Приложение 1	121
Приложение 2	122
Приложение 3	123
Приложение 4	124
Приложение 5	125
Приложение 6	126
Приложение 7	127
Приложение 8	128

ПРЕДИСЛОВИЕ

Приобретение в процессе обучения регламентированных государственным образовательным стандартам (ГОС) компетенций, творческого инженерного мышления при определении параметров и показателей технологических схем, систем вскрытия и разработки месторождений полезных ископаемых невозможно без самостоятельного выполнения соответствующих расчётов и графических построений, понимания основных закономерностей и взаимосвязей открытых горных работ.

Цель настоящего практикума состоит в том, чтобы закрепить знания, полученные на лекциях, помочь студентам глубже усвоить материал одной из профилирующих дисциплин «Открытая геотехнология» в объёме, предусмотренном ГОС и учебным планом специальности 210504 «Горное дело» по специализации «Открытые горные работы».

Он охватывает основные разделы дисциплины, предполагая усвоение каждой темы на одном-двух практических занятиях.

Построение предлагаемого издания ориентировано на самостоятельную работу студентов над изучаемым материалом, проработку рекомендуемой учебной литературы. Система изложения материала каждого занятия сочетает теоретические основы и необходимые расчёты, выполняемые поэтапно.

Изложение учебного материала в практикуме направлено также на оказание помощи студентам при выполнении курсовых проектов по специальности.

За период времени с момента последнего издания практикума по этой дисциплине изменилась методология проведения занятий, в учебный процесс внедрены ГОС третьего поколения, что потребовало переработки и дополнения учебного пособия, а также создания электронной версии.

В подготовке учебного пособия наряду с основными авторами принял участие В. Н. Морозов.

Авторы благодарны коллективу кафедры открытых горных работ ИГДГиГ СФУ в подготовке рукописи, а также рецензентам, высказавшим ценные замечания и пожелания.

Так как изложение материала в предлагаемом издании отличается от традиционного, преподавателям, ведущим практические занятия, предстоит решать ряд проблем.

При подготовке к занятиям необходимо тщательное изучение содержания очередного занятия и соответствующих литературных источников.

На первом практическом занятии рекомендуется напомнить о структуре и порядке оформления отчётов, регламентированным СТО 4.2–07–2014

«Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности» [15], а также разъяснить, каким образом будет проходить их защита.

Если очередное практическое занятие опережает лекции, преподаватель обязан сделать краткое теоретическое введение, в котором должны быть изложены базовые элементы и понятия.

Необходимо также пояснить методику составления разрезов (профилей) по простиранию и вкрест простирания залежи, плана карьера, порядок проектирования трассы траншей. Учитывая, что большинство практических занятий будет связано с графическими построениями, студенты должны постоянно иметь при себе чертёжные принадлежности.

Рекомендуется приносить на занятия учебники, учебные пособия и справочники, которые необходимы для выполнения индивидуального задания.

Поскольку уровень подготовки отдельных студентов может существенно различаться, представляется целесообразным разъяснять сущность и порядок выполнения каждого этапа занятия. В ряде случаев может оказаться полезным принимать защиту отчёта не целиком, а поэтапно.

Защита отчётов должна проходить в форме собеседования, чтобы студент мог научиться технически и терминологически грамотно формулировать свои ответы на контрольные вопросы.

В идеале занятие должно быть построено таким образом, чтобы оно не только помогло студенту усвоить изучаемый материал, но и указывало бы на необходимость его посещения, так как в противном случае могут возникнуть непредвиденные затруднения.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Занятие 1. Оценка горно-технологических характеристик горных пород

Цель занятия. Классифицировать заданные горные породы по наиболее характерным признакам, используемым при определении параметров и показателей производственных процессов.

Краткое теоретическое введение

В развитии человеческого общества непреходящее значение имеют горное дело и сельское хозяйство, являющиеся источниками естественного сырья. Комплекс технологических процессов по его переработке направлен на приспособление природных богатств к потребностям человека.

Природные химические соединения встречаются в земной коре (литосфере) в виде образований (минералов), приблизительно однородных по своему составу, внутреннему строению и физическим свойствам. Подавляющее число минералов – твердые кристаллические вещества.

Горными породами называют естественные минеральные агрегаты более или менее постоянного состава и строения, слагающие литосферу в виде самостоятельных геологических тел. Горные породы состоят из одного (например, толща гипса, каменной соли) или нескольких минералов.

По происхождению горные породы подразделяют на *магматические*, или изверженные (гранит, диорит, базальт и др.), *осадочные* (известняк, глины, пески, песчаники и др.) и *метаморфические* (гнейс, кристаллические сланцы, мрамор и др.).

Магматические горные породы возникают при остывании и отвердении магмы и лавы; осадочные образуются посредством накопления (осаждения) продуктов разрушения земной коры на дне водоемов и водотоков; метаморфические представляют собой глубоко измененные осадочные и магматические породы под влиянием высоких давлений и температур.

Природные минеральные вещества, которые могут быть использованы человеком для его нужд, называют *полезными ископаемыми (минеральным сырьем)*. Породы, имеющие полезные ископаемые, заключенные в их толще в виде прослоев, прожилков и не используемые в народном хозяйстве, считают *пустыми породами*.

Полезные ископаемые бывают газообразными (природный газ), жидкими (нефть) и твердыми. Настоящая дисциплина рассматривает только вопросы добычи твердых полезных ископаемых.

Различают полезные ископаемые: *металлические* (рудные) – сырье для производства черных, цветных, благородных, редких и радиоактивных металлов; *неметаллические* – сырье для металлургической (доломит, магнетит и др.), химической (сера, бор, фосфориты и др.) и других отраслей промышленности; *горючие* (уголь, горючие сланцы, торф и др.); *строительные горные породы* (граниты, мраморы, гравий, глины и др.).

Совокупность свойств, определяющих степень пригодности и экономической эффективности использования, называют *качеством полезного ископаемого*. Одни качественные свойства относят к *полезным* (например, теплоту сгорания угля, содержание извлекаемых металлов для руд), другие – к *вредным*, (например, зольность угля, высокую влажность, содержание примесей, затрудняющих плавку руд).

Естественные скопления полезных ископаемых в земной коре называют *месторождениями*. Месторождение будет промышленным, если его разработка целесообразна в данных экономических и географических условиях при современном уровне техники и технологии. В противном случае его считают непромышленным.

Массу или объём минерального сырья, заключенного в недрах на определенной площади, считают *запасами полезных ископаемых*. По народнохозяйственному значению выделяют запасы: *балансовые*, использование которых экономически целесообразно, и *забалансовые*, которые могут быть объектом промышленного освоения, но использовать их в настоящее время экономически невыгодно. К *промышленным* относят часть балансовых запасов, за исключением проектных потерь. *Проектные потери* – это часть балансовых запасов, проектируемая к безвозвратному оставлению в недрах. Уровень развития и экономический потенциал государства зависят от производства и потребления минерального сырья. По расчетам экономистов, среди природных ресурсов, используемых для удовлетворения потребностей общества, минеральные вещества составляют 80 %, а потребляемую энергию производят на 90 % за счет тепла, получаемого при сгорании полезных ископаемых: нефти, газа, угля, торфа. Достаточная обеспеченность общественного хозяйства минерально-сырьевыми ресурсами – неременное условие высоких темпов его развития и национальной безопасности государства [4].

Порядок выполнения

Этап 1. Классификация горных пород по шкале проф. М. М. Протодьяконова

Студенты знакомятся с исходными данными индивидуального задания по номеру варианта, выданному преподавателем (табл. 1.1, 1.2). Исходные данные студенты выбирают по двум цифрам варианта: первая цифра – вариант исходных данных (табл. 1.1), вторая – характеристика горных пород (табл. 1.2).

Таблица 1.1

Исходные данные

Показатель	Первая цифра номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Годовая производительность карьера по руде, млн т.	2	3	4	5	7	9	10	12	14	15
Расстояние транспортировки, км	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Горизонтальная мощность рудного тела, м	120	100	80	90	110	130	150	140	120	100
Длина рудного тела, м	500	700	900	1000	1200	1500	1700	2000	2500	3000
Угол падения рудного тела, град	50	55	60	65	70	80	70	65	60	55
Мощность наносов, м	10	15	20	10	15	20	20	10	15	20
Мощность прослоек пустых пород, м	10	15	–	10	15	20	15	20	10	–
Климатический район	Юж- ный	Сред- ний	Север- ный	Юж- ный	Сред- ний	Север- ный	Юж- ный	Сред- ний	Север- ный	Юж- ный

Таблица 1.2

Характеристика горных пород

Показатель	Вторая цифра номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова	11	16	7	5	12	15	8	6	10	9
Плотность горной породы, т/м ³	2,9	3,2	2,3	2,1	3,0	3,1	2,6	2,2	2,7	2,5
Коэффициент трещиноватости	0,8	0,9	0,6	0,5	0,55	0,75	0,3	0,4	0,65	0,7
Обводненность пород	Сухие	Обвод- ненные	Сухие	Обвод- ненные	Сухие	Обвод- ненные	Сухие	Обвод- ненные	Сухие	Обвод- ненные
Граничный коэффициент вскрыши, м ³ /м ³	3	4	5	6	7	8	7	6	5	4

При бурении и взрывании эффективность разрушения горных пород определяется различными свойствами. Это связано с тем, что при бурении зона разрушения под лезвием инструмента имеет небольшие размеры и зависит от микросвойств горных пород: твердости, прочности, абразивности, зернистости, вязкости и т. д.

При взрывании на карьерах и подземной разработке месторождений эффективность дробления массива зависит от прочности пород на сжатие и сдвиг, а также степени пористости и трещиноватости, прочности и разрушаемости отдельностей, слагающих массив при соударении и их плотности.

Твердость и абразивность влияют главным образом на износ инструмента при бурении, выбор величин осевого усилия на буровой инструмент и частоты его вращения.

К числу наиболее важных свойств горных пород в массиве относятся крепость, твердость, вязкость, устойчивость, трещиноватость и др.

Крепость характеризует способность пород сопротивляться разрушению под действием внешних воздействий.

Свойства горных пород изменяются в очень большом диапазоне. Трудно найти на разных участках месторождения хотя бы две по минералогическому составу породы с одинаковыми свойствами. Поэтому принято их объединять в виды, группы, категории и классы с определенным диапазоном свойств. Наибольшее распространение получила классификация горных пород по крепости, предложенная профессором М. М. Протоdjаконовым, в основу которой положен коэффициент крепости f , который характеризует прочность горных пород на раздавливание при одноосном сжатии. Принято, что порода с прочностью на раздавливание 100 кгс/см^2 ($9,8 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$) или 10 МПа имеет коэффициент крепости, равный единице, т. е. $f = \sigma_{сж}/100$, где $\sigma_{сж}$ – прочность породы при сжатии.

М. М. Протоdjаконов считал, что коэффициент крепости характеризует породу во всех производственных процессах, т. е. если данная порода крепче другой в некоторое количество раз, например при бурении, то она, как правило, во столько же раз крепче ее при других производственных процессах, например при взрывании.

Таблица 1.3

Классификация пород М.М. Протоdjаконова

Категория пород	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости f	Группы пород по СНиП
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты, исключительные по крепости другие породы	≥ 20	XI

Категория пород	Степень крепости	Породы	Коэффициент крепости f	Группы пород по СНиП
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец, Менее крепкие, чем указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15–19	X
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	11–14	IX
IIIa	То же	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор, Доломит. Колчеданы	9–10	VIII
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	7–8	VII
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	4–6	VI
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4	V
Va	То же	Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3	V
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Разрушенный песчаник, цементированная галька и хрящ, каменистый грунт	2	IV
VIa	То же	Щебнистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшийся сланец, слежавшаяся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5	IV
VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, тинистый грунт	1	IV
VIIa	То же	Легкая песчаная глина, лесс, гравий	0,8	IV
VIII	Землистые	Растительная земля, Торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6	III
IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5	II
X	Плавающие	Плывуны, болотистый фунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты	0,3	I

Классифицируют заданную породу по величине коэффициента крепости по шкале проф. М. М. Протоdjeконова и по шкале крепости СНиП (табл. 1.3).

Этап 2. Классификация горных пород по трещиноватости и взрываемости

Трещиноватость характеризуется частотой и пространственным расположением трещин в массиве горной породы, которыми он разделен на отдельные различных размеров. Монолитных, т. е. не имеющих трещин, пород при открытой разработке месторождений полезных ископаемых практически не встречается.

Естественная трещиноватость горной породы определяется геологической характеристикой месторождения, т. е. ее генезисом и последующими тектоническими процессами, она дополняется искусственной трещиноватостью, зависящей от ведения взрывных работ.

Трещиноватость влияет на кусковатость взорванной горной массы при массовых взрывах и проходке выработок, их оконтуривание, на выход негабарита. Одни и те же по составу породы при интенсивной трещиноватости разрушаются, не образуя негабарита, и, наоборот, при слабой трещиноватости дают большой выход негабарита, худшее оконтуривание сечения.

Поэтому при выборе методов ведения взрывных работ и установлении допустимого размера куска, проектировании паспортов буровзрывных работ при проходке на горном предприятии необходимо учитывать трещиноватость пород.

Трещиноватость массива характеризуется удельной трещиноватостью: числом открытых трещин всех систем, приходящихся на единицу длины прямой, проведенной в произвольном направлении. Величина, обратная удельной трещиноватости, дает среднее расстояние между трещинами, которое численно принимают равным среднему диаметру естественной отдельности [12].

Все породы по степени трещиноватости или содержанию в массиве крупных отдельностей условно разделены на пять категорий (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Межведомственная классификация горных пород
по степени трещиноватости в массиве

Категория трещиноватости пород	Коэффициент трещиноватости (коэффициент структурного ослабления)	Степень трещиноватости (блочности) массива	Средний размер структурного блока, м	Удельная трещиноватость, м ⁻¹
I	До 0,01	Чрезвычайно трещиноватые (мелкоблочные)	До 0,1	Более 10
II	0,05–0,15	Сильнотрещиноватые (среднеблочные)	0,1–0,5	2–10

Категория трещиноватости пород	Коэффициент трещиноватости (коэффициент структурного ослабления)	Степень трещиноватости (блочности) массива	Средний размер структурного блока, м	Удельная трещиноватость, м ⁻¹
III	0,1–0,55	Среднетрещиноватые (крупноблочные)	0,5–1	1–2
IV	0,5–0,9	Малотрещиноватые (весьма крупноблочные)	1–1,5	0,65–1
V	0,6–0,98	Практически монолитные (исключительно крупноблочные)	Более 1,5	Менее 0,65

Сопротивление горных пород разрушению под действием взрыва заряда ВВ называют *взрываемостью* пород. Она зависит от прочности, плотности, трещиноватости, упругих и пластичных свойств массива. На карьерах взрываемость пород устанавливают экспериментально. При выполнении учебных расчетов массивы горных пород можно разделить по степени взрываемости на пять категорий (табл. 1.5). Каждой категории соответствуют определенный расход ВВ и параметры зарядов [13].

Таблица 1.5

Классификация горных пород по взрываемости

Категории	Степень взрываемости	Категория трещиноватости	Плотность, т/м ³
I	Легковзрываемые	I	2,5–2,6
II	Средневзрываемые	II-III	2,5–2,6
III	Трудновзрываемые	III-IV	2,6–2,7
IV	Весьма трудновзрываемые	IV	До 3,5
V	Исключительно трудновзрываемые	V	До 3,5

Классифицируют заданную породу по трещиноватости (табл. 1.4) и взрываемости (табл. 1.5).

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014 [14], предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Поясните, что называют минералами, горными породами, полезными ископаемыми.
2. Дайте классификацию горных пород по происхождению.
3. Опишите виды полезных ископаемых по физическому состоянию и назначению.
4. Поясните, что называют месторождениями полезных ископаемых. Укажите их формы залегания.
5. Перечислите элементы залегания месторождений полезных ископаемых.
6. Дайте характеристику горных пород как объекта разработки по трещиноватости.
7. Перечислите критерии, характеризующие трещиноватость пород в массиве.
8. Какие классификационные признаки положены в основу междо-домственной классификации пород по трещиноватости?
9. Чем отличаются практически монолитные породы от среднетрещиноватых?
10. Укажите основной принцип установления коэффициента крепости пород по шкале проф. М. М. Протодяконова.
11. Чем отличается шкала крепости СНиП от шкалы М. М. Прото-дяконова?
12. Поясните, какие классификационные признаки положены в осно-ву классификации пород по взрываемости.
13. Что понимают под коэффициентом разрыхления?
14. Укажите показатели, характеризующие кусковатость и степень связности разрушенных пород.
15. В чем отличие связных разрушенных пород от связно-сыпучих разрушенных пород?
16. Перечислите способы разработки твердых полезных ископаемых.

Занятие 2. Общие сведения об открытых горных работах

Цель занятия. Изучение основных терминов и горнотехнических понятий открытой добычи полезных ископаемых.

Краткое теоретическое введение

Одной из характерных особенностей открытых горных работ является необходимость удаления значительных объемов покрывающих и вме-

щающих пород. Поэтому при открытой разработке различают *вскрышные* и *добычные* работы [1, 11].

Под вскрышными работами понимают совокупность производственных процессов по выемке и удалению пустых пород, обеспечивающих доступ к полезному ископаемому.

Добычными работами называют совокупность производственных процессов по извлечению полезного ископаемого из недр земли.

Объем вскрышных работ обычно в несколько раз превышает объем добычных, а при добыче ценных полезных ископаемых – и в 10–20 раз. Вскрышные и добычные работы ведутся совместно, причем вскрышные несколько опережают добычные во времени и пространстве. Вскрышу укладывают в специальные насыпи – *отвалы*. Совокупность объемов пустых пород и полезного ископаемого называют *горной массой*.

Количественная оценка удаляемых вскрышных пород производится с помощью специального показателя – *коэффициента вскрыши*. Под ним понимают объемное или весовое количество пустых пород, приходящееся на единицу объема или массы полезного ископаемого. Коэффициент вскрыши показывает, какое количество вскрыши необходимо переместить в отвалы для добычи единицы полезного ископаемого. Коэффициент вскрыши измеряется в т/т, м³/м³, м³/т [12].

Различают несколько основных видов коэффициентов вскрыши (рис. 2.1):

- *средний* $K_{\text{ср}}$ – отношение объема вскрышных пород в конечных контурах карьера к запасам полезного ископаемого в этих же контурах;
- *текущий* $K_{\text{т}}$ – отношение объема пород, перемещаемых в отвалы в течение месяца, квартала, полугодия, года, к объему полезного ископаемого, добываемого за тот же период;
- *эксплуатационный* $K_{\text{э}}$ – отношение объема вскрышных пород к объему полезного ископаемого за период эксплуатации карьера;
- *граничный* $K_{\text{гр}}$ – максимально допустимое соотношение объемов пустых пород и полезного ископаемого, при котором открытая разработка месторождения экономически целесообразна.

Порядок выполнения

Этап 1. Элементы карьера

Карьер в хозяйственном значении – это горное предприятие, осуществляющее открытую разработку месторождения, а в техническом значении – это совокупность открытых горных выработок, служащих для разработки месторождения. Угольные карьеры обычно называют разрезами [5].

Месторождения или его часть, разрабатываемые одним карьером, называется *карьерным полем*. Площадь карьерного поля обычно составляет от 0,5 до 4 тыс. га. Участок земной поверхности, занимаемый карьером, его

службами и цехами, называется земельным отводом. Площадь земельного отвода во много раз превышает площадь карьерного поля. На рис. 2.2 представлена схема основных объектов карьера в границах земельного отвода.

В процессе горных работ поверхность карьерного поля полностью нарушается, и в толще земной коры образуется *открытое выработанное пространство* (рис. 2.3).

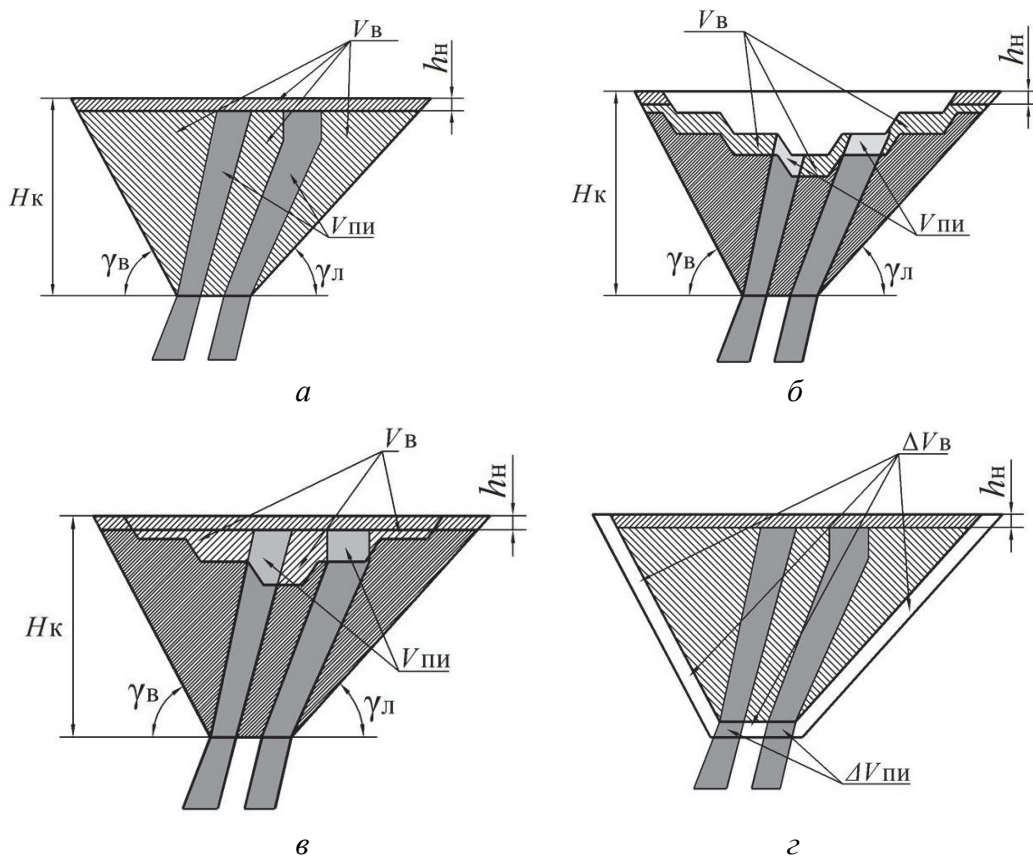


Рис. 2.1. Схемы к расчету коэффициентов вскрыши: а – средний; б – текущий; в – эксплуатационный; г – граничный

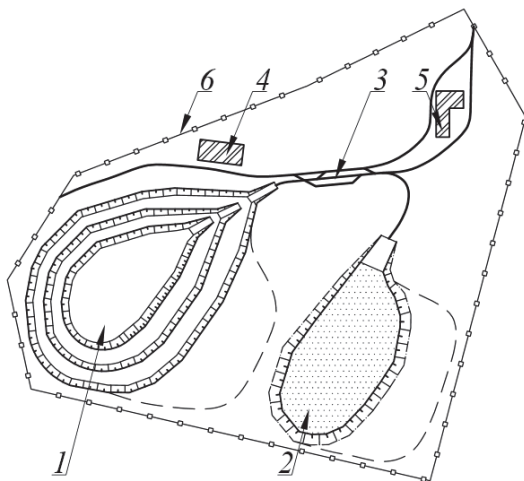


Рис. 2.2. Схема основных объектов: 1 – карьерное поле; 2 – отвал вскрышных пород; 3 – железнодорожная станция; 4 – административный корпус; 5 – дробильно-сортировочная фабрика; 6 – граница земельного отвода

Боковые поверхности, ограничивающие карьер, *называют бортами карьера*. Борт карьера, на котором производят горные работы, называют *рабочим бортом*, на котором горные работы уже не производят – *нерабочим*.

Нижняя, обычно горизонтальная, поверхность – это *дно (подошва) карьера*. Линии пересечения бортов карьера с поверхностью и дном образуют *верхний и нижний контуры* карьера. Контуры, достигнутые к моменту окончания горных работ, называют *конечными*. Условную поверхность, проходящую через верхний и нижний контуры карьера, именуют *откосам борта карьера*, а угол, образованный откосом борта и его проекцией на горизонтальную плоскость, – *углом откоса борта карьера*.

Этап 2. Элементы и параметры уступа

Месторождение при открытой разработке разделяется на отдельные горизонтальные или наклонные слои. Каждый верхний слой отрабатывают с опережением по отношению к нижнему, в результате чего борт карьера, т. е. его боковые поверхности, имеют ступенчатую, или уступную, форму.

Уступом называется часть толщи пород, имеющая рабочую поверхность в форме ступени и разрабатываемая самостоятельными средствами выемки, погрузки и транспорта (рис. 2.4). Обычно высота уступа принимается не менее высоты черпания экскаватора и на большинстве карьеров составляет 10–15 м, а иногда достигает 20–40 м.

Различают рабочие и нерабочие уступы. На рабочих уступах производится выемка пород или добыча полезного ископаемого. Уступ имеет нижнюю и верхнюю площадки, откос и бровки.

Откосом уступа называется наклонная поверхность, ограничивающая уступ со стороны выработанного пространства. Линии пересечения откоса уступа с его верхней и нижней площадками называются, соответственно, *верхней и нижней бровками*.

Горизонтальные поверхности рабочего уступа, ограничивающие его по высоте, называют *нижней и верхней площадками*. Площадка, на которой расположено оборудование для разработки, называется *рабочей площадкой*. Ширина рабочих площадок составляет 40–70 м и более. Площадка уступа, характеризуемая высотной отметкой, называется *горизонтом*. Площадки, на которых работы не производятся, называются бермами. Различают *предохранительные* и *транспортные бермы*.

Измерив расстояние по вертикали между верхней и нижней площадками, находят *высоту уступа*. Ее величина зависит от рабочих размеров применяемого выемочно-погрузочного оборудования и физико-механических свойств пород.

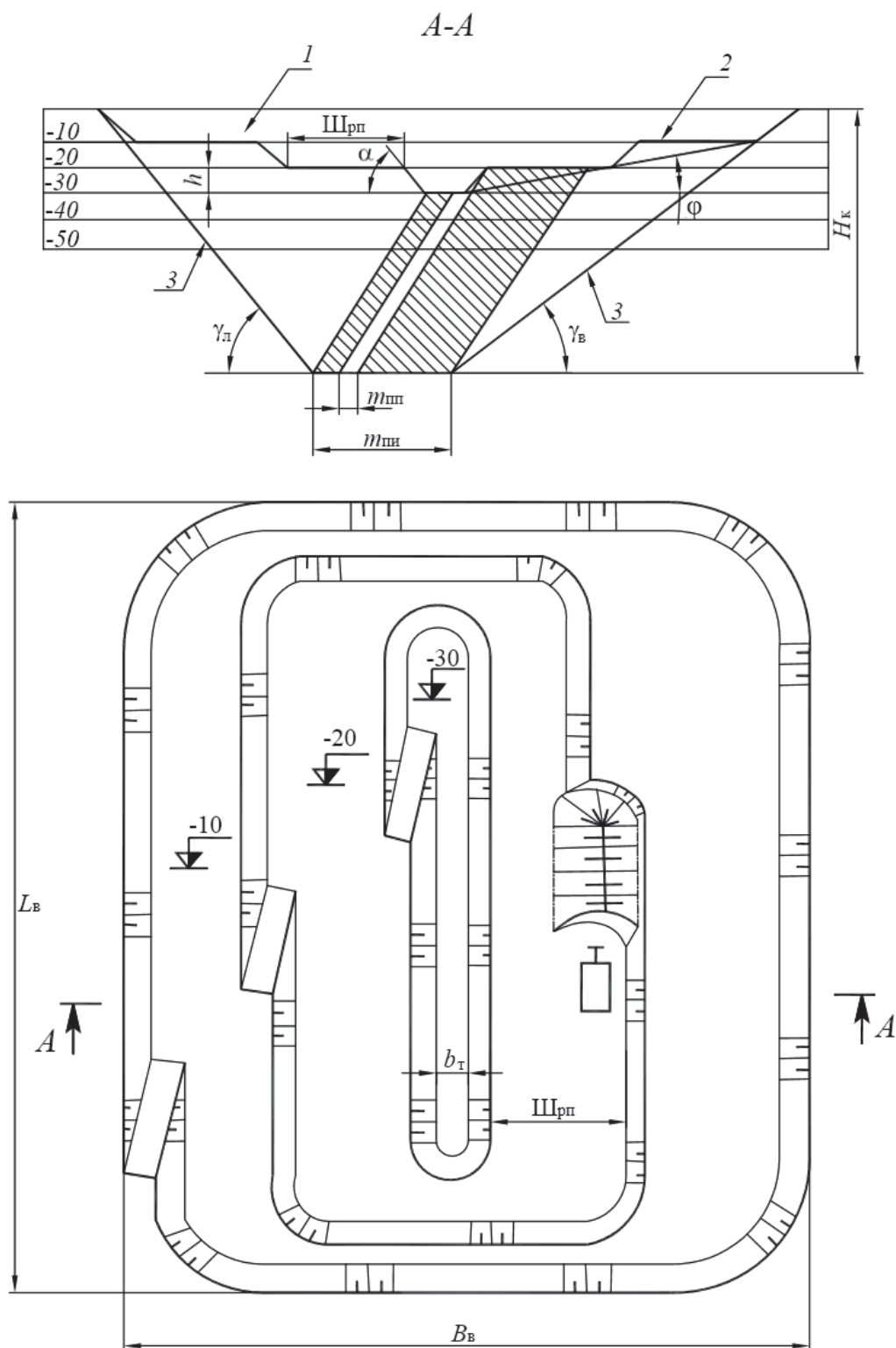
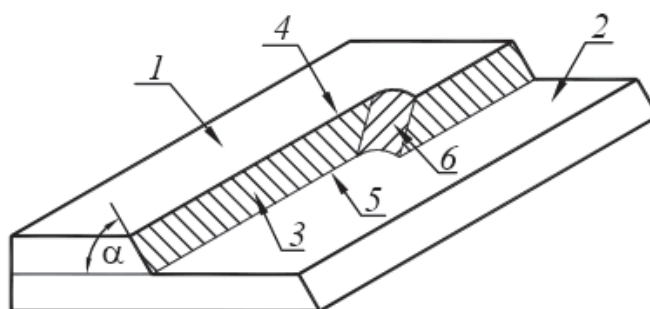


Рис. 2.3. Элементы и параметры карьера: 1 – выработанное пространство; 2 – рабочий борт карьера; 3 – конечные контуры карьера; α – угол откоса уступа; φ – угол откоса рабочего борта; $\gamma_{\text{в}}$ – угол откоса нерабочего борта со стороны висячего бока залежи; $\gamma_{\text{л}}$ – угол откоса нерабочего борта со стороны лежащего бока залежи; $\text{Ш}_{\text{р.п}}$ – ширина рабочей площадки; h – высота уступа; $H_{\text{к}}$ – конечная глубина карьера; $B_{\text{в}}$ – ширина карьера по верхнему контуру; $L_{\text{в}}$ – длина карьера по верхнему контуру; $b_{\text{т}}$ – ширина траншеи

Рис. 2.4. Схема уступа: 1 – верхняя площадка уступа; 2 – нижняя площадка уступа; 3 – откос уступа; 4 – верхняя бровка уступа; 5 – нижняя бровка уступа; 6 – забой уступа; α – угол откоса уступа



Угол наклона уступа α к горизонтальной плоскости называется *углом откоса* уступа. Угол откоса рабочих уступов обычно равен $65\text{--}80^\circ$, а нерабочих – $45\text{--}60^\circ$.

Поверхность уступа, являющаяся непосредственным объектом горных работ и перемещающаяся в результате ведения этих работ, называется *забоем уступа*.

Уступ разрабатывают последовательными параллельными полосами – *заходками* с применением или без применения буровзрывных работ.

Часть заходки по ее длине, подготовленная для разработки, называется *фронтом работ уступа*. Суммарная протяженность фронтов работ уступов составляет *фронт работ карьера*.

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчет, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные задания и вопросы

1. Что называется карьером?
2. Дайте характеристику элементов карьера.
3. Что называется земельным отводом?
4. Что называется уступом? Опишите элементы уступа.
5. От чего зависит высота уступа?
6. Что понимается под коэффициентом вскрыши? Назовите размерность коэффициента вскрыши?
7. Перечислите виды коэффициента вскрыши. Охарактеризуйте их.
8. Назовите основную характерную особенность открытых горных работ.
9. Назовите и поясните сущность двух основных видов работ при открытой разработке.

Занятие 3. Определение главных параметров карьера

Цель занятия. Ознакомление с методикой определения главных параметров карьера.

Краткое теоретическое введение

К главным параметрам карьера относят: конечную глубину, размеры по дну и на поверхности, углы откоса бортов, общий объем горной массы и запасы полезного ископаемого в его контурах. Процесс установления границ карьера на плане и геологических сечениях называют оконтуриванием карьеров. Методы определения конечных контуров карьеров детально разработаны в трудах акад. В. В. Ржевского, профессоров А. И. Арсентьева, П. И. Городецкого, А. С. Фиделева, П. Э. Зуркова и др. [11].

Наиболее универсальным является метод технико-экономического сравнения вариантов (метод вариантов). В этом случае задают несколько значений глубины карьера, под углом погашения бортов отстраивают контуры карьера, подсчитывают запасы полезного ископаемого в контуре. Выбирают технологическую схему и схему вскрытия. Определяют высоту уступов, ширину рабочих площадок, длину блоков. Рассчитывают объемы горно-капитальных работ и размеры инвестиций. Производят необходимые экономические расчеты, устанавливая себестоимость полезного ископаемого и вскрыши, а также другие технико-экономические показатели.

Используя динамические критерии оценки, выбирают наиболее предпочтительный вариант.

В проектной практике для упрощения расчетов зачастую границы карьера устанавливают, сопоставляя граничный коэффициент вскрыши со средним, текущим или контурным коэффициентами вскрыши. Наиболее универсальным является при этом метод вариантов.

Порядок выполнения

Этап 1. Расчет главных параметров карьера

В соответствии с вариантам индивидуального задания и коэффициентом крепости пород по шкале М. М. Протодяконова (см. табл. 1.1, 1.2) определяют углы погашения бортов карьера (табл. 3.1). Вычисляют конечную глубину карьера по формуле В. В. Ржевского [11], м:

$$H_{\text{к}} = \frac{K_{\text{гр}} (m_{\text{г}} - m_{\text{п}}) \cdot m_{\text{п}}}{\text{ctg } \gamma_{\text{в}} + \text{ctg } \gamma_{\text{д}}}, \quad (3.1)$$

где $K_{гр}$ – граничный коэффициент вскрыши (см. табл. 1.2), $м^3/м^3$; m_r – горизонтальная мощность рудного тела (см. табл. 1.1), м; m_n – мощность прослоев пустых пород (см. табл. 1.1), м; γ_b, γ_l – углы погашения бортов карьера со стороны висячего и лежачего боков, град.

Определяют длину и ширину карьера по верхнему контуру, м:

$$L_b = L_p + H_k \cdot (\text{ctg } \gamma_b + \text{ctg } \gamma_l), \quad (3.2)$$

$$B_b = m_r + H_k \cdot (\text{ctg } \gamma_b + \text{ctg } \gamma_l), \quad (3.3)$$

где L_p – длина рудного тела по простиранию (см. табл. 1.1), м.

Таблица 3.1

Углы погашения бортов карьера

Группа пород	Коэффициент крепости пород по М. М. Протодьяконову	Угол падения залежи, град	Углы погашения * со стороны, град	
			лежащего бока	висячего бока
1	Более 8	Более 55	40	55
		36–55	30	45
		20–35	20	30
2	2–8	Более 55	40	45
		36–55	30	40
		20–35	20	30
3	до 2	Любой	15	30

* По данным «Гипроруды».

По определенным параметрам карьера выполняют в масштабе 1:500, 1:1 000, 1:2 000 поперечный разрез по месторождению с контурами карьера и упрощенный план карьера на конец отработки (рис. 3.1). Размеры карьера по дну принять равными длине и горизонтальной мощности залежи.

Вычисляют запасы полезного ископаемого в контуре карьера, $м^3$:

$$V_p = (m_r - m_n) \cdot (H_k - h_n) \cdot L_p, \quad (3.4)$$

где h_n – мощность наносов (см. табл. 1.1), м.

Определяют объем горной массы в контуре карьера, $м^3$:

$$V_{г.м} = m_r \cdot L_p \cdot H_k + H_k^2 \cdot (L_p + m_r) \cdot \text{ctg } \gamma_{cp} + 1,05 \cdot H_k^3 \cdot \text{ctg}^2 \gamma_{cp}, \quad (3.5)$$

где γ_{cp} – средний угол откоса бортов карьера при погашении, град.

Величину γ_{cp} можно найти как среднее арифметическое из углов откоса бортов карьера со стороны висячего и лежачего боков залежи.

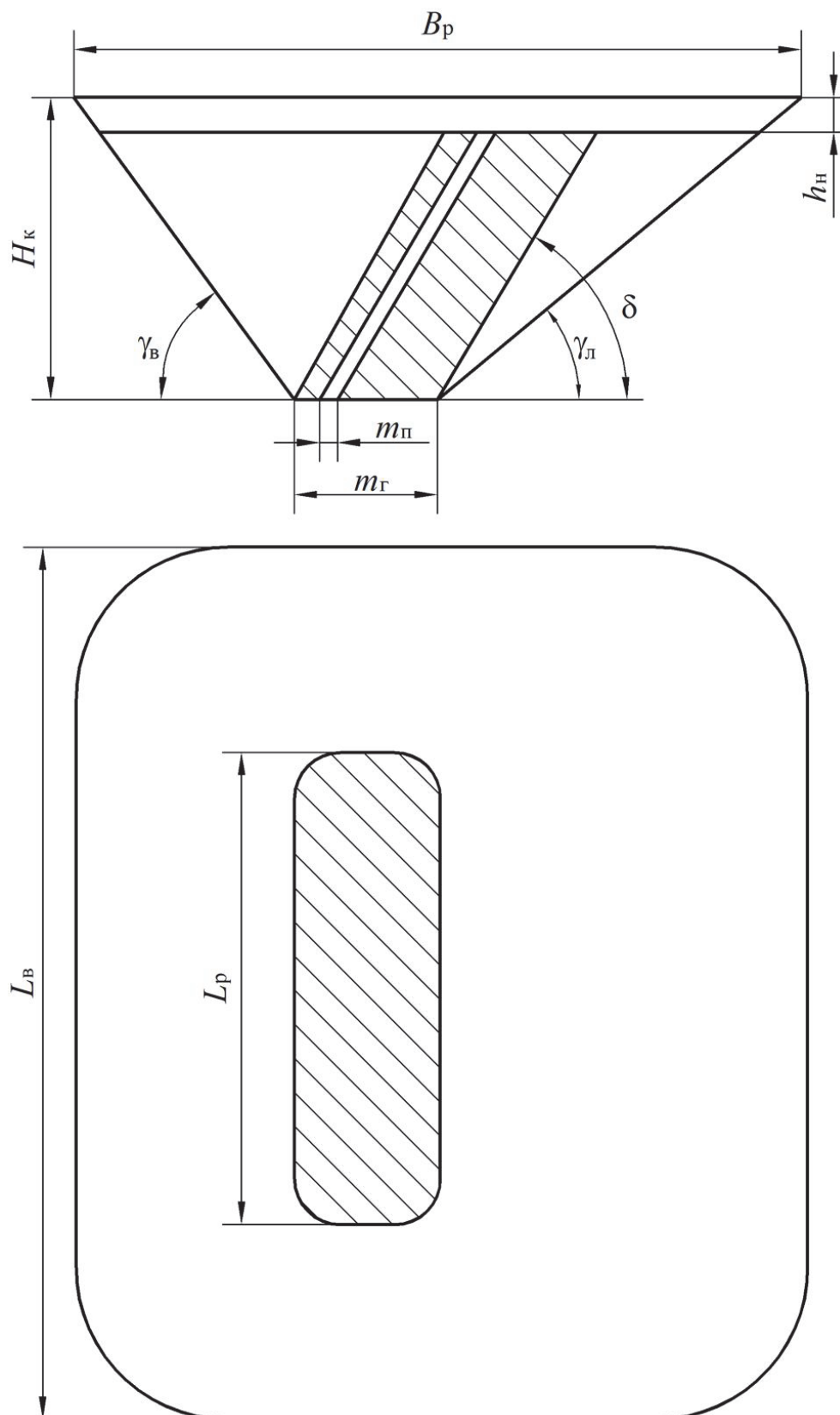


Рис. 3.1. Поперечный разрез и план карьера на конец отработки

Этап 2. Определение среднего коэффициента вскрыши и производительности карьера

Находят средний коэффициент вскрыши, $\text{м}^3/\text{м}^3$, и сравнивают его с граничным:

$$K_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{г.м}} - V_{\text{р}}}{V_{\text{р}}} \leq K_{\text{гр}}. \quad (3.6)$$

Оптимальным будет контур карьера, для которого $K_{\text{ср}} \approx K_{\text{гр}}$. Если условие не выполняется, то необходимо уменьшить глубину карьера до такой величины, при котором оно будет выполняться.

Вычисляют производительность карьера по вскрыше, млн м^3 , и горной массе, млн т:

$$A_{\text{в}} = \frac{A_{\text{р}}}{\gamma} \cdot K_{\text{ср}}; \quad (3.7)$$

$$A_{\text{гм}} = A_{\text{р}} \cdot (1 + K_{\text{ср}}), \quad (3.8)$$

где $A_{\text{р}}$ – годовая производительность карьера по руде (см. табл. 1.1), млн т; γ – плотность полезного ископаемого (см. табл. 1.2), $\text{т}/\text{м}^3$.

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику элементов и параметров карьера: глубину, размеров по дну и верхнему контуру, углов откоса бортов.
2. Перечислите, какие факторы влияют на глубину карьера при разработке крутопадающих месторождений.
3. Что понимается под запасами полезных ископаемых?
4. Что понимается под коэффициентом вскрыши? Назовите размерность коэффициента вскрыши.
5. Перечислите виды коэффициента вскрыши. Охарактеризуйте их.
6. Назовите условия, при котором открытая разработка считается экономически целесообразной.
7. Назовите и поясните сущность двух основных видов работ при открытой разработке.

8. Расскажите, как определяется годовой объем горных работ на карьере.

9. Каковы особенности оконтуривания карьеров при разработке пологих и крутопадающих месторождений?

Занятие 4. Выбор основного оборудования и режим работы карьера

Цель занятия. Получение навыков выбора комплекса карьерного оборудования для разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом.

Краткое теоретическое введение

Академик В.В. Ржевский подразделил комплексы карьерного оборудования на шесть классов [11] (табл. 4.1). При наличии выемочно-погрузочного оборудования непрерывного действия их называют *выемочными*, а при выемочно-погрузочном оборудовании циклического действия – *экскаваторными*. Вскрышные комплексы обязательно оснащают средствами механизации отвальных работ, а добычные – средствами механизации разгрузочных работ.

Таблица 4.1

Технологическая классификация комплексов оборудования, применяемых при открытой разработке

Класс комплексов	Комплекс оборудования	Тип оборудования комплекса		
		Выемочно-погрузочные работы	Транспортирование	Отвалообразование и складирование
1	Выемочно-отвальный (ВО)	Роторные и цепные экскаваторы	Нет	Транспортно-отвальные мосты, консольные отвалообразователи
2	Экскаваторно-отвальный (ЭО, СО)	Вскрышные экскаваторы, скреперы	Нет	Вскрышные экскаваторы, скреперы
3	Выемочно-транспортно-отвальный (ВТО)	Роторные и цепные экскаваторы, гидроразрыв (мягкие породы). Скальные комбайны, специализированные экскаваторы (скальные породы)	Конвейеры, гидротранспорт, железнодорожный транспорт и автопоезда	Консольные отвалообразователи, гидроотвалы (мягкие породы)

Класс комплексов	Комплекс оборудования	Тип оборудования комплекса		
		Выемочно-погрузочные работы	Транспортирование	Отвалообразование и складирование
4	Экскаваторно-транспортно-отвальный (ЭТО)	Карьерные одноковшовые экскаваторы	Конвейеры, гидротранспорт (мягкие породы). Железнодорожный транспорт, автомашины и автопоезда (скальные породы)	Консольные отвалообразователи, гидроотвалы (мягкие породы). Отвальные машины (скальные породы)
5	Выемочно-транспортно-разгрузочный (ВТР)	Роторные и цепные экскаваторы, гидроразрыв (мягкие породы). Скальные комбайны, специализированные экскаваторы (скальные породы)	Конвейеры, гидротранспорт (мягкие породы). Железнодорожный транспорт и автопоезда (скальные породы)	Комплекс разгрузочно-приемного оборудования
6	Экскаваторно-транспортно-разгрузочный (ЭТР)	Карьерные одноковшовые экскаваторы	Железнодорожный транспорт, автомашины и автопоезда (скальные породы). Конвейеры, гидротранспорт (мягкие породы)	Комплекс разгрузочно-приемного оборудования

Выемочно-отвальный комплекс (ВО) используют при разработке горизонтальных и пологих месторождений с перемещением мягких пород в выработанное пространство консольными отвалообразователями и транспортно-отвальными мостами. *Экскаваторно-отвальный* комплекс (ЭО) предназначен для перевалки мягкой и скальной вскрыши в выработанное пространство при разработке горизонтальных и пологих месторождений. *Выемочно-транспортно-отвальный* комплекс (ВТО) на современных карьерах применяют для выемки мягких пород, перемещаемых в отвалы средствами транспорта. Создание машин непрерывного действия, разрабатывающих полускальные и скальные породы, позволит расширить область его применения. Наиболее универсален *экскаваторно-транспортно-отвальный* комплекс (ЭТО), включающий выемочно-погрузочные машины циклического действия и все виды транспорта.

Для производства добычных работ выделены два комплекса оборудования – *выемочно-транспортно-разгрузочный* (ВТР) и *экскаваторно-*

транспортно-разгрузочный (ЭТР). В отличие от вскрышных комплексов они оснащены разгрузочно-приемным оборудованием (вагоноопрокидывателями, бункерами, грохотильными, дробильными устройствами и др.).

Порядок выполнения

Этап 1. Выбор основного оборудования

Формирование машин комплекса начинают с выбора типа выемочно-погрузочного оборудования, учитывая масштаб горных работ, горнотехнические свойства разрабатываемого массива, горно-геологические условия, а в транспортных технологических схемах – и расстояние транспортирования. Окончательное решение о структуре комплекса горнотранспортного оборудования принимают на основе технико-экономической оценки. Для выбора конкурентоспособных вариантов могут быть использованы табл. 4.1, 4.2, которые составлены по материалам Л. А. Сорокина и акад. В. В. Ржевского с учетом новых моделей экскаваторов и транспортных средств. Кроме оборудования, выпускаемого в странах СНГ, вполне приемлемы горнотранспортные средства, выпускаемые ведущими мировыми машиностроительными фирмами [8, 12, 20, 21].

Таблица 4.2

Рациональные сочетания вместимости ковша экскаваторов и мехлопат и грузоподъемности самосвалов

Годовая производительность карьера по горной массе, млн т	Расстояние транспортирования, км	Вместимость ковша экскаватора, м ³	Грузоподъемность автосамосвала, т
До 2–5	До 1,5–2,0	2,0–3,5	10–21
До 10–11	До 2,5–3,0	4,0–5,0	25–30
До 18–20	До 3,0–3,5	6,0–9,0	45–65
До 30–40	До 4,5–5,0	10,0–15,0	80–140
Более 30–40	До 7,0–8,0	16,0–25,0	149–190 и более

Таблица 4.3

Рациональные сочетания вместимости ковша экскаваторов и мехлопат и подвижного состава железнодорожного транспорта

Годовая производительность карьера по горной массе, млн т	Расстояние транспортирования, км	Вместимость ковша экскаватора, м ³	Локомотив	Грузоподъемность думпкара, т
До 20–30	До 8,0–10,0	5–9	ЕЛ-1, 2, 6Е,	85, 105
До 40–50	12–14 и более	10–12,5	ЕЛ-1, 2, 6Е ПЭ-2М, ОПЭ-1А, ОПЭ-2, ТЭМ-7	105–145

Годовая производительность карьера по горной массе, млн т	Расстояние транспортирования, км	Вместимость ковша экскаватора, м ³	Локомотив	Грузоподъемность думпкара, т
Более 50	16–20 и более	15–20	ПЭ-3Т ОПЭ-1А, ОПЭ-2, ОПЭ-1Б	145, 180

Механическое рыхление предпочтительно при выемке пород скреперами, бульдозерами, одноковшовыми погрузчиками и экскаваторами с вместимостью ковша до 2,5–3,2 м³ на карьерах с годовой производительностью до 5–7 млн т. Мощность базового тягача зависит от крепости и трещиноватости пород [10].

Тип бурового станка выбирают в зависимости от принятой модели экскаватора (табл. 4.4). Мощному экскаватору, допускающему повышенную крупность кусков взорванной горной массы, должны соответствовать станки с долотами повышенного диаметра.

Таблица 4.4

Оптимальные сочетания экскаваторов и буровых станков

Коэффициент крепости пород	Модель экскаватора	Модель бурового станка	Диаметр долота, мм
2–6	РС-705-7	2 СБР-160Б-32	161
	ЭКГ-5А, ЭКГ-5УС	СБР-160Б-32	161
	ЭКГ-8и, ЭКГ-9УС ЭКГ-10Р, ЭКГ-10М	СБР-160Б-32	190
		СБШ-160/200-40	161
	ЭКГ-12,5, ЭКГ-15 ЭКГ-15, ЭКГ-20	СБР-200-50 СВБК-200-50	214 190, 219
7–10	РС-705-7	СБШ-160/200-40	161, 215,9
	ЭКГ-5А, ЭКГ-5УС	3СБШ-200-60, СБШ-190/250-60	215,9 244,5
	ЭКГ-8и, ЭКГ-9УС ЭКГ-10Р, ЭКГ-10М	СБШ-250МНА-32, СБШ-250МНА-32КП, СБШ-250/270-60 (РД-10)	269,9 270,0
		СБШ-320-36	320,0
	ЭКГ-12,5, ЭКГ-15 ЭКГ-15, ЭКГ-20	СБШ-400-55 (проект) СБШ-320-36	320,0 320,0
10–14	РС-705-7	СБШ-190/250-60	215,9
	ЭКГ-5А, ЭКГ-5УС	СБШ-250МНА-32 СБШ-250МНА-32КП	244,5

Коэффициент крепости пород	Модель экскаватора	Модель бурового станка	Диаметр долота, мм
10–14	ЭКГ -8и, ЭКГ-9УС ЭКГ-10Р, ЭКГ-10М	СБШ -320-36 СБШ-250/270-60 (РД-10)	320,0 269,9
	ЭКГ-12,5, ЭКГ-15	СБШ-320-36 СБШ -400-55 (проект)	320,0 393
	ЭКГ-15, ЭКГ-20	СБШ -400-55 (проект)	393
Более 14	РС-705-7	СБУ-160-32	155
	ЭКГ-5А, ЭКГ-5УС	СБУ-160-32	155
	ЭКГ -8и, ЭКГ-9УС ЭКГ-10Р, ЭКГ-10М	СБШ-250/270-60 (РД-10) СБУ-200-32	269,9 190
	ЭКГ-12,5, ЭКГ-15	СБШ -320-36	320,0
	ЭКГ-15, ЭКГ-20	СБШ -400-55 (проект)	320, 393

Способ отвалообразования обусловлен видом транспорта [10]. Выбирая отвальное оборудование, руководствуются следующими положениями: при использовании железнодорожного транспорта целесообразен экскаваторный способ отвалообразования, а автотранспорта – бульдозерный.

В качестве отвальных экскаваторов следует принимать мехлопаты или драглайны с той же вместимостью ковша, что и в карьере. При выборе бульдозеров учитывают годовой объём пород (годовой объём вскрыши, поступающий на отвал): с возрастанием объёма отвальных работ должна расти и мощность бульдозеров.

Этап 2. Обоснование режима работы карьера

Обосновывают режим работы карьера, считая, что отрабатывается рудное месторождение. При этом целесообразно руководствоваться следующими положениями института «Гипроруда»:

- режим работы карьера должен быть круглогодичным;
- для карьеров с годовой производительностью по горной массе свыше 25 млн. т в год принимать непрерывную рабочую неделю и 3 смены в сутки;
- для карьеров с годовой производительностью по горной массе до 1,5 млн т – пятидневную рабочую неделю и 2 смены в сутки;
- для карьеров с годовой производительностью по горной массе свыше 1,5 млн т, но менее 25 млн т – шестидневную рабочую неделю и 2 или 3 смены в сутки;
- продолжительность смены во всех случаях 8 ч.

По табл. 4.5 принимают число рабочих дней карьере в течение года с учетом заданных (см. табл. 1.1) климатических условий района.

Таблица 4.5

Число рабочих дней в году

Районы	Продолжительность рабочих недель, дней *		
	7	6	5
Северные	340	290	242
Средние	350	300	250
Южные	355	305	254

* По данным «Гипроруды».

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте понятие комплекса карьерного оборудования.
2. Объясните, каким образом выбирается основное горно-транспортное оборудование на карьерах.
3. Поясните принцип выбора вместимости ковша экскаватора.
4. Из каких соображений устанавливают тип подвижного состава и грузоподъемность транспортного средства?
5. Какие факторы необходимо учитывать при выборе модели бурового станка?
6. Что выбирают в первую очередь: буровой станок или экскаватор и почему?
7. Как устанавливается режим горных работ на карьерах?
8. Какие районы относят к северным?
9. Какие районы следует считать южными?

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Занятие 5. Расчет параметров взрывных скважин и производительность бурового станка

Цель занятия. Получение навыков расчета параметров обуреваемого блока, параметров работы бурового станка в конкретных горно-геологических условиях.

Краткое теоретическое введение

Подготовка горных пород к выемке заключается в разрушении массива различными способами на куски, удобные для последующей выемки, погрузки и транспортирования. Рыхлые и мягкие породы могут разрабатываться непосредственно из массива экскаваторами или другими выемочными машинами. Подготовка плотных и наименее прочных полускальных пород ведется обычно навесными рыхлителями на тракторах тяжелого типа. Подготовка к выемке скальных и полускальных пород осуществляется посредством буровзрывных работ, при этом кусковатость взорванных пород должна быть оптимальной [10].

Размеры максимально допустимого куска во взорванной горной массе определяются параметрами транспортных средств, дробилок и других приемных устройств, а также условиями работы оборудования.

Подготовку пород к выемке ведут следующими способами: механическими (используя органы горных машин), гидравлическими (нагнетанием, насыщением водой, растворением), физическими (токами высокой и промышленной частоты, электромагнитным полем, высокотемпературной газовой струей и пр.), химическими, с использованием энергии взрыва, комбинированными. На выбор способа подготовки влияют вид и свойство пород, мощность предприятия, требования к качеству добываемого сырья, а также климатические условия.

Наиболее универсально и эффективно взрывное разрушение – основной способ подготовки к выемке на месторождениях с полускальными и скальными породами.

Под *взрывом* понимают чрезвычайно быстрые окислительные химические реакции с образованием новых соединений, выделением большого количества тепла (3 400–6 000 кДж/кг) и газов, способных производить разрушение и перемещение окружающей среды. В горной промышленности применяют взрывы с использованием химических взрывчатых веществ.

Взрывчатыми веществами (ВВ) называют химические соединения или механические смеси, которые под воздействием внешнего импульса (нагревание, трение, удар и т. д.) взрываются (детонируют). В химии известно большое количество химических соединений, которые способны под воздействием внешнего импульса взрываться. Но к промышленным ВВ (пригодным для промышленных взрывов) относятся соединения и смеси, достаточно безопасные в изготовлении и обращении, эффективные в применении, технически и экономически доступные в изготовлении, не меняющие своих физических и химических свойств при их длительном хранении.

Для передачи максимальной энергии взрыва среде ВВ должно быть расположено, как правило, внутри массива разрушаемой породы в искусственно создаваемых полостях. Цилиндрические полости именуют шпурами или скважинами. Скважины имеют диаметр более 75 мм и глубину свыше 5 м.

Процесс искусственного образования в массиве шпуров и скважин называют *бурением*. Для этой цели используют бурильные машины и агрегаты. Процесс бурения состоит в разрушении породы на забое буровым инструментом и ее удалении из шпура или скважины.

Для бурения шпуров и скважин применяют разнообразные сверла и молотки, буровые каретки, буровые станки и установки. При всех способах процесс бурения состоит из выполнения следующих основных операций [21]:

- подготовка и установка бурильной машины для начала работ;
- бурение (разрушение породы) с очисткой забоя скважины от продуктов разрушения (буровой мелочи);
- наращивание бурового става для достижения требуемой глубины бурения и его разборка после окончания работ;
- смена изношенного бурового инструмента;
- передвижение машины на новую точку бурения шпура или скважины.

В настоящее время применяют вращательное, ударное, ударно-вращательное и вращательно-ударное бурение скважин, их иногда называют механическими способами бурения.

При *вращательном* бурении инструмент вращается вокруг оси, совпадающей с осью шпура или скважин, и одновременно с определенным усилием подается на забой скважины. Величину усилия задают из расчета превышения предела прочности породы на вдавливание на площади контакта режущих лезвий инструмента с породой. При этом происходят последовательное скалывание частиц породы с забоя и углубление инструмента по винтовой линии. Удаление продуктов разрушения производят

механическим способом с помощью витых штанг (при бурении шпуров), шнеков (при бурении скважин), промывкой забоя водой или продувкой воздухом. Вращательное бурение применяют в породах с коэффициентом крепости $f = 2-6$.

В горной промышленности применяют:

- вращательное бурение резцами шпуров с помощью ручных и колонковых сверл;
- вращательное (шнековое) бурение резцами скважин с помощью буровых станков типа СБР (см. прил. 1).

При *ударном* бурении с помощью ударника инструмент наносит удар по забою и разрушает породу под лезвием. После каждого удара инструмент поворачивается на некоторый угол, обеспечивая получение круглого сечения шпура или скважины.

Различают следующие виды ударного бурения:

Ударно-поворотное бурение обычными и погружными бурильными молотками, при котором инструмент поворачивается только в промежутках между ударами вмонтированным в молоток поворотным устройством.

Ударно-вращательное бурение погружными пневмоударниками и бурильными молотками с независимым вращением, при котором удары наносятся по непрерывно вращающемуся инструменту. Разрушение породы при этих двух способах бурения происходит только за счет его внедрения при ударах.

Вращательно-ударное бурение, при котором удары наносятся по непрерывно вращающемуся под большим (в 10 раз большим, чем при ударно-вращательном) осевым усилием инструменту. Разрушение происходит как за счет внедрения инструмента при ударах, так и за счет поворота при вращении инструмента.

Станки ударно-вращательного бурения с погружными пневмоударниками (СБУ) применяются для бурения крепких и очень крепких, труднобуримых породах с $f > 10$ (см. прил. 1).

Бурение *шарошечными долотами* относится к ударному при долотах чистого качения и к вращательно-ударному – при долотах, в которых зубцы наряду с перекатыванием по забою срезают ее скользящим движением вдоль поверхности забоя (долота со скольжением). Этот способ бурения один из самых распространенных и перспективных на карьерах. Для бурения пород с $f = 6-8$ используются станки легкого типа (СБШ-160), в породах с $f = 8-14$ – среднего типа (2СБШ-200-32, СБШ-250МНА-32), а при коэффициенте крепости пород $f > 14$ – станки тяжелого типа (СБШ-320-36, СБШ-400-55). Техническая характеристика станков шарошечного бурения приведена в прил. 2.

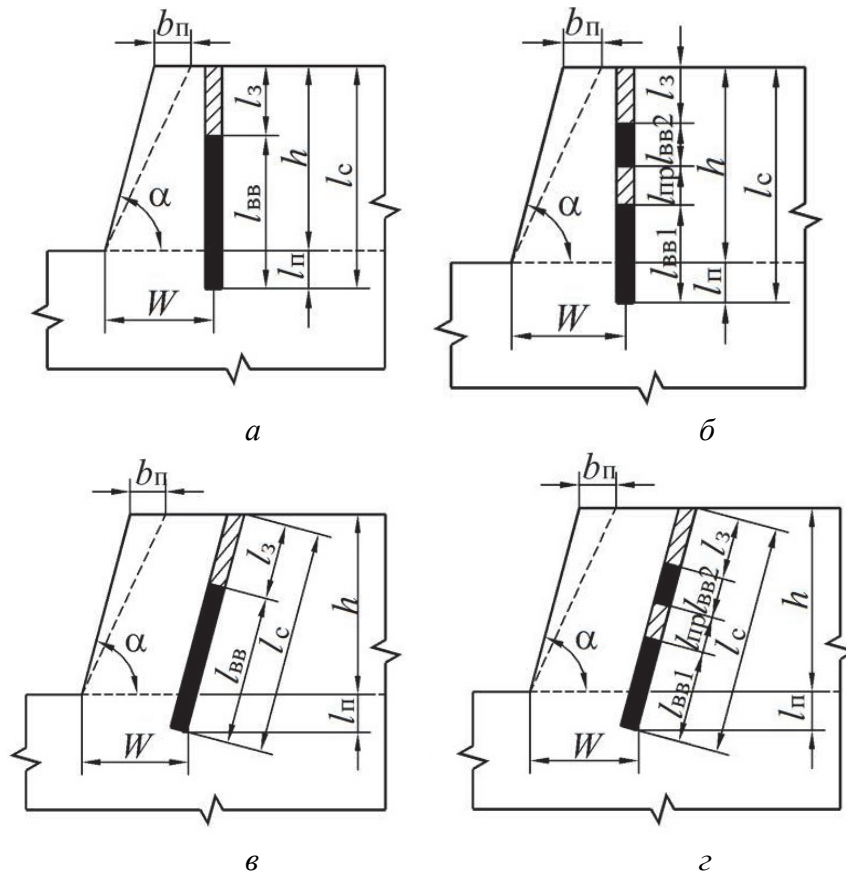


Рис. 5.1. Конструкция скважинных зарядов: а – сплошной в вертикальных скважинах; б – рассредоточенный забойкой в вертикальных скважинах; в – сплошной в наклонных скважинах; г – рассредоточенный забойкой в наклонных скважинах

На карьерах наиболее распространен метод скваженных зарядов. К основным параметрам взрывных скважин относятся диаметр d_c , глубина L_c и угол наклона β_c (рис. 5.1).

Порядок выполнения

Этап 1. Расчет эксплуатационных параметров скважины

Вначале с учетом рабочих параметров карьерных мехлопат определяют высоту уступа: высота уступа по единым правилам безопасности (ЕПБ) при разработки месторождений полезных ископаемых открытым способом не должна превышать максимальную высоту черпанья экскаватора при разработке горных пород одноковшовыми экскаваторами типа «механическая лопата» [18].

С учетом изложенного определяют высоту уступа, м, по формуле

$$H \leq H_{ч \max}, \quad (5.1)$$

где $H_{ч \max}$ – максимальная высота черпанья принятого экскаватора (см. прил. 1), м.

Округлим расчетное значение высоты уступа до ближайшего значения из ряда: 10, 12, 15, 20 м.

Теперь установим (табл. 5.1) угол откоса рабочего уступа.

Таблица 5.1

Угол откоса уступа и ширина призмы обрушения

Коэффициент крепости по шкале проф. М. М. Протоdjяконова	Угол откоса*, град		Высота уступа*, м			
	устойчивого уступа	рабочего уступа	10	12	15	20
2–6	35	45	4	5	6	8,5
7–10	60	70	3	3	3,5	4,5
10–14	65	75	3	3	3	4
15–20	75	85	3	3	3	4

* По данным «Гипроруды».

Далее нужно обосновать угол наклона скважины к горизонту.

В зависимости от угла наклона скважины к горизонтальной плоскости различают горизонтальные, наклонные и вертикальные скважины. В основном на карьерах применяют вертикальные скважины (рис. 5.1 *а, б*). Горизонтальные скважины используют изредка и, как правило, в сочетании с вертикальными, для взрывания высоких уступов или их выполаживания (заоткоски) при подходе к предельному контуру. Наклонные скважины, пробуренные параллельно откосу уступа (рис. 5.1 *в, г*), обеспечивают отрыв породы по линии скважины, высокую степень дробления и хорошую проработку подошвы, так как сопротивление породы взрыванию постоянно по высоте уступа.

Следует ориентироваться на применение наклонных скважин, пробуриваемых параллельно откосу уступа (с учетом технических возможностей принятого бурового станка) [8,21].

Затем с точностью до 0,5 м рассчитаем глубину скважины. Глубина скважины определяется высотой взрываемого уступа h , углом наклона скважины к горизонту β_c и величиной перебура скважины $l_{\text{п}}$ ниже отметки подошвы уступа. Перебур необходим для качественного разрушения пород в подошве уступа:

$$L_c = \frac{h}{\sin \beta} + l_{\text{п}}, \quad (5.2)$$

где β – угол наклона скважины к горизонту, град; $l_{\text{п}}$ – длина перебура, м,

$$l_{\text{п}} = (0,1-0,25) \cdot h, \quad (5.3)$$

но не более 3 м. Длина перебура возрастает с увеличением крепости разрушаемых пород.

После этого вычисляют диаметр скважины. Диаметр скважины зависит от физико-механических свойств пород, диаметра бурового инструмента, требуемой степени дробления пород, масштаба и организации горных работ, мм:

$$d_c = K_{pc} \cdot d_d, \quad (5.4)$$

где d_d – диаметр долота, мм; K_{pc} – коэффициент расширения скважины при бурении (изменяется от 1,05 в монолитных породах до 1,2 в чрезвычайно трещиноватых) (см. табл. 3.2).

Этап 2. Расчет эксплуатационной производительности бурового станка

Сменную производительность бурового станка определяют по формуле, м,

$$\Pi_6 = \frac{T_{cm} - (T_{п.з} + T_p + T_{в.п})}{t_o + t_b}, \quad (5.5)$$

где T_{cm} – продолжительность смены, мин.; $T_{п.з}$ – продолжительность подготовительно-заключительных операций, мин., $T_{п.з} = 20-30$; T_p – продолжительность регламентированных перерывов, мин., $T_p = 10-30$; $T_{в.п}$ – внутрисменные внеплановые простои, мин, $T_{в.п} = 60-90$; t_o – основное время, затрачиваемое на бурение 1 м скважины, мин; t_b – продолжительность вспомогательных операций при бурении 1 м скважины, мин.

Длительность вспомогательных операций для вращательного (шнекового) бурения составляет 1,5–4,5 мин/м; шарошечного – 2–4 мин/м; пневмоударного – 4–16 мин/м.

Отсюда продолжительность основных операций

$$t_o = 1 / V_6, \quad (5.6)$$

где V_6 – техническая скорость бурения (табл. 5.2), м/мин.

Таблица 5.2

Техническая скорость бурения

Способ бурения	Буровой станок	Коэффициент крепости по шкале М.М. Протоdjяконова	Техническая скорость бурения V_6 , м/мин
Вращательное (шнековое)	2СБР-125-30	2–3	0,30–0,36
		3–4	0,25–0,30
		4–5	0,13–0,20
	СБР-160А-24	2–3	0,41–0,50
		3–4	0,33–0,41
		4–5	0,23–0,27
		5–6	0,17–0,20

Способ бурения	Буровой станок	Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодьяконова	Техническая скорость бурения V_6 , м/мин
Шарошечное	2СБШ-200-32	6–8	0,27–0,30
		8–10	0,22–0,25
		10–12	0,13–0,20
	СБШ-250МНА-32	8–10	0,23–0,25
		10–12	0,18–0,20
		12–14	0,15–0,17
СБШ-320-36	10–12	0,20–0,22	
	12–14	0,17–0,18	
	14–16	0,11–0,13	
Пневмоударное	СБУ-125-24	14–16	0,10–0,12
		16–18	0,08–0,10
	СБУ-160-19	14–16	0,10–0,12
		16–18	0,08–0,10

Примечание. Техническая скорость бурения приводится по данным П. И. Томакова и И. К. Наумова.

Сопоставить расчетную сменную производительность станка с нормативной (табл. 5.3). Если разница превышает 10 %, для дальнейших расчетов следует принять нормативное значение P_6 .

Таблица 5.3

Производительность буровых станков за восьмичасовую смену

Станок	Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова							
	2–4	4–6	6–8	8–10	10–12	12–14	14–16	свыше 16
Производительность станков вращательного (шнекового) бурения, м								
2СБР-125-30	300	200	–	–	–	–	–	–
СБР-160А-24	340	260	–	–	–	–	–	–
Производительность станков вращательного шарошечного бурения, м								
2СБШ-200-32	–	–	105	90	80	65	–	–
СБШ-250МНА-32	–	–	–	105	90	80	65	50
СБШ-320-36	–	–	–	–	–	–	80	65
Производительность станков пневмоударного бурения, м								
СБУ-125-24	–	–	60	55	50	45	35	30
СБУ-160-19	–	–	–	–	–	60	45	40
СБУ-200-36	–	–	–	–	–	–	65	60

Примечания. 1. При бурении наклонных скважин табличное значение производительности следует умножить на коэффициент 0,9.

2. Производительность станков приводится по данным «Гипроруды».

Таблица 5.4

Число рабочих смен буровых станков в течение года

Непрерывная рабочая неделя		Прерывная рабочая неделя с одним выходным днем при работе						Прерывная рабочая неделя с двумя выходными днями при работе								
в две смены		в три смены		в две смены		в три смены		в две смены		в три смены		в две смены		в три смены		
северные	сред-ние	юж-ные	северные	сред-ние	юж-ные	северные	сред-ние	юж-ные	северные	сред-ние	юж-ные	северные	сред-ние	юж-ные	северные	
Территориальные зоны																
2СБР-125-30*																
535	555	569	795	815	820	455	470	480	675	700	710	380	390	395	555	580
СБР-160А-24*																
515	530	535	750	770	805	440	455	465	635	655	670	330	360	380	530	550
2СБШ-200-32*																
485	505	515	685	705	710	415	430	435	580	600	610	340	350	360	480	500
СБШ-250МНА-32*																
485	500	510	670	695	705	410	425	430	575	595	605	335	350	355	470	495
СБШ-320-36*																
475	495	505	655	680	685	405	420	425	565	580	595	330	345	350	460	485
СБУ-125-24*																
525	545	555	775	795	805	445	465	470	655	680	690	370	385	390	545	565
СБУ-160-19*																
530	540	550	765	790	795	445	465	470	655	680	690	365	380	385	540	560
СБУ-200-36*																
480	500	510	680	700	710	415	425	435	580	600	610	340	350	355	480	500

* По данным «Гипроруды»

Годовую производительность бурового станка находят по формуле, м,

$$П_{бг} = П_{б} \cdot N_{см.б}, \quad (5.7)$$

где $N_{см.б}$ – количество рабочих смен бурового станка в течение года (табл. 5.4).

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите методы взрывных работ на карьерах.
2. Перечислите классификацию способов бурения.
3. Укажите область применения различных способов бурения.
4. Как находится высота уступа?
5. Какие факторы влияют на величину рабочего угла откоса уступа?
6. Почему глубина взрывных скважин превышает высоту обурываемого уступа?
7. Какие показатели влияют на определение глубины перебура, и всегда ли он необходим?
8. Как влияет трещиноватость пород на степень дробления их взрывом?
9. Почему диаметр скважин больше диаметра долота?
10. Объясните, что определяет угол наклона скважины к горизонту.
11. Какие факторы влияют на производительность бурового станка?
12. За счет чего можно повысить производительность бурового станка?
13. Объясните, как принимается режим работы карьера и буровых станков.

Занятие 6. Расчет параметров скважинных зарядов

Цель занятия. Получение навыков расчета параметров буровзрывных работ (БВР) на карьерах.

Краткое теоретическое введение

Взрывание пород на карьерах производят отдельными взрывными блоками, размеры которых зависят от обеспеченности взорванной горной

массой экскаваторов, занятых на отгрузке горной массы. Кроме того, размеры взрывных блоков связаны с расположением скважин, числом взрываваемых рядов, расстояниями между скважинами в ряду и между рядами скважин [10].

Скважины в пределах блока располагают параллельно верхней бровке уступа. Расположение скважин на уступе может быть однорядным и многорядным (рис. 6.1). Основными параметрами расположения скважин являются: линия сопротивления по подошве уступа (ЛСПП) W , расстояние a между скважинами в ряду, расстояние b между рядами скважин и число взрываваемых рядов. Большое влияние на результаты взрыва оказывает величина W , которая зависит от диаметра скважины, высоты уступа и угла наклона его откоса, мощности ВВ, плотности заряжения. При завышении величины W плохо прорабатывается подошва уступа, а при ее занижении энергия взрыва в большей степени тратится на выброс, а не на дробление породы.

Значения a и b подбирают таким образом, чтобы наиболее равномерно распределить ВВ в массиве. Они зависят от взрываемости пород, диаметра скважины, требуемой степени дробления, высоты уступа и схемы взрывания.

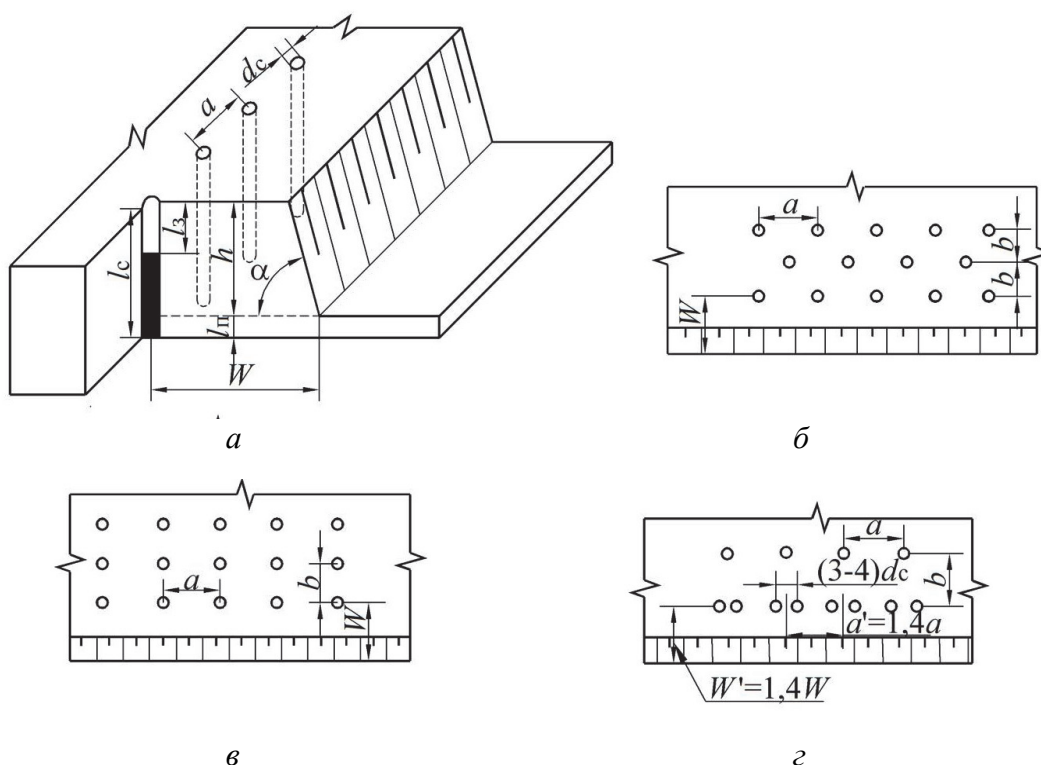


Рис. 6.1. Схемы расположения скважин на уступе: а – однорядная; б и в – многорядная по квадратной и шахматной сетке; г – с парносближенными скважинами в первом ряду

На карьерах используют *мгновенный порядок взрывания*, когда все заряды взрываются одновременно, или *короткозамедленный*, когда интервалы между взрывами соседних зарядов измеряют миллисекундами. По сравнению с мгновенным взрыванием короткозамедленное обеспечивает повышение равномерности дробления, уменьшение выхода негабарита, снижение расхода ВВ на 10–15 %, сокращение ширины развала в 1,2–1,3 раза. Наиболее эффективно многорядное короткозамедленное взрывание (МКЗВ).

Однорядное взрывание применяют при малых объемах взрывных работ, узких рабочих площадках или в случае ограничения массы заряда по сейсмическому воздействию на расположенные по соседству с карьером здания и сооружения.

Порядок выполнения

Этап 1. Выбор взрывчатого вещества

Для данных вашего варианта (см. табл. 1.2) нужно выбрать тип взрывчатого вещества (ВВ). Область применения различных ВВ обусловлена прочностью, обводненностью и трещиноватостью массива (табл. 6.1).

При выборе ВВ следует отдавать предпочтение ВВ, приведенным в верхних строках табл. 6.1, а также ВВ, пригодным для механизированного заряжания [9].

Этап 2. Расчет основных параметров расположения скважин на уступе

Определяют линию сопротивления по подошве (ЛСПП), м:

$$W = \frac{53}{\sin \beta} \cdot K_B \cdot d_c \cdot \sqrt{\frac{\Delta \cdot m}{\gamma \cdot K_{ВВ}}}, \quad (6.1)$$

где K_B – коэффициент, учитывающий взрываемость пород в массиве (табл. 6.2); d_c – диаметр скважины, м; Δ – плотность заряжания ВВ в скважине (табл. 6.3), кг/м³; m – коэффициент сближения зарядов (табл. 6.2); $K_{ВВ}$ – переводной коэффициент от аммонита № 6 ЖВ к принятому ВВ (табл. 6.3); γ – плотность породы (см. табл. 1.2), кг/м³.

Находят величину ЛСПП с учетом требований безопасного ведения буровых работ у бровки уступа, м [2]:

$$W_6 = \delta_n + h \cdot (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta), \quad (6.2)$$

где δ_n – ширина возможной призмы обрушения (табл. 5.1), м.

Проверяют соответствие расчетной ЛСПП требованиям ведения буровых работ:

$$W \geq W_6. \quad (6.3)$$

Таблица 6.1

Рекомендуемая область применения взрывчатых веществ на карьерах

Взрывчатые вещества заводского изготовления		Взрывчатые вещества, изготовленные на местах применения (прикарьерных пунктах и передвижных установках)					
порошкообразные и гранулированные	водосодержащие	эмульсионные	на основе утилизированных ВМ	порошкообразные и гранулированные	водосодержащие	эмульсионные	на основе утилизированных ВМ
СУХИЕ СКВАЖИНЫ, ШПУРЫ, ТРАНШЕИ							
Коэффициент крепости по шкале М. М. Протодяконова до 12							
Гранулит М Гранулит АС-4 Гранулит АС-4В Граммонит 79/21 Граммонит 82/18 Гранулиты РП-1, РП-2, РП-3	-	-	-	Игданит	Акватол Т-20 (ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80) Ифзанит Т-40	Порэмит 1 ИМ-Н ИМ-К МТ-Н МТ-К Сибирит 1000 Сибирит 1200 Гранэмит 70/30	-
Коэффициент крепости по шкале М. М. Протодяконова более 12							
Аммонит 6ЖВ Граммонит 50/50 Граммонит 30/70 Граммотол марок 10, 15, 20 Гранулит ПМ Гранулит ПФ	Граммонит РЗ-30		Эмульсен Г Эмульсен П Тротил-У Поротол Гранипор ГШФ	-	Акватол ГЛТ-20 Карбатол ГЛ-15Т Карбатол ГЛ-10В Акванит КТ-Х Комбизар	Порэмит М марок 4А, 8А Эмульсолит А-20 Гранэмиты 30/70, 50/50	-

Взрывчатые вещества заводского изготовления		Взрывчатые вещества, изготовленные на местах применения (прикарьерных пунктах и передвижных установках)		
порошкообразные и гранулированные	водосодержащие	эмульсионные	на основе утилизирuemых ВМ	на основе утилизирuemых ВМ
ОБВОДНЕННЫЕ СКВАЖИНЫ И ШПУРЫ				
Коэффициент крепости по шкале М. М. Протоdjeяконова до 12				
Гранулолoл Аммонит 6ЖВ в полиэтиленовых пакетах, мешках Граммониты РЗ-30ПР, 79/21ПР, 82/18 (ПР) (заряжание в полиэтиленовые ру-кава)	–	–	на основе утилизирuemых ВМ Эмульсен П Гельпор-1 Гельпор-3	порошкообразные и гранулированные водосодержащие эмульсионные на основе утилизирuemых ВМ
				Акванит КТ Акватол Т-20 (ифзаниты Т-20, Т-60, Т-80) Акватол Т-40
				Порэмит 1А Сибиpит 1000 Сибиpит 2000
				–
Коэффициент крепости по шкале М. М. Протоdjeяконова более 12				
Гранулолoл Граммонит 30/70 Граммонит 50/50 Дибазит Алюмотол Аммонал скальный № 3	Граммонит РЗ-30	–	Тротил У Порогол Гранипор ППФ Гельпор-2 Альгетолы 15, 25, 35 Эмульсен Г	Порэмит М марок 4А, 8А Гранэмит 50/50 Эмульсолит П-А-20
				Карбагол ГЛ-15Т Акватол Т-20 (ГЛТ-20) Карбагол ГЛ-10В Акванал (Ипконит)
				–

Таблица 6.2

Коэффициенты для расчета параметров скважинных зарядов

Наименование	Породы		
	легковзры- ваемые	средневзры- ваемые	трудновзры- ваемые
Коэффициент сближения зарядов, m	1,1–1,2	1,0–1,1	0,85–1,0
Коэффициент, учитывающий взры- ваемость пород, K_b	1,2	1,1	1,0
Коэффициент, зависящий от взры- ваемости пород, K_3	5–6	3–4	1,5–2,5

Таблица 6.3

Характеристика ВВ

Тип ВВ	Плотность ВВ, г/см ³	Переводной коэффициент $K_{ВВ}$
Акванал А-10	1,4–1,45	0,97
Акванал ГЛА-20	1,5–1,58	1,06
Акванит КТ-Х	1,45–1,50	1,16
Акватол ГЛТ-20	1,40–1,45	1,15
Акватол Т-20	1,25–1,3	1,28
Алюмотол	0,95–1,0	0,84
Аммонал скальный № 3	1,0–1,1	0,8
Аммонит №-6ЖВ	0,85–0,9	1,0
Аммонит №-6ЖВ в полиэти- леновых пакетах	1,0–1,2	1,0
Гельпор-1	1,3–1,4	1,14
Гельпор-2	1,3–1,4	1,03
Граммонит 30/70	0,85–0,9	1,17
Граммонит 50/50	0,85–0,9	1,01
Граммонит 79/21	0,8–0,85	1,0
Граммонит 82/18	0,85–0,9	1,01
Гранитол 1	0,9–0,95	1,16
Гранулит АС-4	0,85–0,9	0,98
Гранулит АС-4В	0,8–0,85	0,98
Гранулит М	0,78–0,82	1,13
Гранулит С-6М	1,0–1,05	1,11
Гранулотол	0,9–0,95	1,2
Гранэммит 30/70	1,4	1,23
Гранэммит 50/50	1,35	1,29

Тип ВВ	Плотность ВВ, г/см ³	Переводной коэффициент $K_{ВВ}$
Игданит	0,8–0,9	1,11
Ифзанит Т-20	1,25–1,3	1,28
Ифзанит Т-40	1,38–1,4	1,15
Карбатол ГЛ-10В	1,55–1,6	0,8
Карбатол ГЛ-15Т	1,4–1,6	1,12
Поротол	1,5	1,11
Порэммит 1 ИМ-5	1,25	1,49
Порэммит 1 ИМ-Н	1,25	1,49
Порэммит М-4А	1,3	1,18
Порэммит М-8А	1,35	0,99
Сибирит 1000	1,2	1,45
Сибирит 2000	1,2	1,65
Тротил-У	0,7–0,8	1,1
Эмульсен Г	1,45–1,48	1,0
Эмульсен П	1,5	1,35
Эмульсолит П-А-20	1,3–1,4	0,76

Если расчетная W меньше W_6 , то увеличивают диаметр скважины в пределах возможного для принятого бурового станка, принимают ВВ с увеличенной плотностью заряжения или переходят на бурение наклонных скважин.

Выбрать конструкцию заряда (см. рис. 5.1). Заряд ВВ в скважине может быть сплошным или рассредоточенным. Сплошные заряды (см. рис. 5.1, а, в) применяют в обводненных и трудно взрывае­мых породах, располагается в нижней части скважины и воздействует в основном на нижнюю часть уступа. Поэтому при взрывании сплошных зарядов образуются негабариты. В рассредоточенных зарядах (см. рис. 5.1, б, г) основную массу ВВ располагают в нижней части скважины, а один, реже два одинаковых дополнительных заряда – в средней и верхней частях, что позволяет улучшить дробление породы. Забойка скважины должна быть плотной, а ее длина достаточной для предотвращения утечек продуктов взрыва, выброса породы и образования сильной ударной воздушной волны. Для забойки используют буровую мелочь, песок с размерами частиц до 50 мм.

Найти длину заряда, м, по формуле

$$l_{ВВ} = L_c - l_3 - l_{пр}, \quad (6.4)$$

где l_3 – длина забойки, м,

$$l_3 = (20 \div 35) \cdot d_c; \quad (6.5)$$

$l_{пр}$ – длина промежутка (при сплошном заряде $l_{пр} = 0$), м,

$$l_{пр} = (8 \div 12) \cdot d_c. \quad (6.6)$$

В трудновзрываемых породах длина воздушного промежутка уменьшается, в легковзрываемых – увеличивается.

Вычерчивают в масштабе принятую конструкцию скважинного заряда.

Определяют массу заряда, кг, в скважине по формуле

$$Q_3 = 7,85 \cdot d_c^2 \cdot \Delta \cdot l_{вв}, \quad (6.7)$$

где d_c – диаметр скважины, дм.

При рассредоточенном заряде в нижнюю часть его помещают 60–70 % ВВ.

Исходя из объема породы, взрываемой зарядом, его масса, кг,

$$Q_3 = q \cdot a \cdot b \cdot h, \quad (6.8)$$

где q – удельный расход ВВ (табл. 6.4), кг/м³; a – расстояние между скважинами в ряду, м; b – расстояние между рядами, м.

Решив выражения (6.7) и (6.8), устанавливают параметры сетки скважин (рис. 6.1), учитывая, что при квадратной сетке скважин $a = b$ (рис. 6.1, в), т. е.

$$a = \sqrt{\frac{Q_3}{q \cdot h}}. \quad (6.9)$$

Таблица 6.4

Удельный расход аммонита № 6 ЖВ при взрывании вертикальных скважинных зарядов, кг/м³

Коэффициент крепости по шкале М.М. Протодьяконова	3–4	5–6	7–10	9–11	12–15	16–20
Аммонит № 6 ЖВ	0,40–0,55	0,55–0,65	0,60–0,75	0,6–0,75	0,7–0,8	0,85

Примечания. 1. При использовании других типов ВВ его удельный расход умножают на величину $K_{вв}$.

2. Для зарядов в наклонных скважинах удельный расход ВВ принимается с коэффициентом 0,95.

Для трудновзрываемых пород рекомендуется шахматное расположение скважин, при этом $b \approx 0,85 \cdot a$ (см. рис. 6.1, б).

Проверяют возможность преодоления расчетной ЛСПП взрывом заряда ВВ установленной массы:

$$W \leq \frac{Q_3}{q \cdot a \cdot h}. \quad (6.10)$$

Если условие не выполняется, то в первом ряду используют парносближенные скважины (рис. 6.1, з), в одну из которых размещают заряд ВВ. Массу заряда во второй парносближенной скважине можно найти по формуле

$$Q'_3 = W' \cdot h \cdot q \cdot (a' - a), \quad (6.11)$$

где W' – ЛСПП при парносближенных скважинах (см. рис. 6.1, з), м; a' – расстояние между смежными парами скважин (см. рис. 6.1, з), м.

В масштабе чертят в плане схему расположения скважин на уступе и наносят необходимые размеры (рис. 6.2).

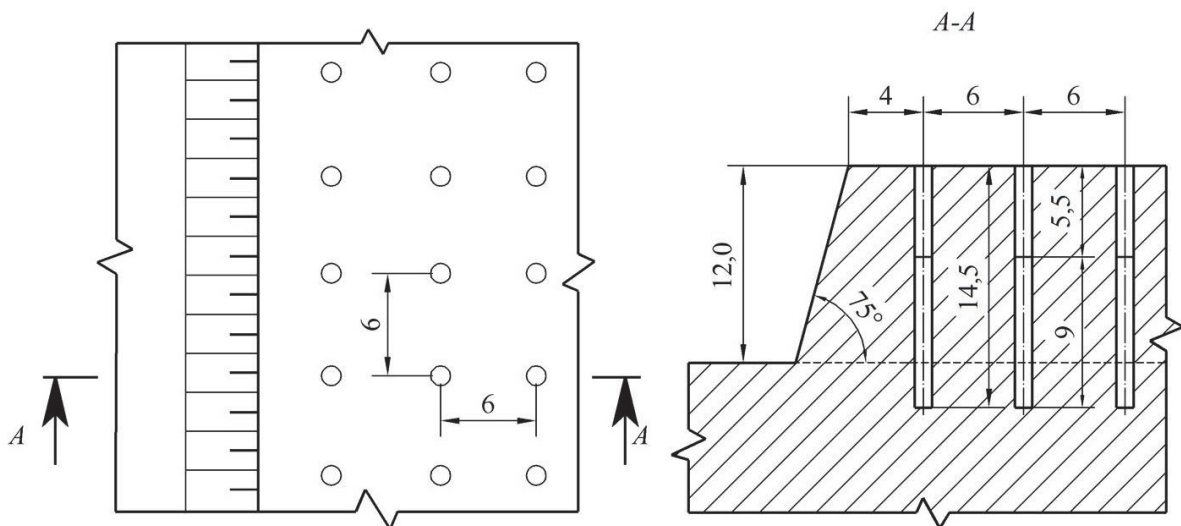


Рис. 6.2. Схема расположения скважин на уступе

Вычисляют объем блока по условиям обеспечения экскаватора взорванной горной массой, m^3 :

$$V_{\text{бл}} = Q_{\text{см.п}} \cdot n_{\text{см}} \cdot n_{\text{д}}, \quad (6.12)$$

где $Q_{\text{см.п}}$ – сменная эксплуатационная производительность экскаватора, m^3 ; $n_{\text{см}}$ – число рабочих смен экскаватора за сутки, ед.; $n_{\text{д}}$ – норматив обеспеченности экскаватора взорванной горной массой, сут.

Величину $n_{\text{д}}$ для южных районов принимают равной 30 сут., в средней климатической зоне – 10–15 сут., в северной – 7–10 сут.

Определяют длину блока, м, по формуле

$$L_{\text{бл}} = \frac{V_{\text{бл}}}{[W + b \cdot (n_p - 1)] \cdot h}, \quad (6.13)$$

где n_p – число взрывааемых рядов скважин, ед.

Находят число скважин, взрывааемых в одном ряду:

$$n_{\text{скв}} = \left(\frac{L_{\text{бл}}}{a} \right) + 1. \quad (6.14)$$

Расчётную величину $n_{\text{скв}}$ округляют до ближайшего целого значения и по формулам (6.12)–(6.13) корректируют объём взрываемого блока.

Вычисляют общий расход ВВ на блок, кг:

$$Q_{\text{вб}} = Q_3 \cdot n_{\text{скв}} \cdot n_p. \quad (6.15)$$

Рассчитывают выход горной массы с 1 м скважины, м³:

$$f = \frac{[W + b \cdot (n_p - 1)] \cdot a \cdot h}{n_p \cdot L_c}. \quad (6.16)$$

Находят интервал замедления, мс:

$$t = 1,25 \cdot K_3 \cdot W, \quad (6.17)$$

где K_3 – коэффициент, зависящий от взрываемости пород (см. табл. 6.2).

По расчётной величине t подобрать ближайшее стандартное пиротехническое реле из ряда 10, 20, 35, 50, 75, 100 мс.

Этап 3. Выбор схемы коммутации зарядов

Выбирают (табл. 6.5, рис. 6.3) схему коммутации скважинных зарядов и чертят её в масштабе с расстановкой пиротехнических реле (рис. 6.4)

При выборе схемы соединения зарядов (рис. 6.3) учитывают взрываемость пород и число рядов скважин (табл. 6.5) [10, 12].

Таблица 6.5

Условия применения различных схем коммутации

Наименования схем коммутации	Взрываемость пород	Число рядов скважин
Порядная продольными рядами	Легковзрываемые	До 3
Порядная поперечными рядами	Средневзрываемые	3–4
Порядная через скважину	Легко- и средневзрываемые	2–5

Наименования схем коммутации	Взрываемость пород	Число рядов скважин
С продольным врубом	Легко- и средневзрываемые	2–5
С клиновым врубом	Трудновзрываемые	Не менее 4
С трапецевидным врубом	Трудновзрываемые	Не менее 4
Диагональная	Средневзрываемые	Не менее 4

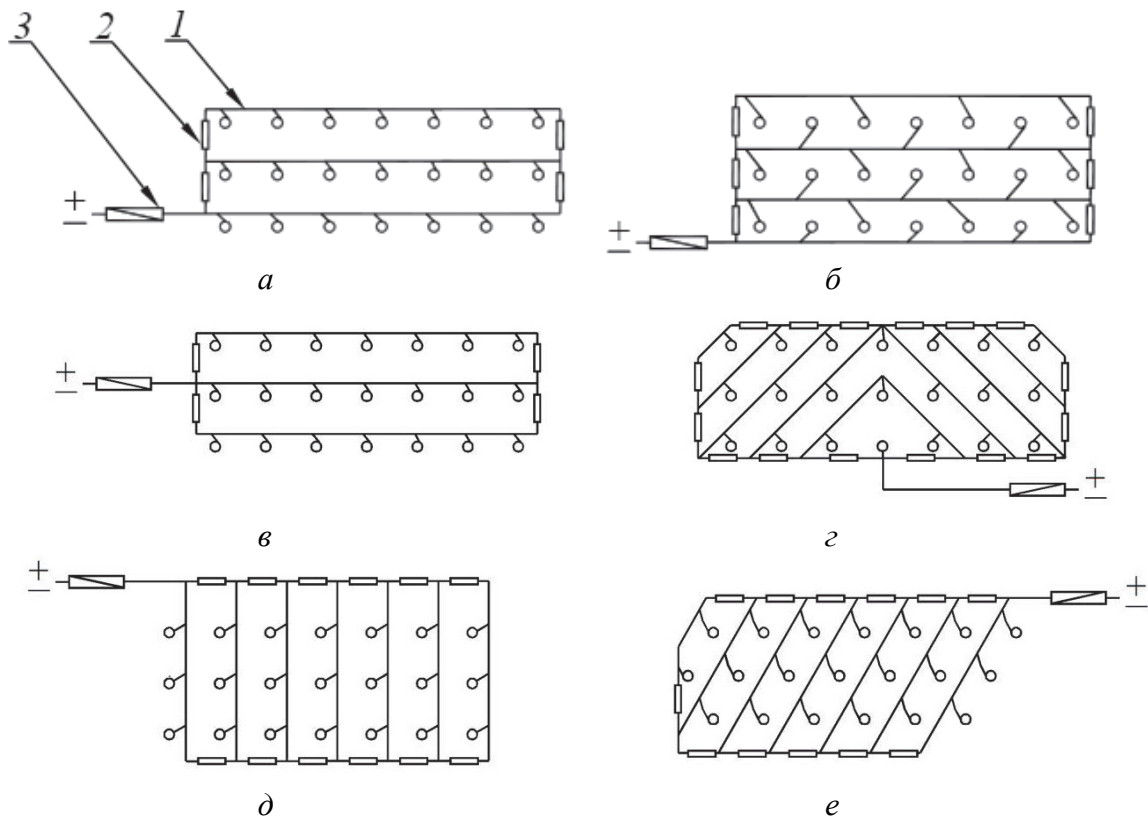


Рис. 6.3. Схемы коммутации скважинных зарядов: а – порядная продольными рядами; б – порядная через скважину; в – с продольным врубом; г – с клиновым врубом; д – порядная поперечными рядами; е – диагональная; 1 – детонирующий шнур; 2 – пиротехническое реле РП; 3 – электродетонатор

Рассчитывают ширину развала взорванной горной массы, м:

$$B = (1,5 \div 2,5) \cdot h + b \cdot (n_p - 1). \quad (6.18)$$

Определяют высоту развала, м:

$$H_p = (1,0 \div 1,2) \cdot h. \quad (6.19)$$

Находят инвентарный парк буровых станков по формуле

$$N_{\text{бс}} = \frac{1,15 \cdot A_{\text{г.м}}}{\gamma \cdot \varphi \cdot \Pi_{\text{б.г}}}, \quad (6.20)$$

где $A_{\text{г.м}}$ – годовая производительность по горной массе, т; $\Pi_{\text{б.г}}$ – годовая производительность бурового станка, м.

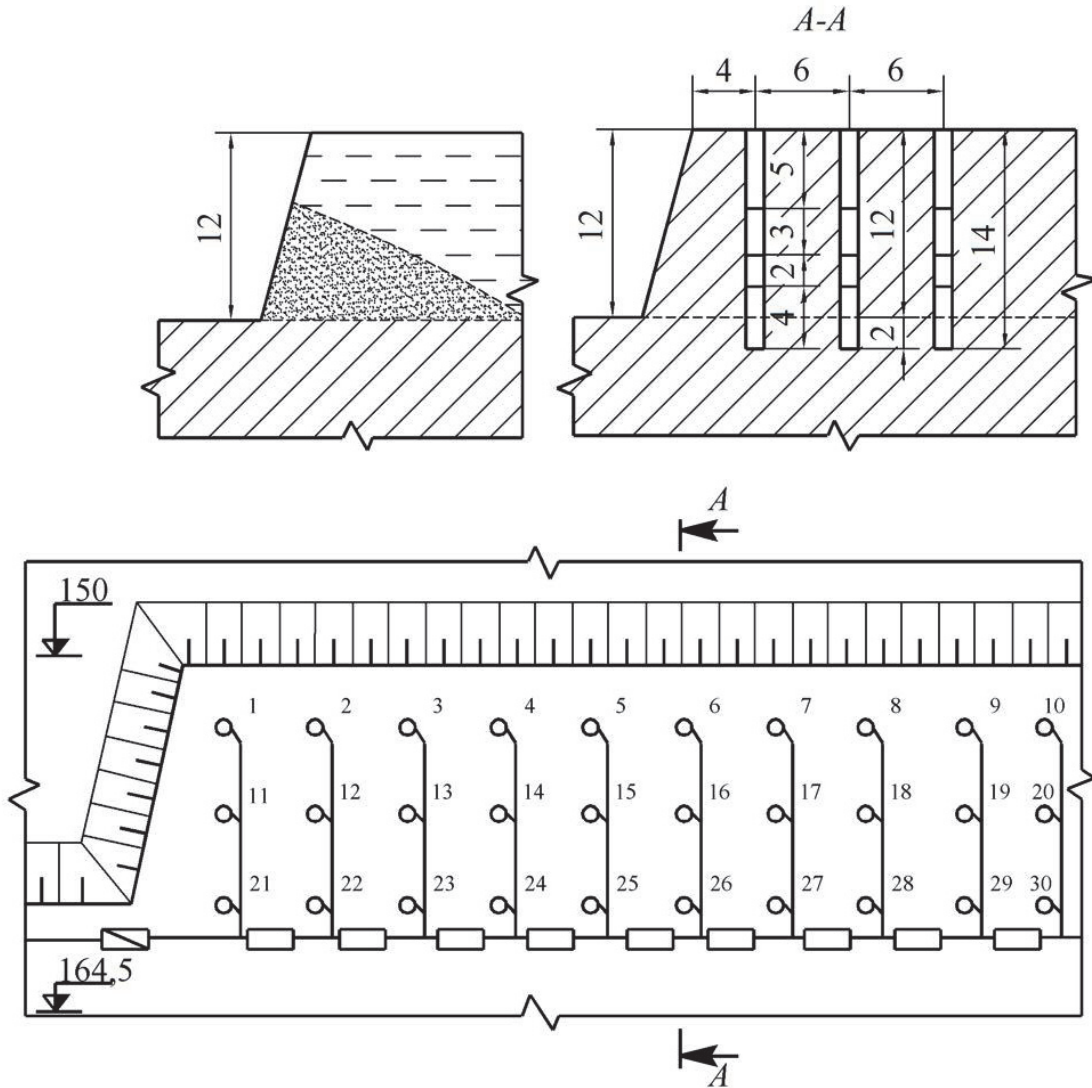


Рис. 6.4. Схема монтажа взрывной сети

Этап 4. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07-2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. От чего зависит выбор типа ВВ?
2. Какие ВВ применяются в обводненных скважинах?
3. Объясните зависимость величины ЛСПП от различных факторов.
4. Как определить ЛСПП с учетом требований безопасного ведения буровых работ у бровки уступа?
5. Каким образом можно обеспечить соответствие расчетной ЛСПП требованиям безопасного ведения буровых работ у бровки уступа?
6. Чем характеризуются парносближенные скважины и когда их применяют?
7. В каких случаях применяют сплошной колонковый заряд, а в каких – рассредоточенный воздушным промежутком?
8. Выпишите все формулы для определения величины скважинного заряда.
9. Перечислите факторы, влияющие на выход горной массы.
10. Как выбирают схему соединения (коммутации) зарядов?
11. Как определяется размер взрываемого блока?
12. От чего зависит ширина и высота развала взорванной горной массы?

Занятие 7. Определение параметров забоя. Производительность и парк экскаваторов

Цель занятия. Получение навыков в определении производительности и парка выемочно-погрузочного оборудования для заданных горнотехнических условий разработки.

Краткое теоретическое введение

Выемочно-погрузочные работы заключаются в выемке горной массы из забоя и погрузке ее в средства транспорта или перемещении в отвал. В качестве выемочно-погрузочного оборудования на карьерах используются экскавационные машины циклического и непрерывного действия. В машинах циклического действия (одноковшовые экскаваторы, погрузчики, колесные скреперы, бульдозеры и др.) рабочий орган состоит только из одного ковша или режущего элемента (лемех бульдозера), периодически выполняющего функции выемки и перемещения горной массы. В машинах непрерывного действия (многоковшовые цепные и роторные экскаваторы и др.) ковши (черпаки) перемещаются по замкнутой траектории и создают непрерывный поток груза.

Для выемочно-погрузочных работ на карьерах наибольшее применение получили экскаваторы (выемочно-погрузочные машины). Черпание горной массы, ее перемещение к месту разгрузки, разгрузка и поворот к месту очередного черпания осуществляется одноковшовым экскаватором последовательно. В совокупности эти операции составляют рабочий цикл экскаватора. Многоковшовыми экскаваторами эти операции выполняются одновременно. Поэтому одноковшовые экскаваторы являются машинами циклического действия, а многоковшовые – машинами непрерывного действия [8, 10, 21].

Как одноковшовые, так и многоковшовые экскаваторы состоят из рабочего, механического, ходового и силового оборудования, рамы, кузова и механизмов управления.

По признаку конструктивной связи ковша со стрелой различают одноковшовые экскаваторы с жесткой связью (прямая механическая лопата, обратная механическая лопата, гидравлический экскаватор) и одноковшовые экскаваторы с гибкой связью (драглайн, грейфер).

По типу ходового оборудования одноковшовые экскаваторы разделяются на гусеничные, пневмоколесные, шагающие, плавучие, а многоковшовые – на гусеничные, шагающе-рельсовые, рельсо-гусеничные и на железнодорожном ходу.

В зависимости от силового оборудования как одноковшовые, так и многоковшовые экскаваторы бывают электрические, дизель-электрические и дизель-гидравлические. На карьерах в основном применяются электрические экскаваторы.

Отечественная промышленность выпускает пять типов одноковшовых экскаваторов: строительные, карьерные, гидравлические, вскрышные, шагающие.

Наибольшим разнообразием отличаются строительные экскаваторы с вместимостью ковша от 0,15 до 4 м³. Их оснащают дизельным, дизель-электрическим, электрическим приводом, сменным рабочим оборудованием прямой и обратной мехлопаты, драглайна, крана, грейфера. Ходовое устройство гусеничное или пневмоколесное. Они предназначены в основном для производства земляных работ при сооружении различных объектов и вспомогательных работ в карьерах. В качестве основного выемочно-погрузочного оборудования их применяют на карьерах по добыче строительных горных пород с производственной мощностью 0,5–2 млн м³/год. Строительные экскаваторы имеют индекс ЭО (экскаватор строительный одноковшовый).

Карьерные экскаваторы (ЭКГ) выпускают только с электрическим многодвигательным приводом на гусеничном ходу и оснащают рабочим оборудованием прямой мехлопаты. Их типоразмерный ряд представлен базовыми моделями с вместимостью ковшей от 2 до 20 м³. Их индекс, на-

пример ЭКГ-8И, означает: экскаватор карьерный на гусеничном ходу с вместимостью ковша 8 м³ Ижорского завода. Ряд моделей имеет удлиненное оборудование для верхней погрузки (ЭКГ-4у, ЭКГ-6,3у). Техническая характеристика карьерных экскаваторов приведена в прил. 3 и 4.

У гидравлических экскаваторов (ЭГ) все виды рабочих органов шарнирно связаны с полноповоротной или частично поворотной платформой и перемещаются с помощью гидроцилиндров. Отечественный параметрический ряд карьерных гидравлических экскаваторов включает базовые модели с вместимостью ковшей от 8 до 50 м³. Их ходовое устройство – гусеничное, основное рабочее оборудование – прямая мехлопата, привод – электрический много двигательный. Группа цифр, расположенная за буквенным индексом, указывает на вместимость ковша в кубометрах (индекс ЭГ-12 означает: экскаватор гидравлический с вместимостью ковша 12 м³). Наряду с карьерными выпускается несколько моделей универсальных строительных гидравлических экскаваторов с вместимостью ковша до 4 м³ и сменным рабочим оборудованием: обратная мехлопата (реже прямая), грейфер, кран, гидромолот, зуб-рыхлитель и др. Ковш гидравлического экскаватора имеет три степени свободы, поэтому обладает разнообразной траекторией движения, обеспечивающей более эффективное использование мощности для внедрения и наполнения ковша, а также извлечения из забоев негабаритов. Большой интерес к гидравлическим экскаваторам обусловлен их главным технологическим преимуществом перед канатными – значительным увеличением усилий на рабочем органе без нарастания массы машины (экскаватор ЭГ-12 имеет массу 260–280 т при напорном усилии 1100 кН, а ЭКГ-12,5 – соответственно, 684,5 т и 588 кН).

Вскрышные гусеничные экскаваторы (ЭВГ) оснащены прямой мехлопатой и многодвигательным электроприводом. Они снабжены удлиненными стрелой и рукоятью и предназначены в основном для перемещения породы в отвал. Ввиду большой массы экскаваторов их ходовое устройство многогусеничное с четырьмя спаренными гусеничными тележками. Вскрышные экскаваторы с вместимостью ковша до 15 м³ маркируют подобно карьерным (ЭВГ-6, ЭВГ-15), а в индексе более мощных машин присутствуют две группы цифр – ЭВГ-35/65 (числитель означает вместимость ковша в м³, знаменатель – длину стрелы в м).

Шагающие экскаваторы (ЭШ) имеют рабочее оборудование драглайна. Ряд отечественных машин включает модели с ковшами вместимостью от 5 до 100 м³. Драглайны оснащены удлиненными стрелами и предназначены главным образом для непосредственной перевалки вскрышных пород в выработанное пространство карьера. Их маркировка схожа с маркировкой вскрышных экскаваторов – ЭШ-10/70 (числитель – вместимость ковша в м³, знаменатель – длина стрелы в м).

Порядок выполнения

Этап 1. Определение параметров забоя

Выемка пород мехлопатами ведется торцевым (боковым), продольным (фронтальным) или тупиковым забоями (рис. 7.1) [10].

Для верхней погрузки предпочтительны экскаваторы с удлиненным рабочим оборудованием. При равном объеме ковша техническая производительность экскаватора с удлиненным оборудованием на 20–40 % ниже, чем обычных лопат. Верхняя погрузка эффективна в тех случаях, когда в результате улучшения транспортного обслуживания повышается эксплуатационная производительность экскаваторов, сокращаются затраты на транспортирование пород, улучшаются показатели горных работ карьера.

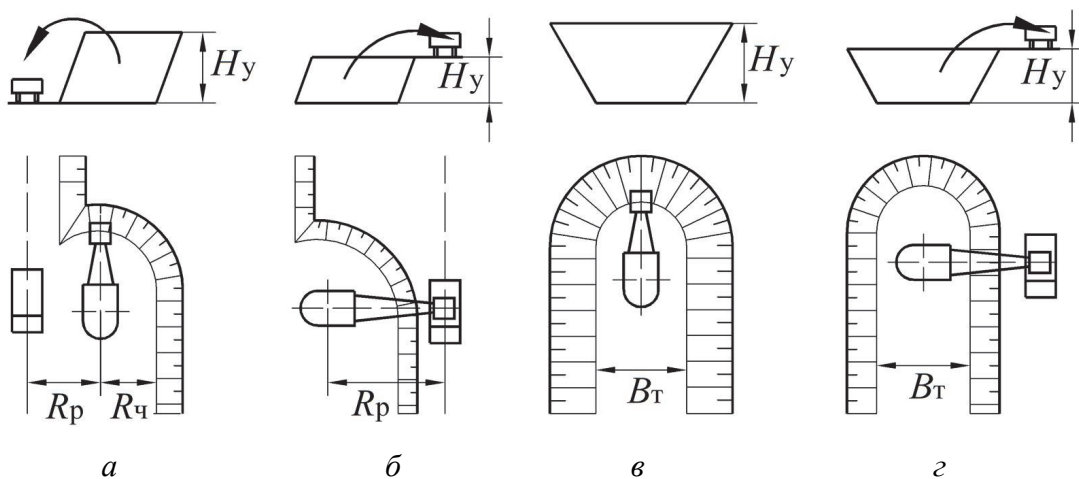


Рис. 7.1. Типы экскаваторных забоев: а – боковой с нижней погрузкой; б – то же с верхней погрузкой; в – траншейный с нижней погрузкой; г – то же с верхней погрузкой

При работе канатных экскаваторов высота забоя (уступа) в мягких и плотных породах по правилам безопасности не должна превышать максимальной высоты черпания. В противном случае возникают козырьки, и нависи, обрушение которых приводит к авариям и травмам людей. Минимальная высота забоя по условиям наполнения ковша за одно черпание составляет не менее $2/3$ высоты напорного вала. При использовании гидравлических экскаваторов безопасную высоту уступа определяют расчетами с учетом траектории движения ковша экскаватора.

Ширина заходки в мягких и плотных породах соответствует ширине забоя и зависит от рабочих параметров и положения оси хода экскаватора относительно заходки.

Определить ширину экскаваторной заходки при погрузке горной массы в средства транспорта можно по формуле

$$A = (1,5 \div 1,7) \cdot R_{\text{чу}}, \quad (7.1)$$

где $R_{\text{чу}}$ – радиус черпания экскаватора на уровне стояния, м.

Количество проходов экскаватора по развалу взорванной горной массы вычисляют по формуле

$$n_{\text{п}} = \frac{B}{A}, \quad (7.2)$$

где B – ширина развала взорванной горной массы, м.

Расчётное значение $n_{\text{п}}$ следует округлить до ближайшего целого и откорректировать ширину экскаваторной заходки.

Этап 2. Расчет производительности и парка экскаваторов

Сменную эксплуатационную производительность экскаватора при разработке хорошо взорванных скальных пород вычисляют, принимая продолжительность цикла $t_{\text{ц}}$ по табл. 7.1 для угла поворота под погрузку 135° , м^3 :

$$Q_{\text{эсм}} = \frac{3600 \cdot E \cdot K_3 \cdot K_{\text{н}} \cdot T_{\text{см}} \cdot K_{\text{пот}} \cdot K_{\text{у}} \cdot K_{\text{и}}}{K_{\text{р}} \cdot t_{\text{ц}}}, \quad (7.3)$$

где E – вместимость экскаваторного ковша (см. прил. 1); $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч; K_3 – коэффициент влияния параметров забоя, $K_3 = 0,7-0,9$; $K_{\text{н}}$ – коэффициент наполнения ковша, $K_{\text{н}} = 0,6-0,75$; $K_{\text{р}}$ – коэффициент разрыхления породы в ковше, $K_{\text{р}} = 1,4-1,5$; $K_{\text{пот}}$ – коэффициент потерь экскавируемой породы (табл. 7.2); $K_{\text{у}}$ – коэффициент управления, зависящий от порядка отработки забоя, квалификации машиниста, наличия средств контроля и автоматики (табл. 7.2); $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования экскаватора в течение смены, учитывающий организационные и технологические перерывы (табл. 7.2) [8,13].

Таблица 7.1

Продолжительность цикла мехлопат при погрузке хорошо взорванных скальных пород, с

Экскаваторы	Угол поворота под разгрузку, град		
	90	135	180
ЭКТ-3,2	22,8	24,9	27
ЭКГ-5	22,8	24,9	27
ЭКГ-8И	25,6	28,6	31,8
ЭКГ-12,5	30,1	33,1	36,1
ЭКГ-20	28,1	31,1	34,2

Таблица 7.2

Расчетные коэффициенты для определения эксплуатационной производительности

Наименование	Показатели
Коэффициент потерь породы	0,98–0,99
Коэффициент управления	0,92–0,98
Коэффициент использования при погрузке:	
в железнодорожные вагоны с тупиковой подачей составов	0,55–0,65
в железнодорожные вагоны со сквозной подачей составов	0,70–0,75
в автосамосвалы с тупиковым разворотом	0,60–0,65
в автосамосвалы с кольцевым разворотом	0,70–0,75
на конвейер	0,75–0,80

Теперь расчётную производительность экскаватора сравнивают с нормативной (табл. 7.3). Если разница превышает 10 %, для дальнейших расчётов следует принять нормативное значение эксплуатационной производительности мехлопат.

Годовую эксплуатационную производительность экскаватора вычисляют по формуле, м³,

$$Q_{\text{ЭГ}} = Q_{\text{ЭСМ}} \cdot N_{\text{СМЭ}}, \quad (7.4)$$

где $N_{\text{СМЭ}}$ – количество рабочих смен экскаватора в течение года для принятого режима работ карьера (табл. 7.4).

Инвентарный парк экскаваторов находят по формуле

$$N_{\text{ЭИ}} = \frac{1,15 \cdot A_{\text{ГМ}}}{\gamma \cdot Q_{\text{ЭГ}}}, \quad (7.5)$$

где $N_{\text{ЭИ}}$ – инвентарный парк экскаваторов, ед.; $A_{\text{ГМ}}$ – годовая производительность карьера по горной массе, т; γ – плотность пород, т/м³.

Таблица 7.3

Производительность мехлопат за 8-часовую смену, м³

Экскаватор	Емкость ковша, куб. м	Группа пород						
		рыхлые	глинистые		плотные глинистые		полускальные	скальные
			нормальные	вязкие	нормальные	вязкие		
С погрузкой в средства железнодорожного транспорта, м ³								
ЭКГ-3,2	3,2	1350	1200	850	1000	700	950	750
ЭКГ-4,6Б	4,6	1950	1750	1300	1500	1050	1450	1150
ЭКГ-5	5,0	2200	1950	1400	1600	1150	1550	1250
	6,3	2700	2450	1750	2000	1450	1950	1550

Экскаватор	Емкость ковша, куб. м	Группа пород						
		рыхлые	глинистые		плотные глинистые		полускальные	скальные
			нормальные	вязкие	нормальные	вязкие		
ЭКГ-8И	6,3	–	–	–	–	–	1750	1400
	8,0	3100	2800	2050	2300	1650	2250	1800
ЭКГ-12,5	10,0	–	–	–	–	–	2400	1960
	12,5	4200	3750	2800	3100	2250	3000	2450
	16,0	5400	4800	3600	3950	2800	–	–
С погрузкой в средства автомобильного транспорта, м ³								
ЭКГ-3,2	3,2	1500	1300	950	1150	800	1100	850
ЭКГ-4,6Б	4,6	2150	1950	1450	1600	1150	1550	1300
ЭКГ-5	5,0	2400	2150	1550	1800	1250	1750	1400
	6,3	3000	2700	1950	2250	1560	2200	1750
ЭКГ-8И	6,3	–	–	–	–	–	1950	1550
	8,0	3400	3050	2300	2550	1800	2450	2000
	10,0	4250	3800	2900	3200	2250	–	–
ЭКГ-12,5	10,0	–	–	–	–	–	2700	2160
	12,5	4650	4150	3100	3450	2500	3350	2700
	16,0	5950	5300	4000	4400	3200	–	–

Таблица 7.4

Число рабочих смен экскаватора

Емкость стандартного ковша экскаватора, м ³	Непрерывная рабочая неделя			Шестидневная рабочая неделя при работе						Пятидневная рабочая неделя		
	в три смены			в две смены			в три смены			в две смены		
	северные	средние	южные	северные	средние	южные	северные	средние	южные	северные	средние	южные
До 2,5	780	820	835	465	480	490	665	695	710	380	395	405
2,5–5	765	800	820	460	475	485	650	680	700	375	390	395
8	745	780	795	455	470	475	640	665	680	–	–	–
12,5	740	770	785	450	465	470	630	665	670	–	–	–

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчет, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Назовите типы одноковшовых экскаваторов.
2. Назовите рабочие параметры мехлопат.
3. Охарактеризуйте виды забоев и заходок экскаваторов.
4. Сформулируйте принципы расчета параметров забоя одноковшовых экскаваторов.
5. Какие рабочие параметры экскаватора мехлопата определяют ширину экскаваторной заходки?
6. Перечислите факторы, влияющие на сменную эксплуатационную производительность экскаваторов.
7. Как влияет угол поворота экскаватора под погрузку на продолжительность экскаваторного цикла?
8. Каким образом повлияет ухудшение качества взорванной горной массы (увеличение среднего размера куска взорванной породы, плохая проработка подошвы уступа) на эксплуатационную производительность экскаватора?
9. От чего зависит количество рабочих смен экскаватора в течение года?
10. Перечислите технологические преимущества гидравлических одноковшовых экскаваторов по сравнению с канатными.

Занятие 8. Эксплуатационный расчет колесного транспорта

Цель занятия. Ознакомление с методикой расчета производительности и парка подвижного состава колесного транспорта.

Краткое теоретическое введение

Карьерный транспорт – это комплекс средств перемещения горной массы (вскрыши и полезного ископаемого) от забоев до пунктов разгрузки. Он является связывающим звеном в общем технологическом процессе и одним из наиболее трудоемких и дорогих. Затраты на транспортирование и связанные с ним вспомогательные работы составляют 45–50 %, а в отдельных случаях 65–70 % общих затрат на добычу полезного ископаемого.

Специфика горных работ обуславливает следующие основные особенности работы карьерного транспорта [10, 17]:

- односторонняя направленность грузов от забоев до пунктов приема; холостые пробеги транспортных средств составляют 50 % от общего пробега;
- сосредоточенная направленность карьерных грузов;

- короткие расстояния перемещения грузов (от десятков метров до нескольких километров);
- быстрая оборачиваемость транспортных средств, значительная грузонапряженность путей и дорог, высокие показатели грузооборота при ограниченном числе транспортных единиц;
- жесткая зависимость работы карьера от работы транспорта;
- значительные технологические простои подвижного состава в течение транспортного цикла (погрузка, разгрузка, ремонт, профилактический осмотр и др.);
- нестационарность пунктов погрузки горной массы (забоев) и выгрузки вскрышных пород (отвалы), ведущих к систематическому переустройству транспортных коммуникаций;
- сложная организация перемещения полезного ископаемого при селективной его выемке при разработке сложноструктурных залежей;
- значительная плотность, повышенная крепость и абразивность, неоднородная кусковатость пород, ударные воздействия при погрузке и выгрузке, что предъявляет особые требования к прочности транспортного оборудования;
- тяжелые условия перемещения горной массы из карьера (подъемы, уклоны).

На открытых горных работах используются в той или иной мере почти все известные виды и технические средства перемещения грузов. Это объясняется главным образом многообразием горнотехнических условий. На выбор транспорта оказывают влияние физико-механические свойства разрабатываемых пород, горно-геологические условия залегания месторождений (мощность вскрышных пород и полезного ископаемого, форма залежи, обводненность и др.), размеры грузооборота, система разработки, типы и параметры выемочно-погрузочного оборудования, дальность транспортирования, разность отметок между конечными пунктами, климат района и др. В зависимости от совокупности этих условий в каждом конкретном случае оказывается наиболее эффективным применение определенного вида транспорта.

В зависимости от принципа действия различают транспорт циклического (прерывного) и непрерывного действия. Продолжительность цикла (оборота) складывается из продолжительности погрузки, продолжительности движения с грузом к пункту разгрузки, продолжительности разгрузки, продолжительности движения к месту погрузки и продолжительности пауз между перечисленными операциями. При циклическом транспорте (железнодорожный, автомобильный) погрузка, движение с грузом, разгрузка и движение без груза осуществляются последовательно. При транспорте непрерывного действия (конвейерный, гидравлический) эти операции совмещаются.

Наибольшее распространение на карьерах получил железнодорожный, автомобильный и конвейерный транспорт, а также комбинированный. В ограниченных условиях эффективно применение скиповых подъемников, канатно-подвесных дорог, гидравлического трубопроводного транспорта, конвейерных поездов, вертолетов и других.

Порядок выполнения

Этап 1. Расчет производительности подвижного состава

Для выбранной модели подвижного состава необходимо установить грузоподъемность и вместимость кузова (см. прил. 5, 6, 7, 8).

Вначале определяют общую продолжительность транспортного цикла (оборота), ч:

$$T_{об} = t_{п} + t_{гр} + t_{р} + t_{пор} + t_{ож}, \quad (8.1)$$

где $t_{п}$ – время погрузки, ч; $t_{гр}$ – время движения с грузом, ч; $t_{р}$ – время разгрузки состава (автосамосвала), ч; $t_{пор}$ – время движения порожняка, ч; $t_{ож}$ – время задержек в пути, ожидания погрузки и разгрузки (табл. 8.1, 8.2), ч.

Таблица 8.1

Время задержек на рейс локомотивосостава

Расстояние перевозки, км	Время задержек, мин*	
	Вид груза	
	руда	порода
До 5	15	10
5,1–7,0	20	15
7,1–9,0	25	20
Более 9	30	20

* По данным «Гипроруды».

Таблица 8.2

Время задержек и маневров на рейс

Наименование операций	Автосамосвал	Автопоезд
Развороты, маневры и ожидание на пунктах погрузки и выгрузки, мин*: при тупиковой схеме проездов	2	3
при сквозной и петлевой схеме проездов	1	2
Задержки в пути на пересечениях и прочие непредвиденные задержки при расстоянии транспортирования, мин*: до 2 км	1	1
более 2 км	2	2

* По данным «Гипроруды».

Время погрузки вычисляют, исходя из фактической грузоподъемности q_ϕ , т или вместимости кузова V_ϕ , м³ локомотивосостава или автосамосвала:

$$t_\Pi = \frac{n_B \cdot q_\phi \cdot K_{н.в}}{Q_3 \cdot K_{р.в} \cdot \gamma} \quad (8.2)$$

или

$$t_\Pi = \frac{n_B \cdot V_\phi \cdot K_{н.в}}{Q_3 \cdot K_{р.в}}, \quad (8.3)$$

где n_B – количество вагонов в составе (при автотранспорте $n_B = 1$),

$$n_B = Q_\Pi / q_\phi, \quad (8.4)$$

где Q_Π – полезная масса поезда, т.

$$Q_\Pi = \frac{P_{сц} [100 \cdot \psi_{сц} \cdot g - (\omega'_o + g \cdot i_p)]}{(\omega''_o + g \cdot i_p) \cdot (1 + K_T)}, \quad (8.5)$$

где $P_{сц}$ – сцепная масса локомотива (см. прил. 5, 6), т; $\psi_{сц}$ – коэффициент сцепления ведущих колёс локомотива с рельсами ($\psi_{сц} = 0,22-0,26$ при движении, $\psi_{сц} = 0,28-0,34$ при трогании с места); ω'_o – удельное сопротивление движению локомотива, Н/т, $\omega'_o = 40-50$; ω''_o – удельное сопротивление движению вагонов, Н/т, $\omega''_o = 35-40$; K_T – коэффициент тары вагона (см. прил. 7); g – ускорение свободного падения, м/с², $g = 9,8$; i_p – руководящий подъем, ‰; $K_{н.в}$ – коэффициент наполнения кузова (вагона), $K_{н.в} = 1,15$; $K_{р.в}$ – коэффициент разрыхления породы в кузове, $K_{р.в} = 1,1$; Q_3 – эксплуатационная производительность экскаватора, м³/ч.

При погрузке одноковшовыми экскаваторами q_ϕ и V_ϕ устанавливают по числу ковшей, загружаемых в кузов:

$$n_k = \frac{q \cdot K_p}{E \cdot K_H \cdot \gamma} \quad (8.6)$$

или

$$n_k = \frac{V \cdot K_p}{E \cdot K_H}, \quad (8.7)$$

где q и V – паспортные грузоподъемность (т) и вместимость вагона, м³.

Округлив расчетные значения n_k до целого, устанавливают q_ϕ и V_ϕ :

$$q_\phi = \frac{n_k \cdot E \cdot K_H \cdot \gamma}{K_p}, \quad (8.8)$$

$$V_{\phi} = \frac{n_k \cdot E \cdot K_n}{K_p} \quad (8.9)$$

Расчеты по формулам (8.2), (8.6) ведут, если $\gamma > q/V$. В противном случае используют выражения (8.3), (8.7).

Время движения подвижного состава для укрупненных расчетов можно вести по формуле

$$t_{\text{дв}} = t_{\text{тр}} + t_{\text{пор}} = 2 \cdot L_{\text{тр}} / v_{\text{ср}}, \quad (8.10)$$

где $L_{\text{тр}}$ – расстояние транспортировки (табл. 1.1), км; $v_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения в обоих направлениях (табл. 8.3, табл. 8.4), км/ч.

Таблица 8.3

Скорость движения поезда

Состояние железнодорожного пути	Скорость, км/ч
Передвижные в карьерах и на плужных отвалах	15
Передвижные на экскаваторных отвалах	20
Стационарные пути на поверхности, локомотив-тепловоз	25
Стационарные пути на поверхности, локомотив-электровоз	30

* По данным «Гипроруды».

Таблица 8.4

Скорость движения автосамосвалов и автопоездов (км/ч)

Тип дорог и покрытия	Скорость автосамосвалов, км/ч		Скорость автопоездов, км/ч		
	с механической трансмиссией	с электрической трансмиссией	дизельные	дизель-троллейвозы	
	Грузоподъемность, т				
	До 20	27–45	75–120	45–120	65
Усовершенствованные капитальные (бетонные, цементобетонные, асфальтобетонные)	30	28	30	22	32
Усовершенствованные облегченные (черный щебень на прочном основании)	28	25	28	20	30
Переходные (щебеночные, гравийные, грунтощебеночные укатанные с поверхностной обработкой)	25	22	25	16	16

Тип дорог и покрытия	Скорость автосамосвалов, км/ч		Скорость автопоездов, км/ч	
	с механической трансмиссией	с электрической трансмиссией	дизельные	дизель-троллейвозы
Проезды в забоях и на отвалах (грунтощебеночные, грунтовые с выравнивающим щебеночным слоем)	16	14	12	12

Время разгрузки, ч, рассчитывают по формуле

$$t_p = n_B \cdot t_p', \quad (8.11)$$

где t_p' – время разгрузки одного вагона (автосамосвала), ч.

Время разгрузки одного вагона грузоподъемностью до 85 т составляет 0,033 ч, грузоподъемностью свыше 85 т – 0,042 ч, время разгрузки автосамосвалов всех марок – 0,017 ч, автопоездов – 0,025 ч.

Сменную производительность подвижного состава, т, вычисляют по выражению

$$Q_T = \frac{T_{см} \cdot K_{и} \cdot n_B \cdot q_{\phi}}{T_{об}}, \quad (8.12)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $K_{и}$ – коэффициент использования сменного времени подвижным составом, $K_{и} = 0,9$.

Этап 2. Установление парка подвижного состава

Выемочно-погрузочные и транспортные машины образуют единый горнотранспортный комплекс. В общем случае под организацией его работы понимают систему мер, направленных на достижение слаженности и ритмичности функционирования экскаваторов и подвижного состава в пространстве и времени. Наиболее трудоемкое и ответственное мероприятие, выполняемое ежемесячно, – рациональное распределение транспортных средств по забоям. Недостаток порожняка вызывает простои экскаваторов, а избыток – простои подвижного состава.

Организационно работу горнотранспортного комплекса осуществляют по закрытому, открытому и комбинированному циклам [3, 12].

При закрытом цикле за каждым экскаватором закрепляют определенное число транспортных единиц, что способствует формированию единых погрузочно-транспортных бригад, оптимизации скоростного режима, вследствие движения по строго определенной трассе. Вместе с тем простои подвижного состава за счет выполнения вспомогательных работ в забое составляют до 10–15 % общего времени смены, а простои экскаваторов из-

за неравномерного движения транспорта достигают 40–60 %. Закрытый цикл широко распространен при использовании автотранспорта, при железнодорожном его применяют редко.

Открытый цикл предполагает подачу порожняка в те забои, где очередь машин, ожидающих погрузки, наименьшая или вовсе отсутствует. За счет снижения организационных простоев возрастают коэффициент использования, производительность экскаваторов и транспортных средств, уменьшается число одновременно находящихся на линии машин. Однако в этом случае резко возрастает нагрузка на диспетчерскую службу, от оперативности которой зависит эффективная работа погрузочно-транспортного комплекса. На карьерах с числом погрузочных экскаваторов более 7 скорость поступления информации транспортному диспетчеру превышает его информационную пропускную способность и затрудняет выбор правильного решения. Часть простоев оборудования (15–20 %) вызвана именно его ошибками. Эту проблему решают путем внедрения автоматизированных систем управления погрузочно-транспортным процессом (АСУ ПТП).

Организация движения автотранспорта по комбинированному циклу распространена на рудных карьерах. В этом случае добычные экскаваторы обслуживают по закрытому циклу, а все вскрышные – по открытому.

Принимая организацию движения по открытому циклу, определяют инвентарный парк локомотивов и вагонов, ед.:

$$N_{\text{ил}} = \frac{(1,15 \div 1,25) \cdot A_{\text{гм}} \cdot K_{\text{ил}}}{N_{\text{р}} \cdot n_{\text{см}} \cdot Q_{\text{т}}}; \quad (8.13)$$

$$N_{\text{ив}} = N_{\text{ил}} \cdot n_{\text{в}} \cdot K_{\text{ив}} \quad (8.14)$$

где $N_{\text{р}}$ – число рабочих дней карьера в течение года, ед.; $n_{\text{см}}$ – количество рабочих смен в течение суток, ед.; $K_{\text{ил}}$ и $K_{\text{ив}}$ – коэффициенты резерва локомотивов и вагонов (табл. 8.4)

Таблица 8.4

Резерв подвижного состава

Локомотивы*		Вагоны*	
Рабочий парк, ед.	Коэффициент резерва	Рабочий парк, ед.	Коэффициент резерва
До 10	1,15	до 60	1,10
11–20	1,14	61–100	1,09
21–40	1,13	101–200	1,08
41–80	1,11	201–1000	1,07
Более 80	1,10	Более 1000	1,06

* По данным «Гипроруды».

Теперь необходимо обосновать целесообразность применения открытого или закрытого цикла движения автосамосвалов и рассчитать рабочий парк автосамосвалов. При организации движения по открытому циклу используют формулу (8.13), исключив коэффициент резерва и принимая две рабочие смены в сутки.

При закрытом цикле рабочий парк автосамосвалов, обслуживающих один экскаватор,

$$N_{p.a} = Q_{э.см} \cdot \gamma / Q_T. \quad (8.15)$$

Суточный пробег автосамосвала, км,

$$L_{сут} = \frac{4 \cdot T_{см} \cdot K_{ис} \cdot L_{тр}}{T_{об}}. \quad (8.16)$$

Теперь следует найти коэффициент технической готовности G (табл. 8.5) и вычислить инвентарный парк автосамосвалов:

- при открытом цикле обслуживания он равен

$$N_{и.а} = N_{p.a} / G, \quad (8.17)$$

- при закрытом цикле обслуживания

$$N_{и.а} = N_{э.п} \cdot N_{p.a} / G, \quad (8.18)$$

где $N_{и.а}$ – инвентарный парк автосамосвалов, ед.; $N_{э.п}$ – инвентарный парк экскаваторов, ед.

Таблица 8.5

Коэффициенты технической готовности автосамосвалов

Грузоподъемность, т	Суточный пробег, км				
	50	100	150	200	250
12–18	0,95	0,90	0,87	0,83	0,80
27–45	0,94	0,88	0,84	0,80	0,76
65–75	0,93	0,86	0,81	0,76	0,72
110–180	0,92	0,86	0,81	0,76	0,72

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите особенности работы карьерного транспорта.
2. Назовите виды карьерного транспорта и охарактеризуйте область их применения.
3. Поясните, в каком случае эксплуатационный расчет колесного транспорта ведут по грузоподъемности транспортного средства, а в каком – по вместимости его кузова.
4. Поясните, как найти продолжительность транспортного цикла (времени оборота) подвижного состава.
5. От чего зависит полезная масса поезда?
6. Перечислите факторы, влияющие на сменную производительность подвижного состава.
7. Охарактеризуйте способы организации движения колесного транспорта. Назовите преимущества и недостатки открытого и закрытого циклов.
8. В чем особенность расчета парка подвижного состава при открытом и закрытом циклах организации движения транспорта?
9. Дайте сравнительную оценку автомобильного и железнодорожного транспорта.
10. Укажите достоинства и недостатки конвейерного транспорта.

Занятие 9. Определение параметров отвальных работ

Цель занятия. Расчет основных параметров и показателей отвальных работ.

Краткое теоретическое введение

Технологический процесс размещения пустых пород, удаляемых при разработке месторождений открытым способом, называется *отвалообразованием*. Отвалообразование вскрышных пород производится на специально отведенных для этих целей площадках, называемых *отвалами*. Отвалы в комплексе с техническими устройствами, средствами механизации составляют отвальное хозяйство карьеров.

Отвал вскрышных пород имеет форму неправильной усеченной пирамиды. Он характеризуется следующими параметрами: высотой и числом уступов (ярусов), углом откоса уступов, результирующим углом откоса отвала, приемной способностью, длиной и способом перемещения отвального фронта работ, размерами в плане и др.

Высота отвального уступа зависит в основном от физико-технических свойств складированных пород и пород, лежащих в основании отвала, а также

от средств механизации отвальных работ. Увеличение высоты отвального уступа и отвала в целом ведет к уменьшению занимаемых площадей под отвала, объема работ по строительству и содержанию транспортных коммуникаций и к увеличению производительности отвального оборудования. Число отвальных уступов определяется в зависимости от площади, отводимой под отвала, и общего объема вскрышных пород. Ограничивающим фактором возможного числа уступов на отвале является общая рациональная высота отвала и несущая способность пород, лежащих в основании отвала. В практике открытых работ имеются отвала с различным числом уступов.

Угол откоса отвальных уступов обычно равен углу естественного откоса пород, размещаемых в отвале. Он зависит от физико-технических свойств пород, их степени разрыхления и влажности и изменяется в пределах 30–40 град.

Процесс отвалообразования включает возведение первоначальных отвальных насыпей, разгрузку и складирование вскрышных пород, планировку поверхности отвала и перемещение транспортных коммуникаций на отвале.

Возведение первоначальных насыпей имеет целью образование необходимого фронта отвальных работ при определенной высоте отвального уступа. Ширина первоначальной насыпи поверху должна составлять 7–10 м с целью обеспечения нормального расположения транспортных коммуникаций.

При возведении отвала на косогоре сначала на его склоне (на отметке поверхности отвала) сооружается горизонтальная площадка для расположения транспортных коммуникаций. Заполнение отвала производится в сторону пониженных отметок. Допустимая высота отвала ограничивается условиями его устойчивости.

При возведении отвала на равнине первоначальная насыпь сооружается из пород выемки, проводимой вблизи насыпи параллельно ее оси, или из вскрышных пород. В зависимости от типа вскрышных пород и вида карьерного транспорта первичная насыпь может сооружаться драглайнами, мехлопатами, бульдозерами и колесными скреперами.

Выбор средств механизации для складирования пород зависит в основном от физико-технических свойств вскрышных пород и видов карьерного транспорта (табл. 9.1) [10].

Отвала бывают *внутренние* и *внешние*. Внутренние отвала располагаются в выработанном пространстве карьера, внешние – за его пределами. Внутренние отвала возможны при разработке месторождения с углом падения не более 12 град. Для перемещения породы во внутренние отвала применяют мощные драглайны с вместимостью ковша 25–80 м³ и длиной стрелы до 100 м (ЭШ-25/100, ЭШ-80/100), механические лопаты с вместимостью ковша 35 м³ и длиной стрелы до 65 м (ЭВГ-35/65, ЭВГ-100/70).

Таблица 9.1

Средства механизации отвальных работ

Транспорт	Средства механизации для складирования пород	
	скальных	рыхлых
Железнодорожный	Мехлопаты, отвальные плуги, бульдозеры	Мехлопаты, драглайны, абзетцеры, бульдозеры
Автомобильный	Бульдозеры	Бульдозеры
Конвейерный	Консольные отвалообразователи	Консольные отвалообразователи и транспортно-отвальные мосты

Внешнее отвалообразование применяется при разработке наклонных и крутонаклонных месторождений. Для складирования пород при транспортировании их на внешние отвалы используются механические лопаты, драглайны, отвальные плуги, абзетцеры и бульдозеры.

Порядок выполнения**Этап 1. Расчет основных параметров экскаваторного отвалообразования**

В соответствии с выбранным видом транспорта следует принять экскаваторный или бульдозерный способ отвалообразования [10].

При использовании железнодорожного транспорта в основном применяется отвалообразование механическими лопатами. Для данного способа отвалообразования высоту отвала можно выбрать по табл. 9.2.

Таблица 9.2

Высота отвалов в зависимости от характера пород и способа отвалообразования

Средства механизации отвальных работ	Породы	Высота отвала, м
Одноковшовые экскаваторы: мехлопаты драглайны	Песчаные	25–30
	Глинистые	15–20
	Скальные	30–45
	Мягкие Крепкие	20–30 30–45
Многочерпаковые экскаваторы (абзетцеры)	Песчаные	40–70
	Супесчаные	30–45
	Глинистые	20–30
Бульдозеры	Мягкие, рыхлые	До 60
	Мягкие	10–15
	Смешанные	15–20
	Крепкие	20–30
Отвальные плуги	Песчаные и скальные	20–25
	Супесчаные	12–15
	Глинистые	7–10

Затем вычисляют сменную приёмную способность отвального тупика, м³:

$$W_c = N_c \cdot n_b \cdot V_\phi. \quad (9.1)$$

Рассчитывают приемная емкость отвального тупика, м³:

$$W_e = c \cdot h_o \cdot L_{o.T} / K_{p.o}, \quad (9.2)$$

где c – шаг переукладки пути, м; h_o – высота отвального уступа, м; $L_{o.T}$ – длина отвального тупика, км, $L_{o.T} = 1,5-2,0$; $K_{p.o}$ – коэффициент остаточного разрыхления пород в отвале, $K_{p.o} = 1,06-1,15$.

Находят шаг переукладки железнодорожного пути на отвале, м:

$$c = 0,95 \cdot R_p + \sqrt{(0,9 \cdot R_q)^2 + \frac{l_6^2}{4}}, \quad (9.3)$$

где R_p – максимальный радиус разгрузки экскаватора (см. прил. 3, 4), м; R_q – максимальный радиус черпания экскаватора (см. прил. 3, 4), м; l_6 – длина приёмного бункера, равная длине вагона по осям автосцепки (см. прил. 7)

Выбирают модель отвального экскаватора, приравнивая его производительность (табл. 9.3) к приемной способности отвального тупика.

Вычисляют необходимое количество отвальных тупиков, ед.:

$$n_o = \frac{(1,15 \div 1,25) \cdot A_b \cdot (1 + t_{пр} \cdot W_c / W_e)}{W_c \cdot n_{см} \cdot N_p}, \quad (9.4)$$

где $t_{пр}$ – продолжительность переукладки пути на отвальном тупике, см.

При тупиковой переукладке путей $t_{пр}$ составляет 18,5–20,5 смен на 1 км пути.

Таблица 9.3

Сменная производительность отвальных экскаваторов

Экскаватор	Песчаные породы*	Суглинки*		Глинистые породы*		Полу-скальные породы*	Скальные породы*
		нормальные	вязкие	нормальные	вязкие		
ЭКГ-5	3500	3050	2200	2500	1800	2450	2050
ЭКГ-8и	4850	4350	3300	3600	2600	3550	2900
ЭКГ-12,5	6650	6000	4450	4900	3550	4750	3850
ЭКГ-20	9850	9300	6900	7400	4200	7200	4500
ЭШ-5/45	2050	1800	1450	1650	1250	–	–
ЭШ-10/70	3400	3000	2350	2750	2000	–	–

* По данным «Гипроруды».

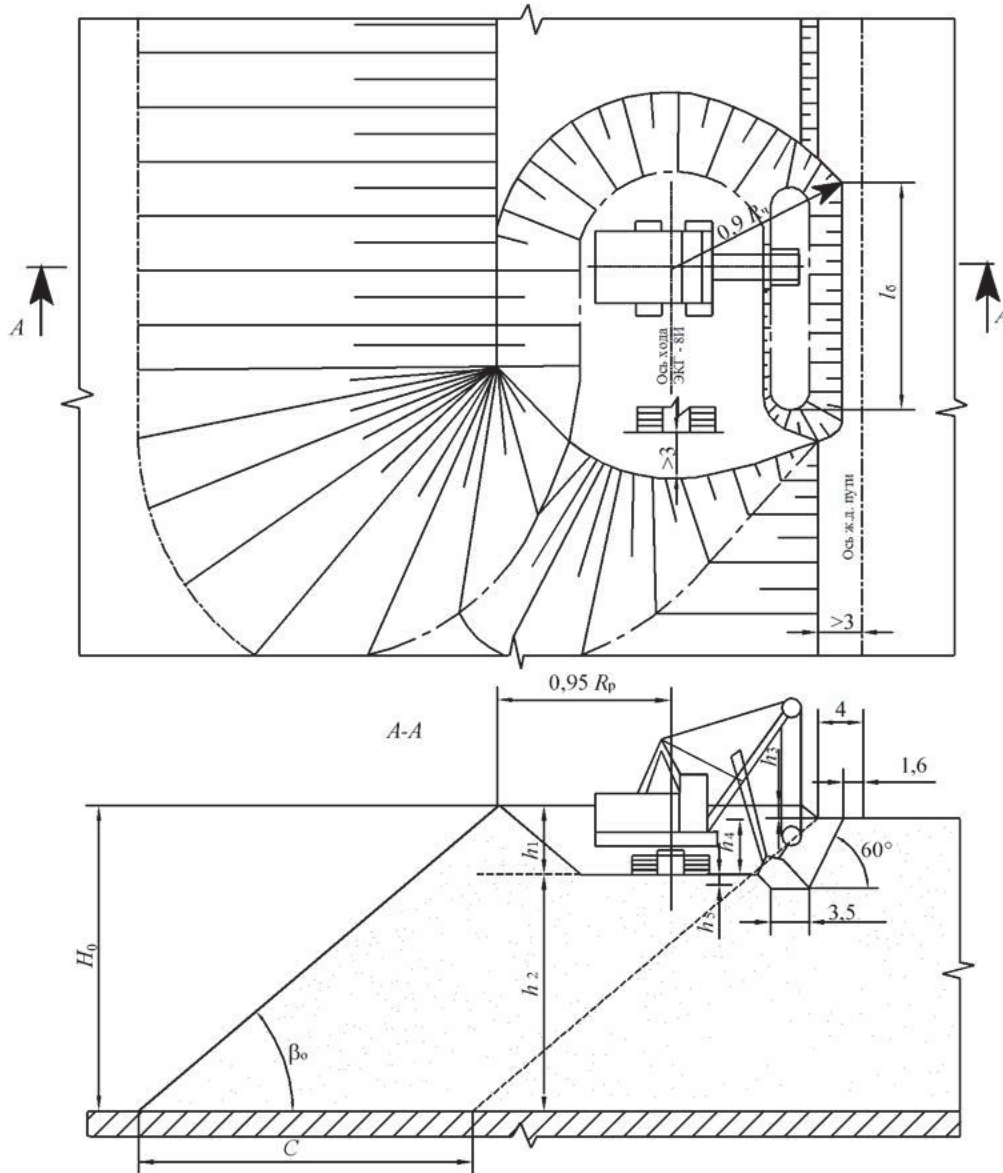


Рис. 9.1. Схема отвалообразования с использованием мехлопаты

Рассчитывают инвентарный парк отвальных экскаваторов. ед.:

$$N_{30} = (1,05 \div 1,1) \cdot n_0 \quad (9.5)$$

Чертят в масштабе схему экскаваторного отвалообразования (рис. 9.1, 9.2).

Этап 2. Расчет основных параметров бульдозерного отвалообразования

При автотранспорте применяется бульдозерное отвалообразование.

Расчет бульдозерного отвалообразования необходимо произвести в приведенной ниже последовательности [12].

Выбирают высоту отвала (табл. 9.4).

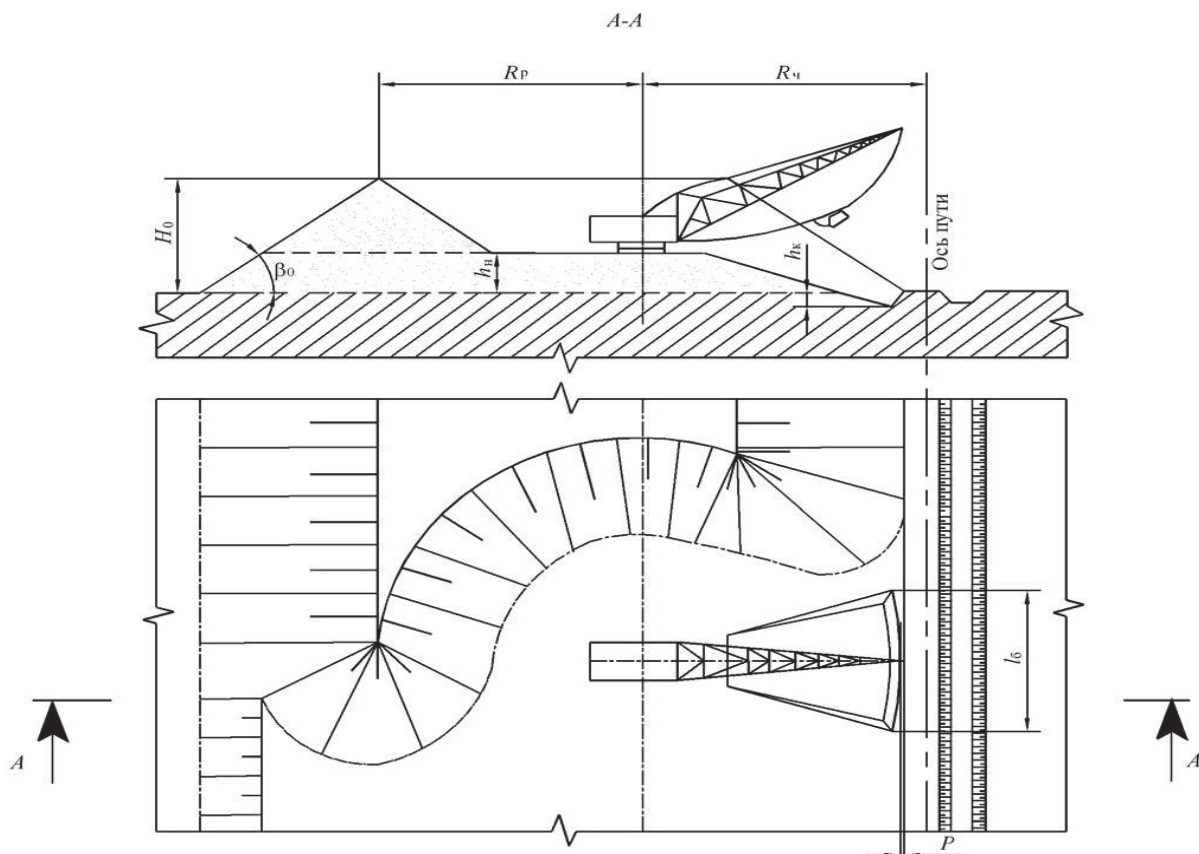


Рис. 9.2. Схема отвалообразования с использованием драглайна

Таблица 9.4

Сменная производительность отвальных бульдозеров, м³

Расстояние перемещения, м	ДЗ-100, ДЗ-110ХЛ (Д-275А)	ДЗ-35 (Д-521А)	ДЗ-118 (Д-572)	ДЗ-60, ДЗ-60ХЛ (Д-701)
Скальные породы, м ³ /см *				
10	1000	1300	1500	1700
15	800	1100	1200	1400
20	550	750	800	1000
25	350	500	550	750
30	250	350	400	500
Рыхлые породы, м ³ /см *				
10	1500	1900	2200	2400
15	1200	1600	1800	2000
20	800	1100	1250	1350
25	550	750	850	950
30	400	580	600	700

* По данным «Гипроруды».

Определяют удельную приемную способность отвала, м³/м:

$$W_o = V_\phi \cdot \lambda / b_a, \quad (9.6)$$

где λ – коэффициент кратности разгрузки по ширине кузова автосамосвала, $\lambda = 1,5$; b_a – ширина кузова автосамосвала (см. прил. 8), м.

Вычисляют длину отвального участка по условиям планировки, м:

$$L_{оп} = Q_{б.о} / W_o, \quad (9.7)$$

где $Q_{б.о}$ – сменная производительность отвального бульдозера (табл. 9.4), м³.

Определяют количество автосамосвалов, разгружающихся в течение часа на отвале, ед.:

$$N_a = \frac{(1,15 \div 1,25) \cdot A_B}{N_p \cdot n_{см} \cdot T_{см} \cdot V_\phi}. \quad (9.8)$$

Определяют количество одновременно разгружающихся автосамосвалов, ед.:

$$N_{a.o} = \frac{N_a \cdot t_p}{60}. \quad (9.9)$$

Вычисляют длину отвального участка по условиям беспрепятственной разгрузки автомашин, м:

$$L_{ор} = N_{a.o} a_o, \quad (9.10)$$

где a_o – ширина полосы, занимаемой автосамосвалом при погрузке и маневрировании, м, $a_o = 20-30$.

Рассчитывают объем бульдозерных работ на отвале, м³:

$$W_б = \frac{(1,15 \div 1,25) \cdot A_B \cdot K_{зав}}{N_p \cdot n_{см}}, \quad (9.11)$$

где $W_б$ – сменный объем бульдозерных работ на отвале, м³; $K_{зав}$ – коэффициент заваленности верхней площадки отвала, $K_{зав} = 0,3-0,6$.

Вычисляют общую необходимую длину отвального фронта, м:

$$L_{o.ф} = (N_{a.o} + W_б / Q_{б.о} + N_{o.рез}) \cdot L_{o.y}, \quad (9.12)$$

где $N_{o.рез}$ – число резервных участков $N_{o.рез} = (0,5-1,0) \cdot N_{a.o}$; $L_{o.y}$ – наибольшее из значений длины отвального участка по условиям разгрузки $L_{o.p}$ и планировки $L_{o.п}$.

Находят инвентарный парк отвальных бульдозеров:

$$N_{б.о} = K_{инв} \cdot W_б / Q_{б.о}, \quad (9.13)$$

где $K_{инв}$ – коэффициент, учитывающий ремонтный и резервный парк бульдозеров, $K_{инв} = 1,4$.

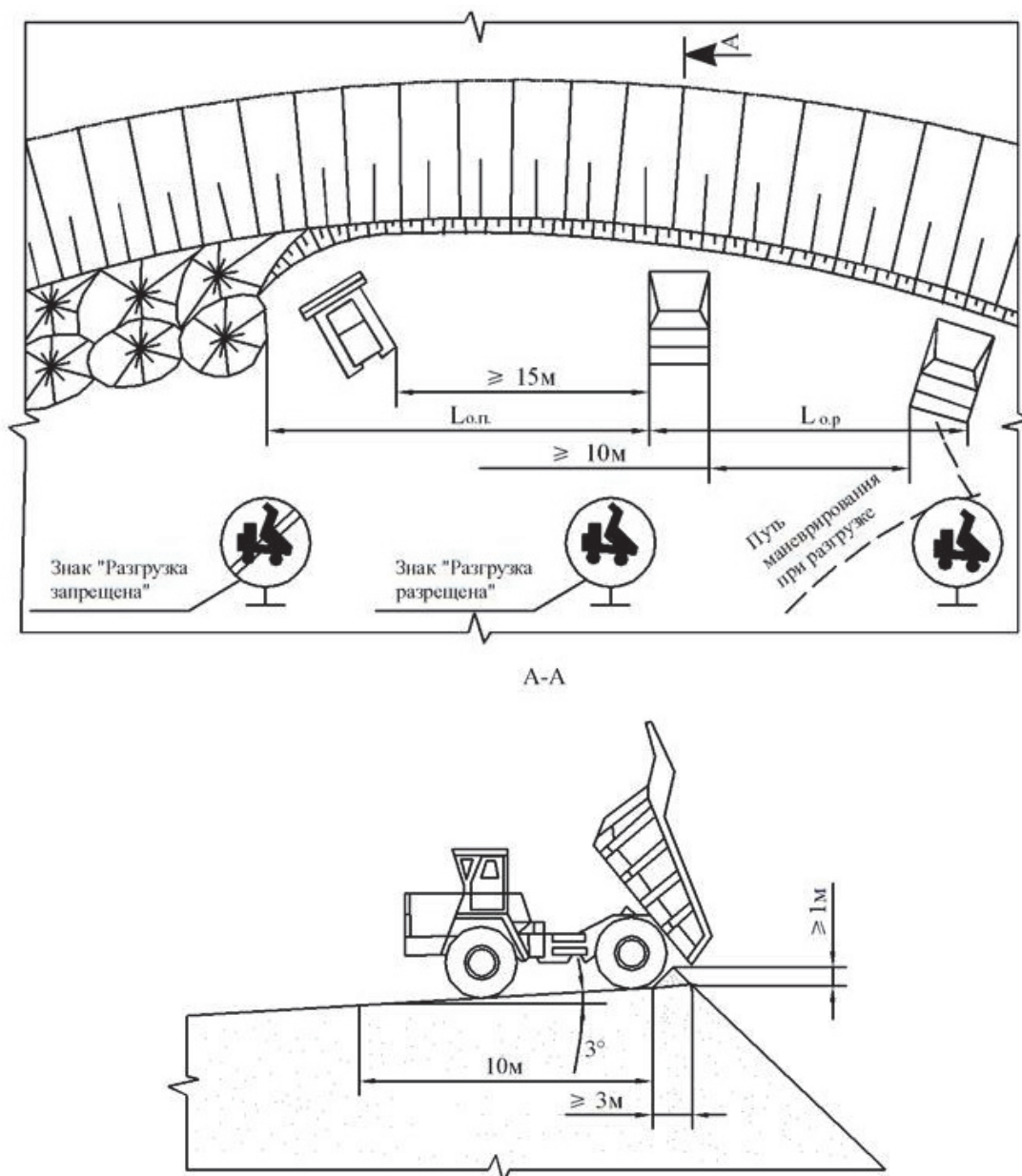


Рис. 9.3. Схема бульдозерного отвалообразования при использовании автомобильного транспорта

Чертят в масштабе схему бульдозерного отвалообразования (рис. 9.3).

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07-2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте классификацию отвалов в зависимости от места их расположения относительно контуров карьера.
2. Чем отличается приемная емкость от приемной способности отвала?
3. От чего зависит высота отвального яруса и шаг переукладки путей на отвале?
4. Перечислите способы механизации отвальных работ при перемещении вскрыши железнодорожным транспортом.
5. Какие факторы влияют на приемную емкость и приемную способность отвального тупика?
6. Поясните, как выбирается тип отвального экскаватора.
7. Опишите технологию работ на бульдозерных отвалах при перевозке вскрыши автосамосвалами.
8. Перечислите факторы, влияющие на общее число отвальных тупиков.
9. Поясните, каким образом можно регулировать количество автосамосвалов, одновременно разгружающихся на отвале.
10. Как определить объем бульдозерных работ на отвале?

ВСКРЫТИЕ КАРЬЕРНЫХ ПОЛЕЙ И СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

Занятие 10. Вскрытие рабочих горизонтов карьера

Цель занятия. Выбрать схему вскрытия рабочих горизонтов карьера и форму трассы траншей для конкретных горнотехнических условий разработки месторождения. Получить навыки в установлении (трассировании) пространственного положения и направления продольной оси системы наклонных траншей.

Краткое теоретическое введение

При разработке месторождений открытым способом возникает необходимость создания транспортной связи отдельных забоев с внутренними и внешними отвалами, складами полезного ископаемого, приемными пунктами потребителей. Комплекс работ по обеспечению грузотранспортных связей называют *вскрытием*. Различают способ, схему и систему вскрытия [11].

Способ вскрытия характеризуется типом вскрывающих выработок. В большинстве случаев для вскрытия рабочих горизонтов карьера применяют открытые горные выработки. Реже вскрытие осуществляется подземными горными выработками (стволы, штольни, рудоспуски и др.), а также сочетанием открытых и подземных горных выработок. В некоторых случаях вскрытие отдельных горизонтов карьера может осуществляться и без проведения горных выработок (при применении башенных экскаваторов, кабельных кранов, деррик-кранов, драг и др.). Такое вскрытие называется *бестраншейным*.

Схема вскрытия – это совокупность всех вскрывающих горных выработок, обеспечивающих в данный период грузотранспортную связь рабочих горизонтов карьера с горизонтами доставки горной массы. Схема вскрытия характеризуется типом, числом и пространственным положением вскрывающих выработок при фактическом положении горных работ.

Система вскрытия – это последовательность изменения схем вскрытия за период существования карьера. Система вскрытия характеризует совокупность применяемых способов и схем вскрытия рабочих горизонтов карьерного поля за период разработки месторождения в целом.

Вскрывающими выработками на открытых горных работах служат траншеи, полутраншеи и котлованы.

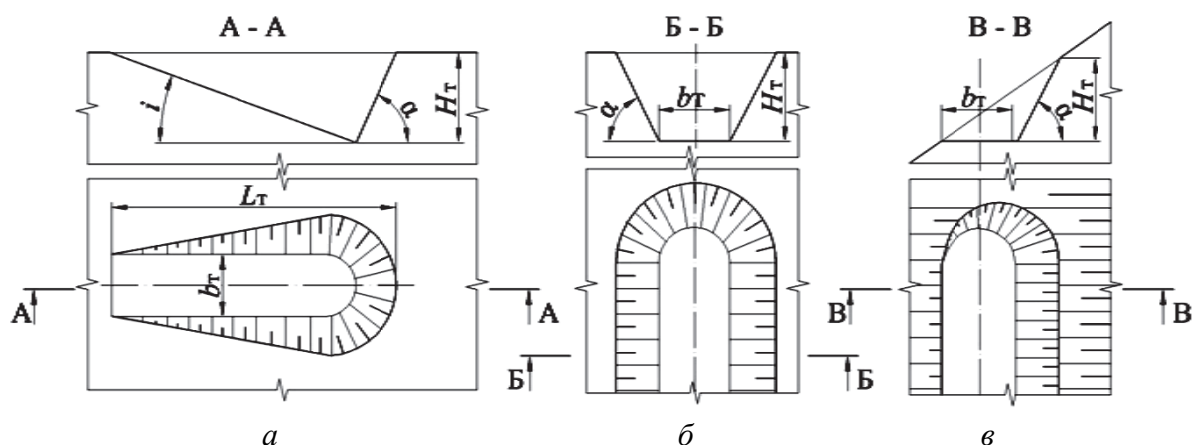


Рис. 10.1. Открытые горные выработки траншеи: а – вскрывающая траншея; б – разрезная траншея; в – разрезная полутраншея; H_t – глубина заложения траншеи; i_p – продольный руководящий уклон; α – углы откоса бортов; b_t – ширина траншеи по нижнему основанию; L_t – длина траншеи в плане

Вскрытие равнинных месторождений и смежных горизонтов карьера ведут траншеями полного трапецевидного профиля (рис. 10.1, а, б). Высотные месторождения вскрывают полутраншеями (рис. 10.1, в).

На практике часто встречаются траншеи, связанные в единую транспортную сеть, которая образует систему траншей.

Профессор Е. Ф. Шешко классифицировал траншеи по их расположению относительно контура карьера, числу обслуживаемых уступов в карьере, основному назначению и стационарности траншей (табл. 10.1).

Капитальные траншеи располагают за конечным контуром карьера или внутри его. В первом случае они являются внешними, во втором – внутренними.

Таблица 10.1

Классификация траншей по их расположению

Признак разделения	Основное различие	Наименование траншеи
Расположение траншей относительно контура карьера	Расположение вне контура	Внешние
	Расположение внутри карьера	Внутренние
Число уступов обслуживаемых системой траншей	Один уступ	Отдельные
	Несколько (группа) уступов	Групповые
	Все уступы карьера	Общие
Основное назначение	Для прохода груза и порожняка	Одинарные
	Для прохода только груза и только порожняка	Парные
Стационарность	Постоянное положение траншей	Стационарные (капитальные)
	Временное положение траншей	Временные (скользящие)

Внешними траншеями обычно вскрывают неглубокие горизонты карьера при относительно небольшом объеме капитальных траншей.

Внутренние траншеи применяют для вскрытия глубоких горизонтов карьера. Часто внутренние траншеи применяются совместно с внешними и являются их продолжением.

Отдельные, групповые, общие и парные траншеи могут иметь внутреннее или внешнее заложение. Отдельные траншеи при внешнем и внутреннем заложении являются независимыми как по взаимному расположению относительно контура карьера, так и по направлению следующих по ним грузов. Грузопотоки при этом можно полностью рассредоточить. Групповые и общие траншеи являются зависимыми: первые – в пределах своей группы, вторые – в пределах всего карьера.

Отдельные, групповые и общие траншеи обычно служат как для прохода груза, так и для подачи порожняка. Они называются одинарными. Иногда траншеи, предназначенные для выдачи груза из карьера, являются независимыми от траншей, предназначенных для прохода порожняка в карьер. Такие траншеи называются парными. Тогда каждый вскрытый горизонт имеет два пути, соединяющие его с поверхностью: один для приема порожняка и другой – для отправки груза. Достижимая при этом поточность движения в работе транспорта создает большую пропускную способность капитальных траншей и лучшее обеспечение забоев порожняком по сравнению с одинарными траншеями, когда движение груза и порожняка является встречным.

Внешние траншеи всегда являются стационарными, так как всегда технически возможно разместить их за конечным контуром карьера. Внутренние капитальные траншеи располагают по возможности стационарно – на нерабочем борту карьера. Однако они могут быть расположены и на рабочем борту. Такие траншеи не являются стационарными и носят название скользящих съездов. Они время от времени перемещаются вместе с рабочим бортом соответственно его отработке.

Способы вскрытия месторождений по классификации профессора Е. Ф. Шешко подразделяются по признаку наличия, положения, количества и назначения капитальных горных выработок как транспортных коммуникаций [12].

Порядок выполнения

Этап 1. Обоснование параметров траншеи

В соответствии с вариантом индивидуального задания и выбранного горно-транспортного оборудования (см. занятие 4) дать описание способа вскрытия рабочих горизонтов карьера по классификации профессора Е. Ф. Шешко (см. табл. 10.1).

Необходимо установить основные параметры траншеи: глубину заложения H_T , продольный уклон i_p , углы откоса бортов α , ширину по нижнему основанию b_T) длину в плане L_T и горно-строительный объем V_T (см. рис. 10.1).

Глубина заложения траншей равна разности заложения ее устья и вскрываемого рабочего горизонта. При вскрытии одного горизонта, глубина траншеи равна высоте уступа. Продольный уклон капитальных траншей (скользящего съезда) устанавливается в зависимости от вида карьерного транспорта (табл. 10.2).

Угол откоса бортов капитальных траншей устанавливается в зависимости от срока ее службы и физико-технических свойств горных пород. В мягких и полускальных породах составляет $34-45^\circ$. В скальных породах его значение принимается в пределах $60-80^\circ$.

Таблица 10.2

Продольный уклон вскрывающих выработок

Траншея	Вид транспорта	Продольный уклон траншей, %	
		при подъеме	при спуске
Наклонные	Железнодорожный	2,5–6	2,5–6
	Автомобильный	6–10	8–12
Крутые	Конвейерный	25–33	–
	Скиповой	55–100	–

Длина наклонной траншеи в плане связана с ее глубиной и продольным уклоном:

$$L_T = \frac{100 \cdot H_T}{i_p}, \quad (10.1)$$

где i_p – руководящий (продольный) уклон, %.

Длину разрезной траншеи находят в зависимости от размеров подготовительного горизонта и принятой системы разработки.

В соответствии с заданным видом транспорта по табл. 10.3–10.5 следует выбрать ширину траншеи по дну.

Затем проводят проверку ширины основания траншеи по условиям ее проведения (табл. 10.6)

Сравнивают табличные значения ширины нижнего основания траншеи и принимают наибольшее из них.

После этого вычисляют объем капитальной наклонной траншеи, m^3 :

$$V_T = \frac{100 \cdot H_T^2 \cdot (b_T / 2 + H_T / 3 \cdot \operatorname{tg} \alpha)}{i_p}. \quad (10.2)$$

Таблица 10.3

Ширина нижнего основания капитальных траншей
для железнодорожного транспорта

Породы	Один путь, м		Два пути, м	
	Электровозная тяга	Тепловозная тяга	Электровозная тяга	Тепловозная тяга
Мягкие	13	12	18	16
Скальные	11	10	15	14

Таблица 10.4

Ширина нижнего основания капитальных траншей
при двухполосном движении автотранспорта

Породы	Грузоподъемность автосамосвала, т		
	27–40	75–120	120–180
	Ширина основания капитальной траншеи, м		
Мягкие	25–26	30–35	35–37
Скальные	20–21	27–32	32–37

Таблица 10.5

Ширина нижнего основания разрезных траншей
в скальных породах

Высота уступа, м	Ширина основания траншеи, м					
	Автомобильный транспорт		Железнодорожный транспорт			
	Грузоподъемность, т		Один путь		Два пути	
	25–40	75–100	электро-возная тяга	тепловозная тяга	электро-возная тяга	тепловозная тяга
10	28	35	22	21	27	25
15	33	40	26	25	31	29
20	38	45	31	30	36	34

Рассчитывают строительный объем разрезной траншеи, м³:

$$V_{p.t} = h \cdot L_{p.t} \cdot (b_{p.t} + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha), \quad (10.3)$$

где $L_{p.t}$ – длина разрезной траншеи, м; $b_{p.t}$ – ширина нижнего основания разрезной траншеи (табл. 10.5), м.

Выполняют графическое изображение вскрывающей траншеи с указанием основных ее параметров (рис. 10.1).

Таблица 10.6

Ширина нижнего основания капитальной траншеи
в зависимости от типа экскаватора применяемого для ее проходки, м

Угол откоса борта траншеи, град.	Тип экскаватор	
	ЭКГ-5А	ЭКГ-8и (ЭКГ-10)
50	12	15
60	14	17
70	15	19
80	17	20

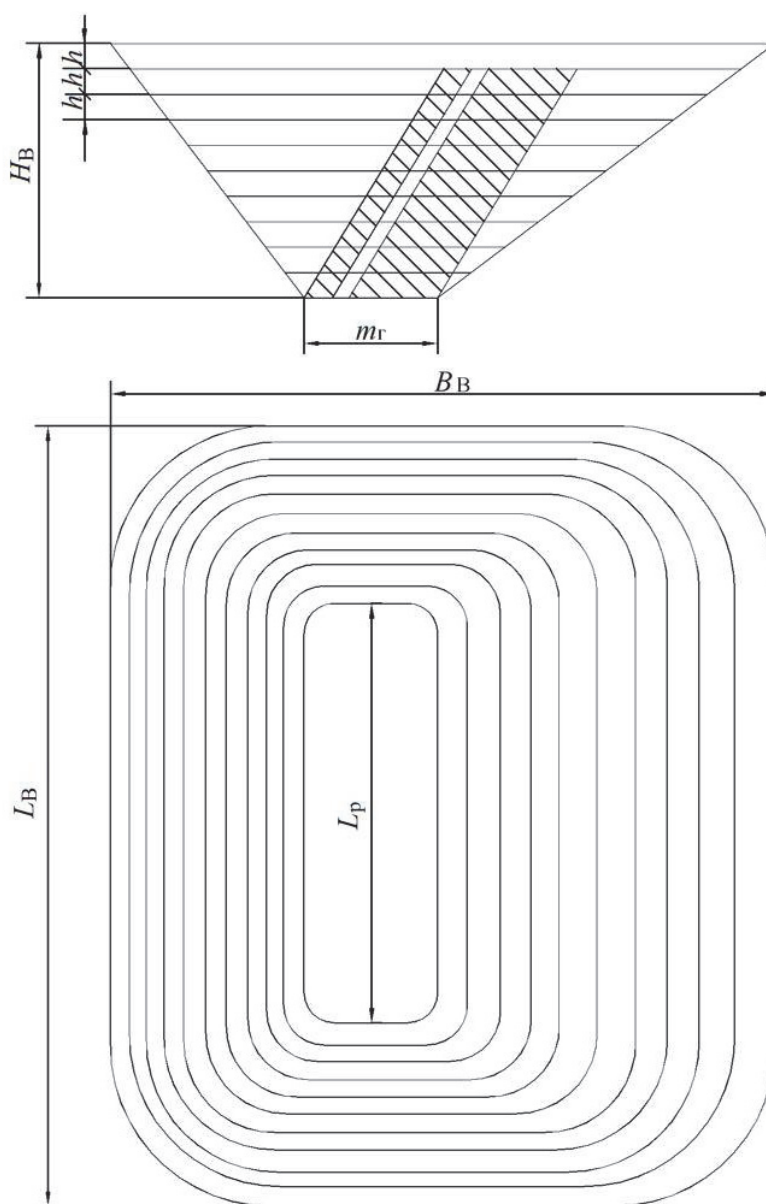


Рис. 10.2. План и поперечный разрез карьера,
с положением нижних бровок уступов

Этап 2. Построение конечного положения бортов карьера

Строят поперечный разрез карьера по образцу (см. рис. 3.1) и план карьера в виде горизонталей, показывающих положение нижних бровок соответствующих уступов (рис. 10.2). Минимальные радиусы закругления в торцах принимают равными 120 м при железнодорожном транспорте и 20 м – при автомобильном и конвейерном транспорте [16].

Этап 3. Построение трассы внутренних вскрывающих траншей

Линия, определяющая путь движения или продольную ось дороги, называется *трассой*. Трассой капитальных траншей считают их продольную ось. Трассирование заключается в установлении направления и положения продольной оси в профиле и плане [11]. Положение продольной оси капитальных траншей в профиле представляет проекцию указанной оси на вертикальную плоскость. Оно в значительной мере оказывает влияние на строительные и эксплуатационные стоимости капитальных траншей как транспортных коммуникаций. Продольный профиль трассы включает наклонные и горизонтальные участки, а также участки сопряжения между ними. Важным элементом продольного профиля трассы является конструкция пункта примыкания наклонных участков к рабочим горизонтам. Различие возможных вариантов примыкания определяется условиями трогания транспортных средств при их вынужденной остановке. Поэтому различают примыкание на руководящем подъеме, смягченном подъеме и горизонтальных площадках (рис. 10.3).

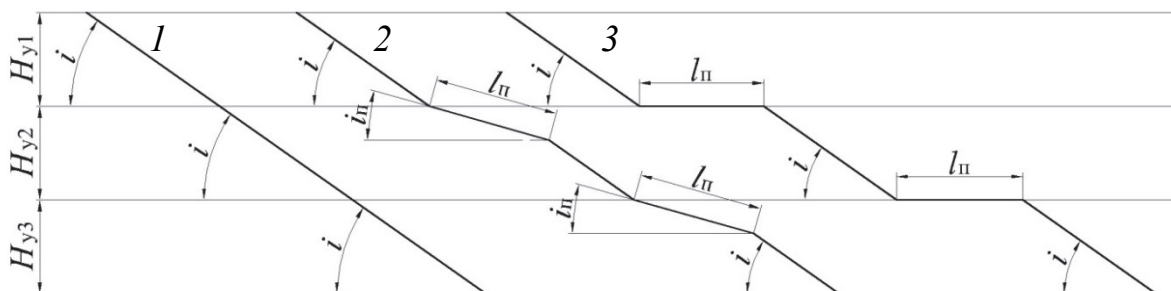


Рис. 10.3. Схемы примыкания капитальных траншей к рабочим горизонтам:
1 – на руководящем подъеме; 2 – на смягченном подъеме;
3 – на горизонтальной площадке

В случае примыкания на руководящем подъеме i_p обеспечивается минимальная длина трассы и минимальный объем системы капитальных траншей. Однако при этом вынужденная остановка транспортных средств происходит непосредственно на участке с руководящим подъемом, поэтому для движения поездов на таком продольном профиле требуется увеличение мощности локомотива на 10–15 %. Для облегчения трогания и раз-

гона составов предусматривают уменьшение подъема капитальной траншеи до $i_{см} = (0,60-0,65) \cdot i_p$ при подходе к лежащему выше рабочему горизонту. Длина смягченного участка трассы l_c составляет 200–250 м. Наиболее распространено примыкание на горизонтальных площадках, оно просто в конструктивном отношении и удобно при эксплуатации. Длина горизонтальной площадки $l_{п}$ зависит от конструкции раздельных пунктов и обычно составляет 200–250 м.

Выбирают вид примыкания капитальных траншей к горизонту.

Определяют длину трассы, необходимой для вскрытия одного горизонта, м:

$$l_{в} = \frac{100 \cdot h}{i_p} + l_{п} + l_{к} + l_{с}, \quad (10.4)$$

где h – высота уступа, м; $l_{п}$ – длина горизонтальной площадки примыкания (при автомобильном транспорте $l_{п} = 40-50$ м, при железнодорожном транспорте $l_{п} = 200-250$ м), м; $l_{к}$ – увеличение длины трассы за счет криволинейных участков (учитывается при спиральной форме трассы), м; $l_{с}$ – приращение длины трассы за счет смягчения уклона ($l_{с}$ составляет 200–250 м, учитывается только в случае примыкания на смягченном уклоне, при этом $l_{п} = 0$), м.

План трассы капитальных траншей представляет проекцию ее продольной оси на горизонтальную плоскость. План трассы состоит из прямых и кривых участков, а также из переходных кривых, которые устраиваются в местах сопряжения кривых с прямыми. На геометрическое построение плана трассы основное влияние оказывают конфигурация месторождения и допустимый радиус кривых, устанавливаемый применительно к типу трассы, может быть простым (если трасса имеет одно направление по всей своей длине) и сложным (если трасса состоит из прямых и противоположных направлений). Основные формы плана трассы приведены на рис. 10.4.

С учетом формы залежи выбирают форму трассы внутренних траншей.

На построенном плане карьера (см. рис. 10.2) проектируют трассу вскрывающих траншей (рис. 10.5). Построение трассы простой формы ведут при фиксированном положении точки А (начала трассы). При трассировании траншей тупиковой или петлевой формы допускается вскрывать несколько горизонтов без изменения направления трассы. Во избежание значительного выполаживания бортов карьера разворотные площадки при петлевых съездах целесообразно размещать в торцах и сдвигать смежные петли по фронту, не допуская расположения их на одной линии.

Построение системы траншей со спиральной формой трассы производят с учетом увеличения длины трассы за счет криволинейных участков.

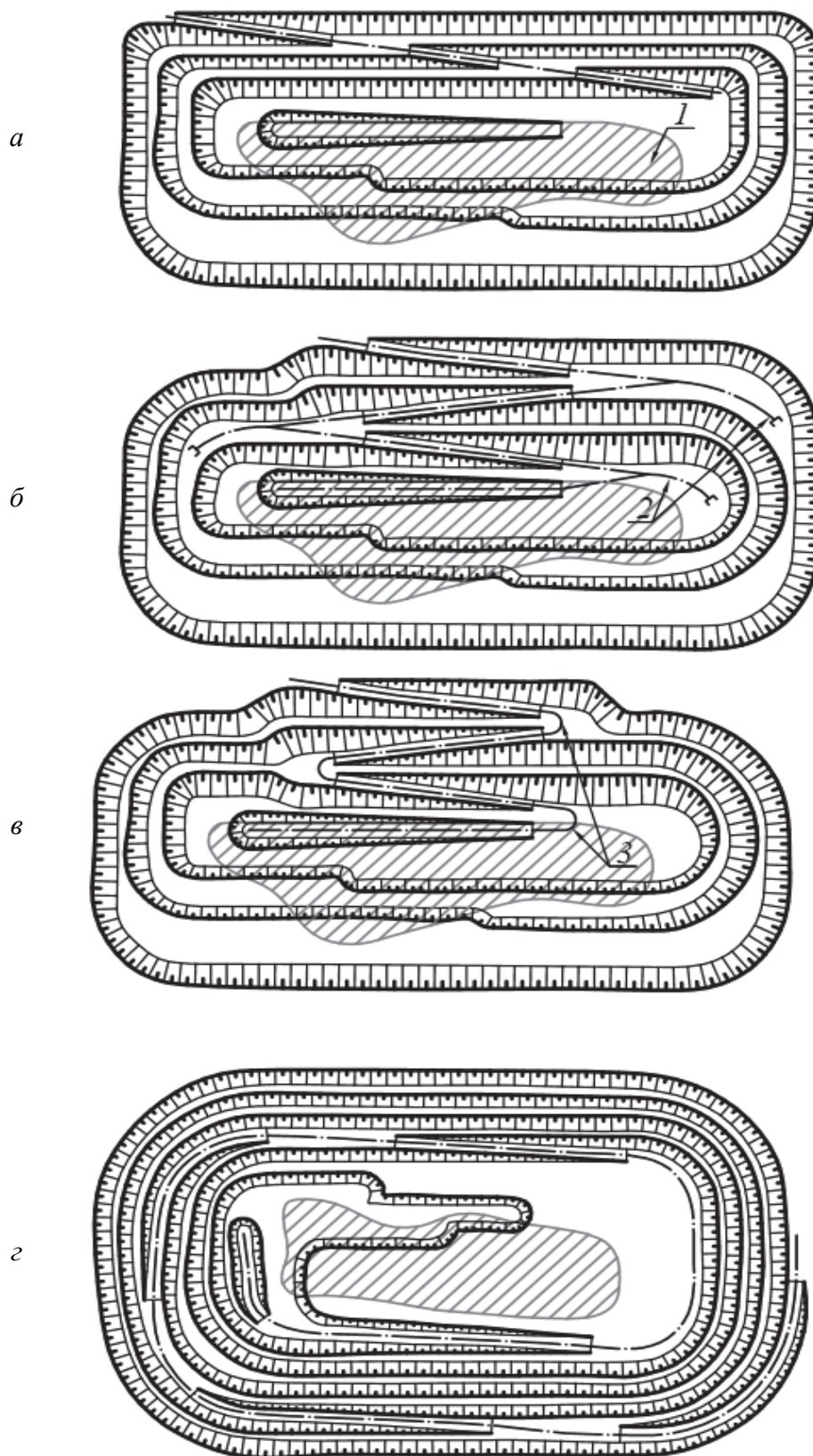


Рис. 10.4. Формы трасс капитальных траншей: а – простая; б – тупиковая; в – петлевая; г – спиральная; 1 – рудное тело; 2 – тупик; 3 – петля

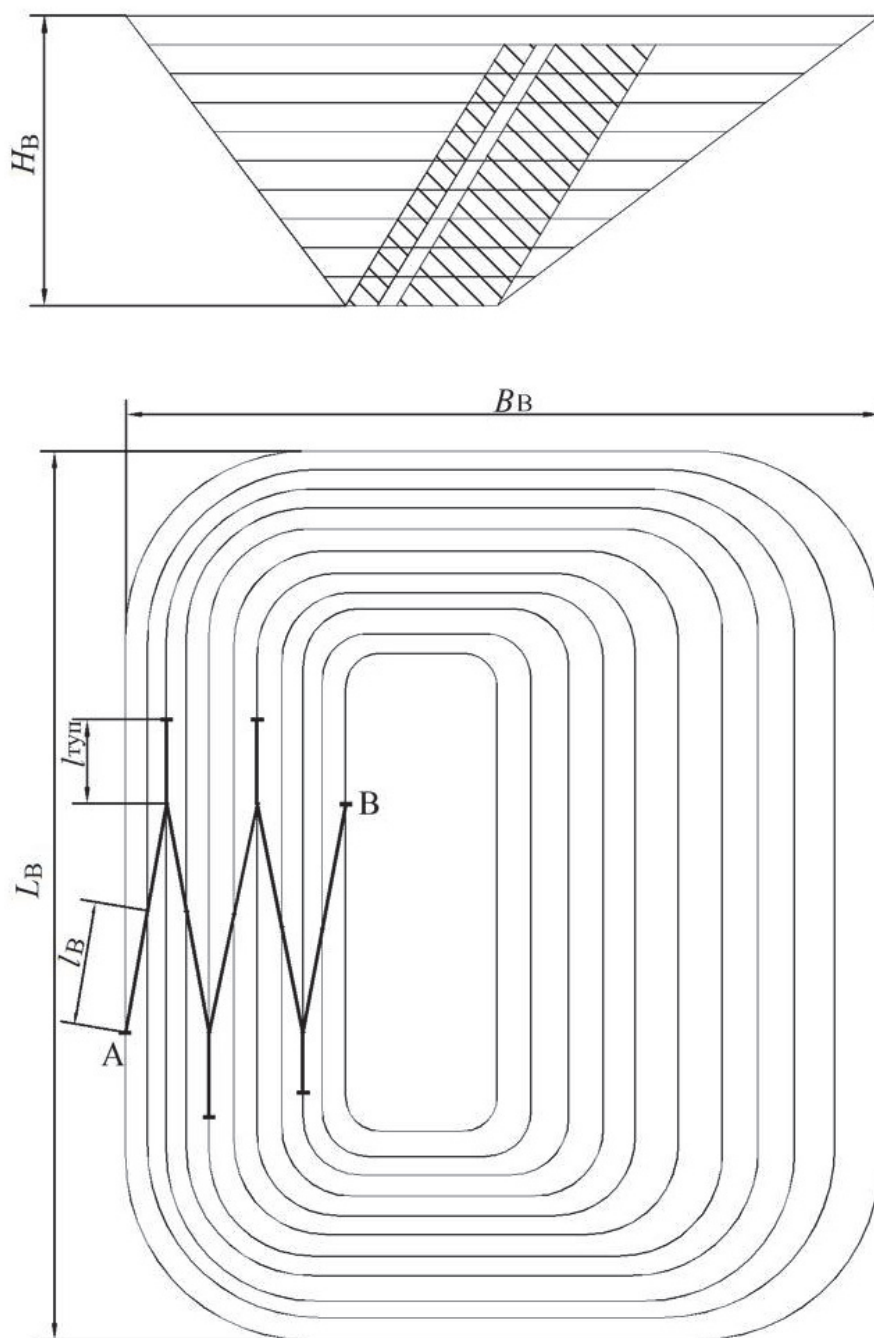


Рис. 10.5. Система внутренних траншей с тупиковой формой трассы

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Сформулируйте цель вскрытия месторождения.
2. Перечислите открытые горные выработки и укажите их основные параметры.
3. Как подразделяются траншеи по величине продольного уклона?
4. Поясните, из каких соображений устанавливают продольный уклон траншеи.
5. Сформулируйте, в чем различие между вскрывающими и разрезными траншеями.
6. Поясните, из каких соображений устанавливают глубины внутренней траншеи.
7. Перечислите виды примыкания капитальных траншей к рабочим горизонтам.
8. Что называется трассой?
9. Как определить коэффициент удлинения трассы?
10. Дайте классификацию траншей по форме их трасс в плане.
11. Укажите способы вскрытия карьерных полей.
12. Что понимается под схемой вскрытия?
11. Поясните сущность и условия применения способов вскрытия отдельными, групповыми и общими траншеями.
12. Когда применяется способа вскрытия парными траншеями.
13. Поясните сущность и условия применения бестраншейного способа вскрытия.
14. Поясните сущность и условия применения способа вскрытия подземными выработками.
15. Назовите факторы, влияющие на выбор способа вскрытия и места расположения вскрывающих выработок.

Занятие 11. Расчет основных параметров системы разработки

Цель занятия. Приобретение навыков классифицировать систему разработки для конкретных горнотехнических условий разработки месторождения, расчета основных параметров принятой системы разработки.

Краткое теоретическое введение

Понятие «система» (от греч. *sestema* – целое, составленное из частей) – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство. Разнообразие горно-геологических условий, сочетаний горных и транспортных машин в ком-

плексной механизации горных работ, технологий и их совершенствование определило большое число классификаций систем разработки. В процессе развития открытых горных работ и горной науки в основу классификации систем открытой разработки закладывались направление подвигания забоев и взаимное расположение капитальных и разрезных траншей, направление подвигания забоев с учетом способа механизации работ, способы механизации работ, транспорта горной механизации и отвалообразования, порядок образования выработанного пространства в карьере в зависимости от способа механизации вскрышных и добычных работ применительно к конкретным условиям залегания полезных ископаемых. Из всего многообразия классификаций систем разработки можно выделить два основных типа, основными классификационными признаками которых являются: направления подвигания забоев и конструкции фронта работ (А. П. Зотов, С. М. Шорохов, Г. В. Секисов, В. В. Ржевский, А. И. Арсентьев и др.) [11]; способ производства вскрышных работ и механизация выемки и доставки пород (Е. Ф. Шешко, Н. В. Мельников, П. Э. Зурков и др.) [12, 17]. Однако ни одна классификация не может охватить всего разнообразия условий залегания месторождений, возможных конструкций фронта и направлений его перемещения. Поэтому возникает необходимость описания сущности применяемой системы разработки, используя комбинации основных признаков. Наибольшее применение в горнотехнической литературе и практике получили классификации систем разработки, предложенные академиками Н. В. Мельниковым и В. В. Ржевским.

В 1952 г. академик Н. В. Мельников предложил классификацию систем разработки, в основу которой положен способ производства вскрышных работ. По этой классификации выделяются следующие системы разработки: бестранспортная, экскаватор – карьер, транспортно-отвальная, специальная, транспортная и комбинированная (табл. 11.1).

Основные производственные черты этих систем открытой разработки определяются способами ведения вскрышных работ, когда преобладающая роль обычно принадлежит перемещению пустых пород, что имеет место при разработке угольных и рудных месторождений, для которых характерны значительные объемы вскрышных пород в общем карьерном грузопотоке. Однако имеется значительная группа карьеров, для которых технологическое и экономическое влияние вскрышных работ не имеет существенного значения. К этой группе относятся карьеры с относительно небольшим объемом вскрышных пород. К их числу относится большое количество карьеров, разрабатывающих строительные горные породы (несколько тысяч).

На карьерах с низким коэффициентом вскрыши преобладающее значение имеют затраты на добычные работы. Эти затраты еще больше уве-

личиваются при необходимости применения на карьерах способов раздельной выемки полезного ископаемого, которая усложняет производство добычных работ, приводит к некоторому перераспределению объемов вскрышных пород и полезного ископаемого, оказывает значительное влияние на технологию разработки месторождения. В этих условиях наиболее полно условиям разработки соответствует классификация В. В. Ржевского, в основу которой положено направление выемки в пределах всей рабочей зоны карьера (табл.11.2) [11].

Таблица 11.1

Классификация систем открытой разработки месторождений

Системы разработки	Характеристика систем	Условия применения	Применяемое оборудование
Бестранспортная (без переэкскавации или с переэкскавацией вскрыши на отвалах)	Вскрыша перемещается во внутренние отвалы непосредственно экскаваторами (возможна переэкскавация пород на отвалах)	Горизонтальные и пологие месторождения, где мощность покрывающих пород ограничена рабочими размерами экскаваторов. Наклонные и крутые месторождения при мягких вмещающих породах и глубине карьера, позволяющей производить двойную и тройную переэкскавацию	Мехлопаты и драглайны с большими рабочими размерами
Экскаватор-карьер	Вскрышные и добычные работы производятся одним драглайном попеременно. Вскрыша переваливается в выработанное пространство, полезное ископаемое грузится в передвижной бункер, устанавливаемый на поверхности, или в навал; из бункера полезное ископаемое поступает на конвейер или в средства железнодорожного транспорта	Горизонтальные и пологие месторождения ограниченной мощности (до 25 м) при покрывающих породах мощностью до 30 м	Драглайн, передвижной бункер с питателем, мехлопата для погрузки из навала

Системы разработки	Характеристика систем	Условия применения	Применяемое оборудование
Транспортно-отвальная	Вскрыша перемещается во внутренние отвалы при помощи транспортно-отвальных мостов или отвалообразователей	Горизонтальные и пологие месторождения с мягкими покрывающими породами	Цепные, роторные экскаваторы, мехлопаты, транспортно-отвальные мосты, передвижные консольные отвалообразователи
Специальная	Вскрыша удаляется башенными экскаваторами, колесными скреперами, гидро-механизированным способом или кабель-краном	Горизонтальные и пологие месторождения с мягкими покрывающими породами. При применении кабель-кранов в условиях крутых пластов в крепких породах	Кабельные экскаваторы, колесные скреперы, гидромониторы и землесосные установки, кабель-краны
Транспортная	Вскрыша перемещается транспортными средствами на внутренние или внешние отвалы	Месторождения различной формы с породами любой крепости	Экскаваторы любых типов и рельсовый, автомобильный или конвейерный транспорт
Комбинированная	Комбинация различных систем	Горизонтальные и пологие месторождения ограниченной мощности с мягкими породами	Экскаваторы любых типов для верхних уступов, экскаваторы увеличенных размеров для нижних уступов и рельсовый или автомобильный транспорт, транспортно-отвальные установки

Система разработки – это определенный порядок выполнения подготовительных, вскрышных и добычных работ, обеспечивающий для данного месторождения безопасную, экономичную и полную выемку кондиционных запасов полезного ископаемого [11].

Порядок выполнения

Этап 1. Расчет основных параметров системы разработки

В соответствии с вариантом индивидуального задания необходимо дать описание принятой системы разработки на основе классификации академиков В. В. Ржевского и Н. В. Мельникова и выполнить расчет ее основных параметров [11, 12].

Классификация систем открытой разработки месторождений

Индекс группы	Группа систем	Индекс подгруппы	Подгруппа	Индекс группы	Система разработки		
С	Сплошные	СД	Сплошные продольная	СДО	Сплошная продольная односторонняя		
				СДД	Сплошная продольная двусторонняя		
		СП	Сплошные поперечная	СПО	Сплошная поперечная односторонняя		
				СПД	Сплошная поперечная двусторонняя		
		СВ	Сплошные веерная	СВЦ	Сплошная веерная центральная		
				СВР	Сплошная веерная рассредоточенная		
		СК	Сплошные кольцевая	СКЦ	Сплошная кольцевая центральная		
				СКП	Сплошная кольцевая периферийная		
		У	Углубочные	УД	Углубочные продольные	УДО	Углубочная продольная односторонняя
						УДД	Углубочная продольная двусторонняя
УП	Углубочные поперечные			УПО	Углубочная поперечная односторонняя		
				УПД	Углубочная поперечная двусторонняя		
УВ	Углубочные веерные			УВР	Углубочная веерная рассредоточенная		
УК	Углубочные кольцевые			УКЦ	Углубочная кольцевая центральная		
УС	Смешанные (углубочно-сплошные)			–	То же, в различных сочетаниях		

Примечание. К наименованию системы разработки добавляется: «с внешними или внутренними отвалами».

Параметры рабочего уступа определены на занятии 5.

Ширину рабочей площадки $Ш_{р.п.}$, м, рассчитывают по следующим формулам (рис. 11.1):

- при разработке мягких пород (наносов) без БВР (рис. 11.1, а):

$$\text{Ш}_{\text{р.п}} = A + C_1 + T + m + d_{\text{в}} + \text{Л} + \delta_{\text{п}}; \quad (11.1)$$

- при использовании буровзрывных работ (рис 11.1, б):

$$\text{Ш}_{\text{р.п}} = B + C_1 + T + m + d_{\text{в}} + \text{Л} + \delta_{\text{п}}; \quad (11.2)$$

где A – ширина экскаваторной заходки, м; C_1 – расстояние от нижней бровки уступа или развала до транспортной полосы, м, $C_1 = 2,5-3,5$; T – ширина транспортной полосы, м; m – расстояние от линии электропередачи до кромки транспортной полосы, м, $m = 3,5$; $d_{\text{в}}$ – ширина полосы для движения вспомогательного транспорта (при использовании автотранспорта $d_{\text{в}}=0$), м, $d_{\text{в}} = 6-7$; Л – ширина полосы готовых к выемке запасов, м; $\delta_{\text{п}}$ – ширина призмы возможного обрушения, м; B – ширина развала взорванной горной массы (см. занятие б), м.

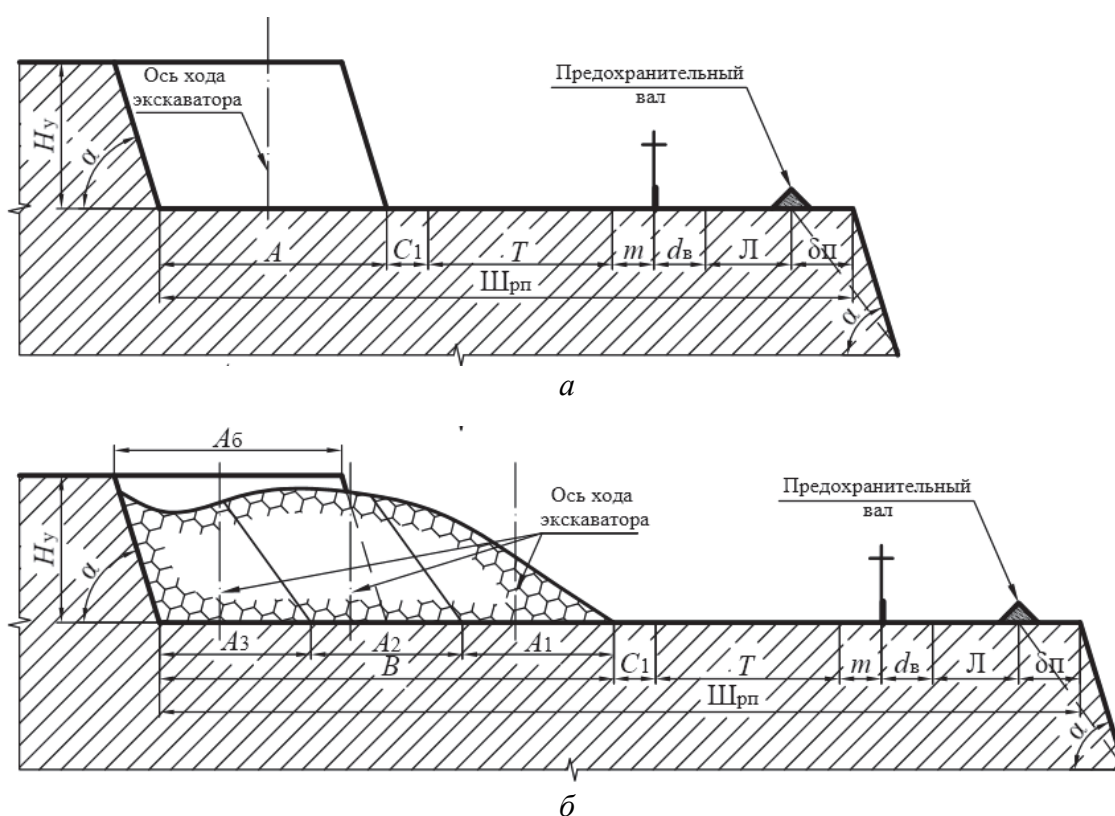


Рис. 11.1. Схема к расчету ширины рабочей площадки в мягких (а) и скальных (б) породах

Ширина транспортной полосы зависит от типа транспортных средств и числа путей (полос движения). При использовании железнодорожного транспорта на однопутных линиях она составляет 6,5 м, при двух смежных

путях равна 10,9 м; для автотранспорта при однополосном движении изменяется от 5,5 м (автосамосвалы грузоподъемностью 27 т) до 9 м (автосамосвалы грузоподъемностью 160–180т), а при двухполосном движении – от 10 до 20 м.

Ширина резервной полосы запасов, необходимой для бесперебойной работы на смежных уступах, рассчитывается по формуле

$$Л = \frac{\mu \cdot A_p}{12 \cdot L_{p,y} \cdot n_o \cdot h \cdot \gamma}, \quad (11.3)$$

где μ – норматив обеспеченности запасами полезного ископаемого, мес. (табл. 11.3); A_p – годовая производительность карьера по полезному ископаемому, т; $L_{p,y}$ – длина добычного фронта на уступе, м ($L_{p,y} = L_p$); n_o – количество добычных уступов.

Таблица 11.3

Норматив обеспеченности готовыми к выемки запасами, мес.

Производительность карьера по горной массе, млн т/год	Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт
До 30	1,5	2,0
От 30 до 60	2,5	3,0
Свыше 60	4,0	4,5

* По данным «Гипроруды».

Количество одновременно разрабатываемых добычных уступов для продольных систем разработки в условиях наклонных и крутопадающих залежей рассчитывается по формуле Э. К. Граудина:

$$n_o = \frac{m_r - b_{p,t}}{[\text{Ш}_{\min} + h \cdot (\text{ctg } \alpha \pm \text{ctg } \delta)]}, \quad (11.4)$$

где $b_{p,t}$ – ширина разрезной траншеи (ее учитывают, если подготовка горизонтов ведется по залежи), м; δ – угол падения залежи, град; Ш_{\min} – минимальная ширина рабочей площадки (обычно $\text{Ш}_{\min} = 60\text{--}80$ м), м.

Знак «плюс» в знаменателе принимают при развитии работ от лежащего бока к висячему, знак «минус» – при их развитии от висячего бока к лежащему.

Для поперечных систем разработок количество добычных уступов

$$n_o = \frac{L_p - b_{p,k}}{\text{Ш}_{\perp} + h \cdot \text{ctg } \alpha}, \quad (11.5)$$

где $b_{p.k}$ – ширина разрезного котлована ($b_{p.k} = 40-100$ м) в скальных породах; $\Pi_{п}$ – ширина рабочей площадки по простиранию, м,

$$\Pi_{п} = \Pi_{\min} + \mu \cdot Q_{э.г} \cdot n_{б} / 12 \cdot m_{г} \cdot h, \quad (11.6)$$

где $Q_{э.г}$ – годовая производительность экскаватора, м³; $n_{б}$ – количество добычных экскаваторов работающих на одном уступе, ед.

Количество добычных экскаваторов, работающих на одном уступе, определяется с учетом рекомендуемой длины фронта работ на экскаватор при использовании железнодорожного транспорта или исходя из минимальной длины активного фронта работ на один экскаватор (табл. 11.4, 11.5).

Таблица 11.4

Рекомендуемая длина, м, фронта работ

Условия эксплуатации	Наклонные и крутые залежи	
	Первый этап	Последующие этапы
Конечная глубина карьера, м:		
100–150	1,2–2,2	1,2–2,2
150–200	1,2–2,2	2,5–3,0
250–300	1,2–2,2	3,0–4,5

Угол откоса бортов карьера представляет собой линию, соединяющую верхнюю бровку карьера с нижней.

Угол откоса рабочего борта карьера φ отстраивают внутри рабочей зоны и рассчитывают по формуле

$$\varphi = \arctg \left(\frac{h}{\Pi + h \cdot \operatorname{ctg} \alpha} \right). \quad (11.7)$$

Длину добычного фронта работ находят, умножив длину фронта работ уступа $L_{p.y}$ на величину $n_{о}$.

Таблица 11.5

Минимальная длина, м, активного фронта работ на один экскаватор

Вместимость ковша экскаватора, м ³	Железнодорожный транспорт	Автомобильный транспорт
4,6–5,0	1000	500
6,0–8,0	1200	600
10,0–12,5	1400	700

Этап 2. Построение схемы забоя экскаватора

По результатам расчета выполняют в масштабе схему забоя экскаватора (рис. 11.2) [16].

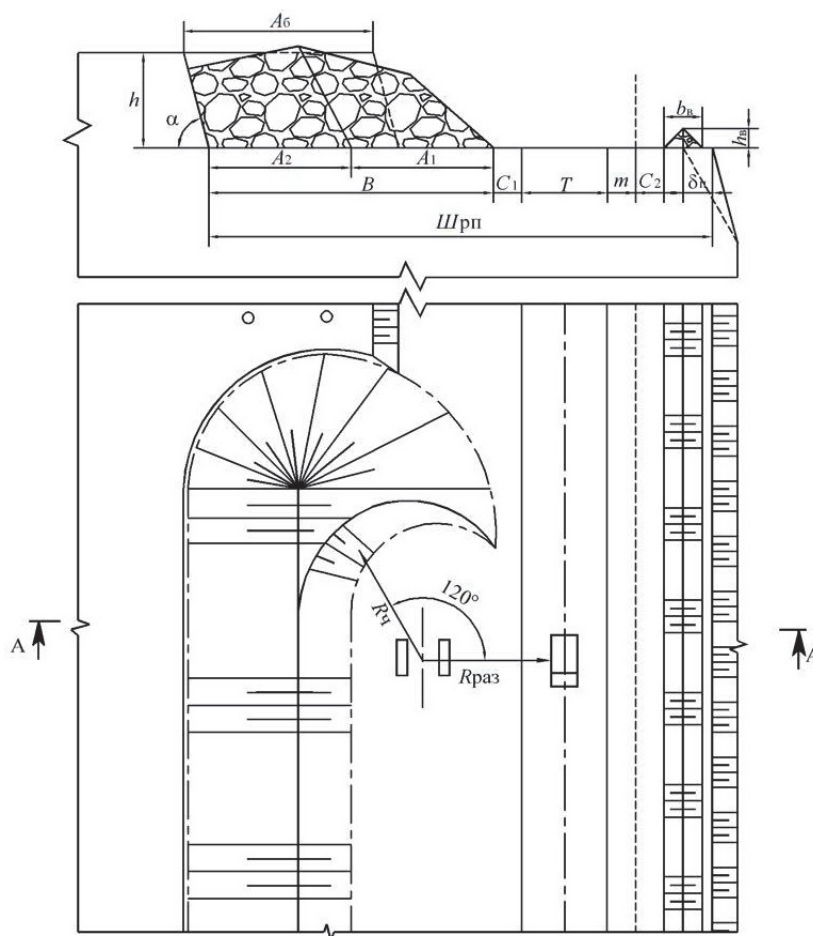


Рис. 11.2. Схема забоя экскаватора

Этап 3. Завершающий

Изучают контрольные вопросы, задания и подготавливают ответы на них.

Оформляют отчёт, соблюдая требования СТО 4.2-07–2014, предоставляют его на проверку преподавателю. Затем исправляют выявленные ошибки. Защита проходит в форме собеседования с преподавателем.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте определение термина «система открытой разработки».
2. Поясните, какие системы разработки называют сплошными, а какие – углубочными.
3. Опишите способы перемещения фронта работ уступов.
4. Что положено в основу классификаций систем разработки академиков В. В. Ржевского и Н. В. Мельникова?
5. Назовите условия применения бестранспортной системы разработки.

6. Поясните, в каких условиях можно применять систему разработки «экскаватор – карьер».

7. Какая из систем разработки по классификации акад. Н. В. Мельникова является наиболее универсальной?

8. Сформулируйте чем отличается транспортная система разработки от транспортно-отвальной.

9. Сформулируйте, чем отличается бестранспортная система разработки от системы разработки экскаватор – карьер.

10. Перечислите основные элементы и параметры системы разработки.

11. От чего зависит ширина рабочей площадки?

12. Назовите, чем отличается конструкция рабочей площадки в мягких и скальных породах.

13. От чего зависит угол откоса рабочего борта карьера?

14. Поясните, как связаны между собой угол откоса рабочего борта карьера и эксплуатационный коэффициент вскрыши.

15. Что понимается под технологическими комплексами вскрышных и добычных работ?

16. Сформулируйте основные принципы формирования комплексов оборудования при открытой разработке.

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Занятие 12. Особенности разработки песчано-гравийных месторождений

Цель занятия. Изучение основных терминов и горнотехнических понятий при разработке песчано-гравийных месторождений.

Краткие теоретические сведения

Песок и гравий широко используют как заполнители для бетона, в качестве балласта для железнодорожных путей и автодорог. Кроме того, песок находит применение в стекольном производстве, для получения кирпича, формовочных материалов, штукатурных и кладочных растворов [19].

Из общего числа карьеров нерудных строительных материалов около 40 % составляют предприятия, разрабатывающие песчано-гравийные месторождения, представленные смесью песка, гравия и валунов. Месторождения, содержащие более 50 % песка, называют песчано-гравийными, а менее 50 % – гравийно-песчаными. К песчаным относят залежи, которые содержат гравия не более 10 %.

Мощность вскрыши на песчано-гравийных месторождениях составляет 3–10 м, а полезного ископаемого – 10–30 м. Частично или полностью обводнено около 60 % песчано-гравийных и около половины песчаных месторождений. Нередко наличие большого количества валунов – включений прочных и абразивных пород с размерами кусков 150 мм и более.

Технологические схемы разработки месторождений этого типа и применяемое оборудование весьма разнообразны, вследствие различия горно-геологических условий, производственной мощности и срока службы предприятий, а также отсутствия достаточно надежных и эффективных средств механизации производственных процессов.

При сезонном режиме работы песчано-гравийных карьеров и разработке сухим забоем основными способами подготовки пород к выемке являются осушение и водоотлив. Если глубина разработки не превышает 15 м, то для осушения обводненных пород проводят дренажные каналы. В противном случае используют водопонижающие скважины, армированные фильтрами различного типа и оборудованные погружными насосами. Для понижения уровня грунтовых вод на глубину 4–4,5 м применяют иглофильтровые установки.

Ливневые воды по дренажным канавам поступают в центральный водосборник, располагаемый на самой низкой отметке карьера, откуда их откачивают насосами открытого водоотлива.

При круглогодичном режиме работы подготовка к выемке в зимних условиях включает защиту пород от промерзания. Для этой цели производят вспашку плугами или рыхлителями на глубину 30–40 см, боронование на глубину до 20 см или рыхление на глубину 1,8 м и более.

Хорошо предохраняет от промерзания снегозадержание с помощью снежных валов или щитов. Полностью предотвращает промерзание пород покрытие их слоем пенопласта толщиной 20–25 см. В некоторых случаях применяют химическую обработку хлористым натрием или калием, рассыпая его в сухом, измельченном состоянии по спланированной и вспаханной поверхности.

При разработке сухих месторождений наиболее распространены экскаваторно-автомобильные комплексы. Мехлопаты с вместимостью ковшей 1,25 м³ и более, кроме выемочно-погрузочных работ, производят сортировку, удаляя крупные валуны, мерзлые глыбы. Весьма перспективны фронтальные погрузчики и колесные скреперы.

Частично обводненные месторождения разрабатывают драглайнами (рис. 12.1). Предварительно осушенные породы загружают в транспортные сосуды или в бункер-питатель (при конвейерном транспорте). При отсутствии водопонижения породу укладывают в штабели для обезвоживания до естественной влажности с последующей погрузкой в средства транспорта. Возможно применение также обезвоживающих бункеров-питателей.

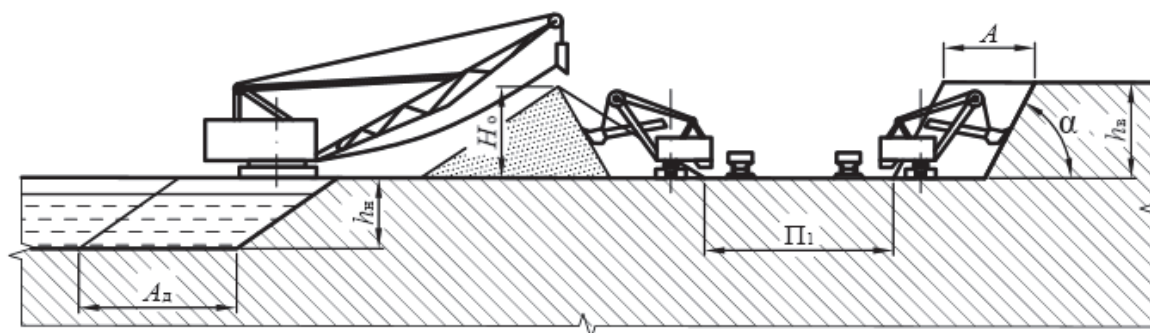


Рис. 12.1. Схема отработки частично обводненного месторождения

Для увеличения коэффициента наполнения ковша прибегают к перфорации его стенок или используют специальные пятистенные ковши. При разработке обводненных месторождений с валунами более работоспособны обратные лопаты, в том числе и гидравлические. Изредка применяют многоковшовые экскаваторы со свободно провисающей цепью. Во время

выемки пород цепными экскаваторами не возникает заметных волн, а сухая часть забоя равномерно увлажняется и не оползает.

При разработке уступов, высота которых превышает высоту черпания мехлопат, вызывают принудительное обрушение верхней части уступа драглайнами (рис. 12.2), оснащенными специальными рабочими органами режущего типа конструкции ВНИИПИСтромсырья. Для перевозки наиболее распространен автомобильный и конвейерный транспорт. Изредка погрузку ведут в железнодорожные вагоны. Переработку полезного ископаемого осуществляют в стационарных дробильно-сортировочных цехах, сооружаемых в непосредственной близости от карьера. На предприятиях с годовой производственной мощностью 100–150 тыс. м³ используют забойные передвижные или полустационарные перерабатывающие установки.

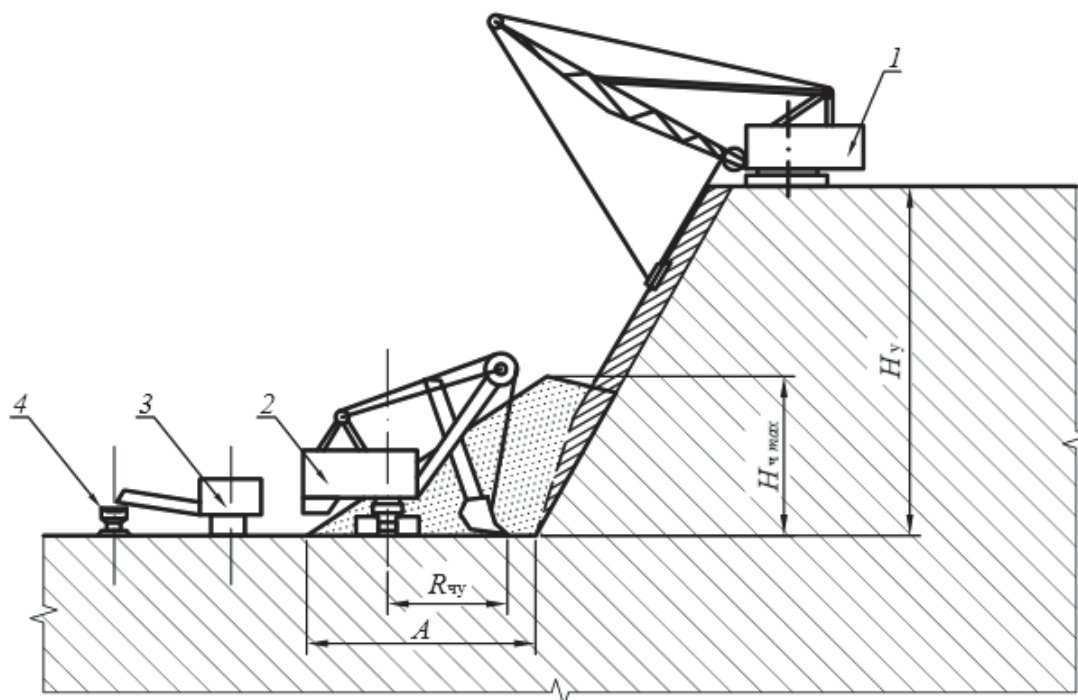


Рис. 12.2. Схема экскавации высоким уступом с обрушением:
1 - экскаватор-драглайн; 2 - мехлопата; 3 - бункер-питатель; 4 - конвейер

Большинство месторождений разрабатывают одним вскрышным и одним добычным уступами. При добыче из-под воды уступ полезного ископаемого делят на два подступа – сухой и частично обводненный, обрабатываемые различными выемочными машинами. В ширину рабочих площадок входят размеры штабелей для обезвоживания, готовой продукции или промпродукта.

Для подводной добычи в руслах рек используют плавучие снаряды с ковшовой цепью (драги и землечерпалки), грейферным ковшом и зем-

снаряды. Их важное достоинство – возможность установки на них перерабатывающего оборудования: виброгрохотов, корытных моек, классификаторов, дробилок. Гравий загружают в баржи, швартующиеся к обоим бортам плавучего снаряда. Сезонная производительность таких комплексов достигает 500 тыс. м³ и более при коэффициенте использования во времени около 0,5.

Контрольные вопросы и задания

1. Укажите особенности разработки песчано-гравийных месторождений.
2. Опишите способы вскрытия песчано-гравийных месторождений.
3. Какие комплексы целесообразно применять при разработке сухих и обводненных песчано-гравийных залежей?
4. Укажите область применения песка и гравия.
5. Геологическая характеристика песчано-гравийных месторождений.
6. Охарактеризуйте способы предохранения массива от промерзания.
7. Перечислите способы оттайки мерзлых грунтов.
8. Охарактеризуйте особенности добычи гравия из-под воды.

Занятие 13. Особенности горных работ на щебеночных карьерах

Цель занятия. Изучение технологии разработки песчано-гравийных месторождений для получения щебня.

Краткие теоретические сведения

Предприятия по производству щебня состоят из следующих основных цехов: горного (карьер), дробильно-сортировочного и складского, представляющих единый технологический комплекс [12, 19].

Наиболее качественный щебень получают из прочных магматических (гранит, базальт и др.) и метаморфических (гнейс, кварциты) пород. Однако в связи с большой потребностью в щебне для строительных и дорожных работ в его производстве используют также песчаники и карбонатные породы (известняки, доломиты), месторождения которых залегают вблизи потребителей. Дешевым сырьем может служить и скальная вскрыша рудных карьеров, отходы с предприятий по добыче блоков природного камня.

Основные тенденции взрывного дробления пород для производства щебня те же, что и на других карьерах: многорядное короткозамедленное взрывание скважинных зарядов, широкий ассортимент ВВ. минимальное перемещение разнотипных и разносортных пород.

На карьерах малой и средней мощности, а также для обуривания массивов, сложенных неоднородными по прочности породами, широко применяют буровые станки с погружными пневмоударниками. Станки шарошечного бурения и современные гидравлические буровые установки более эффективны на крупных предприятиях при валовой разработке пород.

При разрушении слоистых карбонатных пород более рациональна раздельная подготовка их к выемке тонкими слоями с использованием рыхлителей и комбинированным способом, когда механическому рыхлению предшествует ослабление массива взрывом на встряхивание. Для по-слойной выемки разрыхленных пород наиболее эффективны бульдозеры и одноковшовые погрузчики.

Основной объем погрузочных работ на щебеночных карьерах выполняют строительные, гидравлические (на предприятиях малой и средней производственной мощности) и карьерные (на крупных карьерах) экскаваторы, в том числе гидравлические с увеличенной вместимостью ковша. При раздельной выемке в комплексе с ними работают бульдозеры и одноковшовые погрузчики. Выемочно-транспортирующие машины широко применяют и для удаления вскрыши.

Хотя для вывозки сырья можно применять любые виды транспорта, более 90 % его объема перевозится автотранспортом, чему способствуют высокие мобильность и маневренность последнего. Весьма перспективны при валовой разработке карбонатных месторождений технологические схемы с использованием конвейерного транспорта и полустационарных или самоходных дробильных установок (рис. 13.1). На нагорных карьерах с годовой производительностью до 1 млн т могут быть эффективными породоскаты, располагаемые на крутых склонах под углом наклона более 45 град.

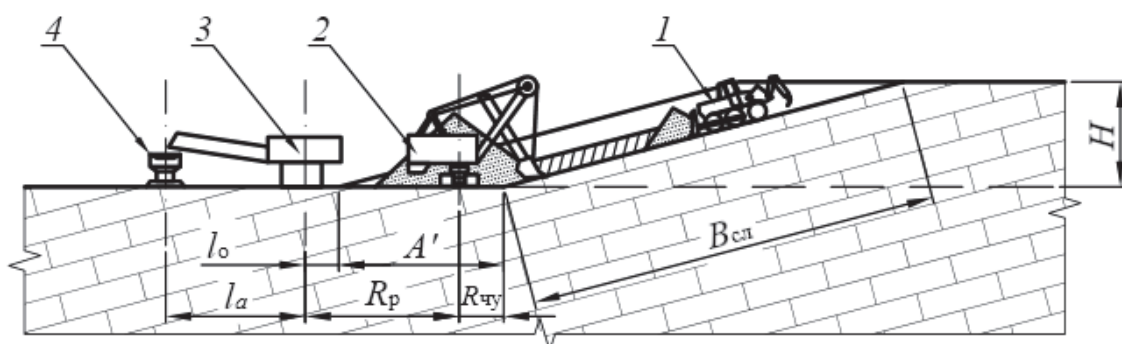


Рис. 13.1. Схема разработки трещиноватых карбонатных пород с использованием рыхлителей и конвейерного транспорта (по В. Н. Сиренко): 1 – бульдозер-рыхлитель; 2 – экскаватор; 3 – самоходный дробильный агрегат; 4 – конвейер

Комплексы оборудования для переработки пород на щебень включают: дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления; грохоты для предварительного грохочения между стадиями дробления, отбора загрязняющей мелочи, сортировки рядового щебня – на товарные фракции (с выделением фракции 0–5 мм), промывки и обезвоживания его; гидравлические классификаторы; моечное оборудование для промывки пород, содержащих глинистые частицы; питатели для подачи горной массы в дробилки и равномерной загрузки основного оборудования.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите породы, из которых получают щебень.
2. Каковы основные тенденции взрывного разрушения пород на щебеночных карьерах?
3. Приведите перечень технологических комплексов, используемых на щебеночных карьерах.
4. Перечислите способы подготовки карбонатных пород.
5. Назовите комплексы оборудования для переработки пород на щебень.

Занятие 14. Вскрытие и система разработки на карьерах по добыче природного камня

Цель занятия. Изучение технологии и горнотехнических приёмов при разработке месторождений природного камня.

Краткие теоретические сведения

Вскрытие месторождений облицовочного камня осуществляют: наклонными траншеями и полутраншеями; крутыми траншеями; без проведения траншей; подземным способом.

Наклонными траншеями вскрывают крупные, неглубокие месторождения с холмистым рельефом поверхности. Благоприятным фактором является наличие некондиционного камня на одном из флангов залежи, в месте заложения траншей или полутраншей. Величину продольного уклона вскрывающих выработок принимают с учетом конкретного вида транспорта, используемого для вывозки блоков и скола.

Вскрытие крутыми траншеями целесообразно на высокогорных месторождениях, когда необходимо обеспечить быстрый ввод карьера в эксплуатацию. Траншеи должны быть оборудованы специальными подъемными устройствами.

Бестраншейный способ вскрытия осуществим при использовании для подъема груза деррик-кранов, кабельных и козловых кранов. Его применяют при разработке глубоких залежей с небольшими размерами в плане. Козловые краны используют только на месторождениях с равнинным рельефом местности, а кабельные и деррик-краны могут работать в любых условиях при возможности создания транспортного доступа к их опорам или мачтам.

Вскрытие подземными выработками приемлемо при большой мощности покрывающих пород и гористом рельефе местности, когда горизонты карьера можно вскрывать штольнями [11].

При добыче облицовочного камня применяют сплошные и углубочные одно- и двухбортовые системы разработки. Начальное положение и направление развития фронта работ выбирают с учетом характера трещиноватости и ориентировки плоскости облегченного раскола камня (анизотропии физико-механических свойств). Высоту уступа принимают в соответствии с требованиями правил безопасности, исходя из: способа отделения камня от массива; высоты блока, определяемой параметрами камнераспиловочного оборудования; трещиноватости или слоистости массива. Установленная высота уступа должна быть кратна высоте камня или подустапа. При использовании камнерезных машин высота подустапа (уступа) не превышает 3 м, а при канатном пилении может быть увеличена до 10 м. и более. Ширина рабочей площадки связана со способом отделения камня от массива. Так, при использовании камнерезных машин совместно с гидроклиньями, НРС или взрывной отбойкой ширина рабочей площадки на транспортном горизонте (рис. 14.1) устанавливается исходя из ширины и высоты отделяемого камня, ширины полосы для размещения выемочно-погрузочного оборудования (при разбивке фронта работ на участки для выемки и разделки камня, погрузки блоков) и ширины полосы для движения транспорта и размещения вспомогательного оборудования.

При отделении камня от массива канатными пилами со свободным абразивом в сочетании со взрывной отбойкой расчет ширины рабочей площадки приведен на рис. 14.2.

Фронту работ при использовании канатных пил целесообразно придавать ступенчатую форму (см. рис. 14.2). Расстояние между смежными ступенями принимают с таким расчетом, чтобы обеспечить безопасность выполнения отдельных процессов и операций. При этом на один комплект машин необходимо иметь фронт работ, состоящий не менее чем из пяти ступеней.

На месторождениях гранита и других прочных пород при проходке траншей целесообразно использовать термоструйные камнерезные установки и ударно-врубковые машины. Весь комплекс работ, связанный с под-

готовкой горизонтов, ведут в следующем порядке. В одном из торцов разрезной траншеи взрывом на выброс создают котлован с размерами в плане 6×6 м глубиной, равной или кратной расстоянию между постельными трещинами. Вдоль контура разрезной траншеи терморезаками или ченнеллерами выполняют две параллельные щели. Перпендикулярно к ним бурят вертикальные ряды шпуров с расстоянием между ними $1,5\text{--}3,0$ м, а при отсутствии постельных трещин – и горизонтальные шпуров. Взрывом зарядов дымного пороха из тела разрезной траншеи выкалывают блоки камня [12].

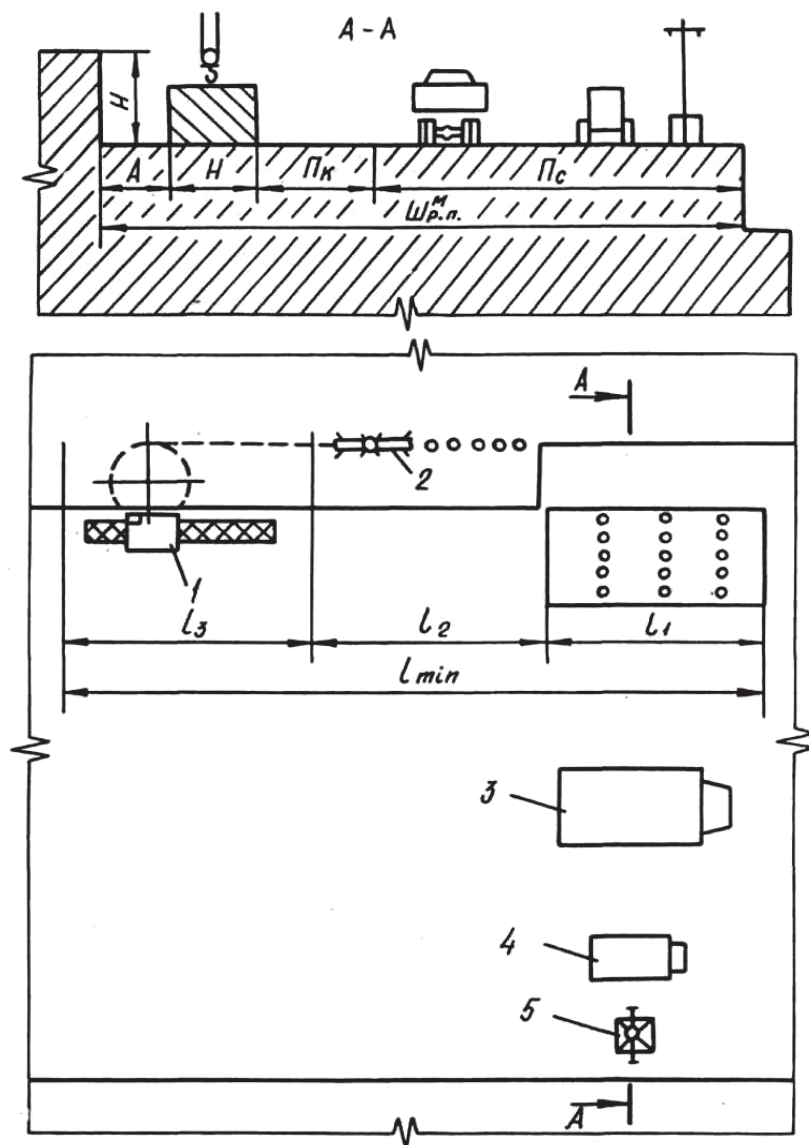


Рис. 14.1. Схема к расчету ширины рабочей площадки при добыче блоков камнерезными машинами и буровзрывным способом: 1 – камнерезная машина; 2 – установка строчного бурения; 3 – автосамосвал; 4 – компрессор; 5 – опора ЛЭП

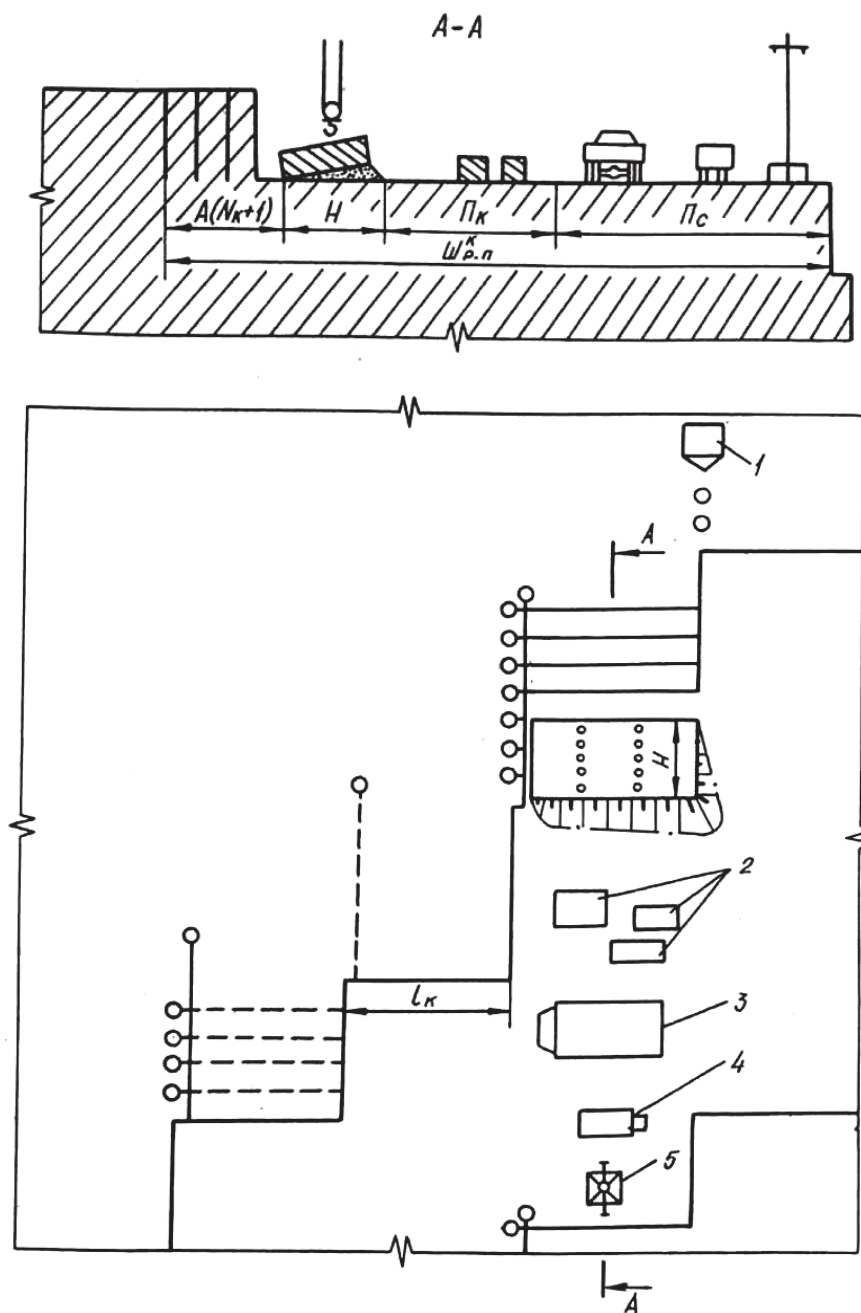


Рис. 14.2. Схема к расчету ширины рабочей площадки при добыче блоков канатными пилами: 1 – буровой станок; 2 – блоки; 3 – автосамосвал; 4 – компрессор; 5 – опора ЛЭП

В случае применения камнерезных машин с кольцевыми фрезами предварительно проходят два котлована (для ввода и вывода фрезы) с размерами в плане $2,4 \times 2,4$ м и глубиной 1,04 м. Над одним из них устанавливают машину с вертикальной фрезой. Перемещаясь от одного котлована к другому, она выполняет несколько вертикальных прорезей с расстоянием между ними 300 мм с таким расчетом, чтобы ширина нарезанного участка

вместе с пропилом была равна диаметру фрезы (1 380 мм). Затем переходят к подрезке полос в горизонтальной плоскости, для чего вертикальную фрезу заменяют на горизонтальную, выполнив пропил на длину блока, машину отводят назад, нарезанные участки откалывают буроклиновым способом или с помощью невзрывчатых разрушающих средств (НРС). Перечисленные операции выполняют до полного удаления камня из траншей. Дальнейшее расширение ее до 4,0 м ведут с последовательным созданием горизонтальных и вертикальных врубов.

Технологические схемы добычи пильного камня классифицируют по числу одновременно разрабатываемых уступов (одноуступные и многоуступные), их высоте (низкоуступные и высокоуступные), организации отделения камня от массива в последовательности получения готовой продукции.

В низкоуступных схемах высота уступа не превышает удвоенной высоты (с учетом толщины пропила) стеновых камней. Оработку полезного ископаемого мощностью более двух метров ведут высокими уступами (до 3 м).

Технологический цикл добычи стенового камня включает следующие процессы: вырезку (отделение камня от массива), съем, складирование, отгрузку и транспортирование готовой продукции, уборку, временное складирование, погрузку и транспортирование отходов камнепиления.

Для вырезки камня используют камнерезные машины: с дисковыми пилами, барового типа и с кольцевыми фрезами. Дисковые пилы применяют для резания камня с $\sigma_{сж}$ до 1–25 МПа, баровые машины – при $\sigma_{сж}$ от 1 до 10 МПа, с кольцевыми фрезами – при $\sigma_{сж} = 20–60$ МПа.

Различают захватную и столбовую схему добычных работ. В первом случае длина поперечного захвата ограничивается конструктивными параметрами машины. Во втором – уступ разделяют на длинные столбы, ширина которых равна длине камня. Затем горизонтальными и затыловочными пилами отделяют камень от массива по всей ширине участка.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику и область применения различных способов вскрытия месторождений облицовочного камня.
2. Как устанавливают высоту уступа на карьерах облицовочного камня?
3. Укажите факторы, которые необходимо учитывать при определении ширины рабочей площадки на карьерах облицовочного камня.
4. Охарактеризуйте особенности подготовки горизонтов на карьерах облицовочного камня.
5. Дайте структуру технологического цикла добычи стенового камня.

6. Поясните, что необходимо дополнительно учитывать при расчете ширины рабочей площадки на карьерах стенового камня.
7. Укажите типы камнерезных машин, используемых для вырезки стенового камня, а также область их применения.
8. Как классифицируют технологические схемы добычи пильного камня?

ТЕХНОЛОГИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ ГОРНЫХ ПОРОД ГИДРАВЛИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Занятие 15. Общие сведения о разработке горных пород гидравлическим способом

Цель занятия. Изучение основных терминов и горнотехнических понятий при гидравлическом способе разработки горных пород.

Краткие теоретические сведения

Под гидромеханизацией понимают способ механизации горных и земляных работ, при котором все или основную часть технологических процессов производят с использованием энергии движущейся воды [12].

Напорная вода для выемки пород была впервые применена в России в 1830 г. В 80-х г. XIX в. гидравлический метод был усовершенствован М. А. Шостаком и Е. А. Черкасовым. В этот же период вышли в свет первые русские теоретические работы К. А. Куликова и И. А. Тиме. Научные основы технологии гидромеханизации на открытых разработках созданы советскими учеными Н. Д. Холиным, Н. В. Мельниковым, Г. А. Нуроком, Г. П. Никоновым, С. М. Шороховым и др.

Разрушение горной породы водой производят двумя способами: размывом напорной струей или размывом самотечным потоком, поступающим к всасывающей трубе землесоса. В первом случае воду по водоводу к гидромонитору, из насадки которого ее под давлением и со скоростью до 80 м/с направляют на забой, обеспечивая разрушение пород. Отделенная от массива порода, смешиваясь с водой, образует гидросмесь (пульпу), которая по наклонной канаве (или почве уступа) стекает в пульпосборник (зумпф). Пульпу, содержащую полезное ископаемое, грунтонасосом (землесосом) транспортируют по пульпопроводу на обезвоживающие и обогатительные устройства, а пульпу, содержащую вскрышу, подают на гидроотвал. Осветленная вода через водосбросный колодец поступает к насосной станции для повторного использования (рис. 15.1). При наклонном рельефе поверхности пульпу транспортируют самотеком в открытых канавах или лотках.

В общем случае конструкция гидромонитора включает: ходовую часть (салазки), подводный патрубков, шарниры, ствол и насадок. За счет шарниров ствол можно поворачивать в горизонтальной и вертикальной плоскостях, направляя струю воды в любую точку забоя. Отечественные гидромониторы выпускают с ручным и дистанционным управлением, не-

самоходные и самоходные. Рабочее давление у насадка составляет 1,5–3,0 МПа. Компактную нераспыляющуюся струю создают за счет струенаправляющих внутренних ребер в стволе и насадки диаметром 52–220 мм с отшлифованной внутренней поверхностью. Размыв пород уступа ведут попутным, встречным или встречно-попутным забоем (рис. 15.2).

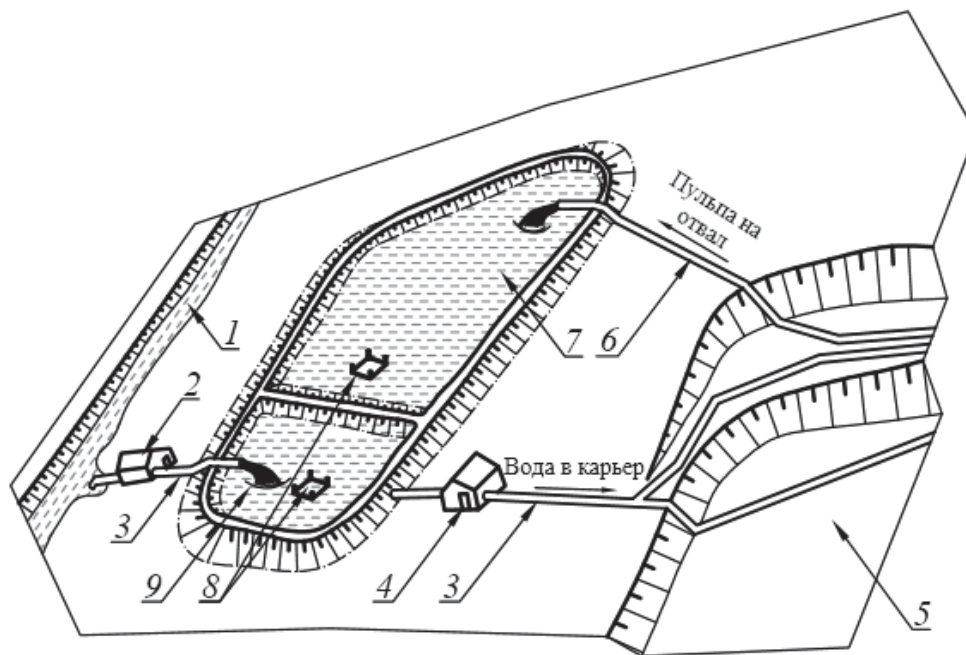


Рис. 15.1. Схема водоснабжения (по Г. А. Нуроку): 1 – река; 2 – насосная станция подпитки; 3 – водовод; 4 – насосная станция; 5 – карьер; 6 – пульповод; 7 – гидроотвал; 8 – водосбросный колодец; 9 – отстойник

В первом случае гидромонитор устанавливают на верхней площадке уступа, и направление размыва совпадает с направлением движения струи воды. Оборудование при этом расположено на сухом месте, что облегчает работу обслуживающего персонала и передвижку гидромонитора. Размыв встречным забоем широко используют на вскрышных работах. Встречно-попутные забои характерны при двух гидромониторах. Трудноразмываемые породы предварительно рыхлят, используя для этой цели рыхлители, одноковшовые экскаваторы или энергию взрыва.

Ширина заходки не превышает 25–30 м, а напор струи и уклон рабочей площадки зависят от физико-механических свойств пород. По мере подвигания забоя зумпф переносят на новое место, а за счет уклона площадки образуется недомыв породы высотой 1,5–2 м и длиной до 100 м. Его смывают или удаляют бульдозерами.

Гидромониторная разработка пород включает следующие операции: подрезка забоя (образование вруба), смыв обрушенной породы, уборка не-

домыва, чистка канавок. При размыве попутным забоем недомыв меньше, так как струя воды, совпадая с направлением движения пульпы, способствует перемещению горной массы.

Подрезка забоя обеспечивает обрушение породы и ее частичное разрушение, что облегчает размыв. Для создания врубной щели высотой 0,2–0,4 м и глубиной 1,5–2 м необходим большой напор, поэтому применяют насадки малого диаметра. Смыв пород ведут насадками большого диаметра, так как требуется увеличенный расход воды при малом напоре.

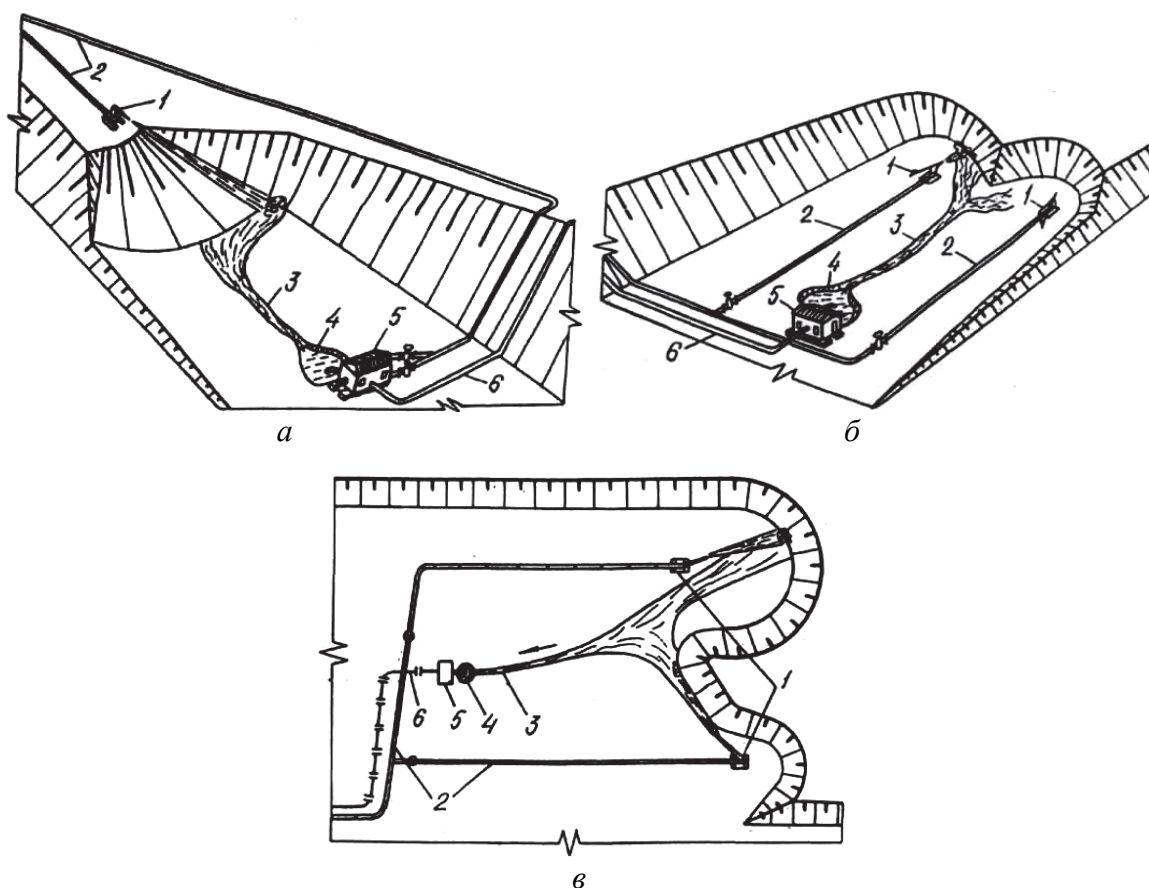


Рис. 15.2. Способы размыва пород попутным (а), встречным (б) и попутно-встречным (в): 1 – гидромонитор; 2 – водовод; 3 – поток гидросмеси; 4 – зумпф; 5 – землесосная установка; 6 – пульповод

Размыв встречным забоем начинают при минимальном расстоянии гидромонитора от забоя, которое по правилам безопасности должно составлять не менее 0,8–1,2 высоты уступа. Шаг передвижки установки обычно принимают кратным стандартной длине наращиваемых секций трубопровода. Длина фронта работ на один гидромонитор в глинистых породах составляет 18–25 м, в песчаных – 30–60 м, суглинках – 25–45 м.

Расчет напорного гидротранспорта сводят к выбору землесоса и диаметра трубопровода, обеспечивающих заданную производительность.

Пульпу, содержащую вскрышные породы, укладывают в гидроотвалы, размещаемые на участках, непригодных или малопригодных для сельского хозяйства (рис. 15.1). На равнинах отвалы ограждают дамбами начального обвалования со всех сторон, в оврагах – со стороны пониженной части. Ширина дамбы поверху составляет 1,2–1,5 м, высота – 2,5–3,7 м, заложение откосов – 1:1,7, 1:2,5.

По мере поступления пульпы на гидроотвал уровень воды в нем растет. Сброс излишков воды производят плавучими насосными станциями или через водосбросные колодцы. При необходимости дамбу наращивают путем намыва или экскаваторами.

Заполнение отвала может быть односторонним, двусторонним или кольцевым. Пульповоды размещают на эстакаде или без нее на опорах высотой до 1,5 м.

Подготовка горизонтов при гидравлической разработке – траншейная. Разрезные траншеи и полутраншеи одновременно являются и подготовительными, и вскрывающими выработками. Их проходят с использованием средств гидромеханизации. Начальный котлован для размещения гидромониторов и землесосов с размерами по дну 10×10 м обычно создают драглайнами. Возможно также бестраншейное, комбинированное вскрытие и вскрытие подземными выработками.

Выемку горных пород обычно ведут наклонными слоями, Разрабатываемый массив делят на выемочные блоки. Применяют однобортовые и двухбортовые продольные и поперечные, а также веерные системы разработки, с напорным, самотечным и самотечно-напорным транспортированием пульпы. Веерные системы разработки получили широкое распространение при разработке россыпей, так как позволяют увеличить объемы пород, размываемых с одной установки землесоса.

К достоинствам гидравлических методов разработки горных пород следует отнести: поточность технологического процесса, сокращение объемов горно-капитальных работ, сравнительно невысокую стоимость оборудования, возможность попутного обогащения полезного ископаемого.

Контрольные вопросы и задания

1. Дайте описание технологии работ при размыве пород напорной струей.
2. Опишите конструкцию гидромонитора.
3. Охарактеризуйте способы размыва пород уступа.
4. Укажите последовательность операций при гидромониторной разработке.
5. Перечислите системы разработки, применяемые при использовании гидромониторов.

6. Укажите достоинства и недостатки гидравлических методов разработки горных пород.

7. Что понимается под гидромеханизацией открытых горных работ?

8. Назовите способы подготовки горизонтов при гидравлической разработке.

Занятие 16. Способы разработки с применением плавучих земснарядов

Цель занятия. Изучение технологии и горнотехнических понятий при разработке месторождений земснарядами.

Краткие теоретические сведения

Землесосный снаряд представляет собой плавучую землеройно-транспортную машину непрерывного действия, предназначенную для подводной разработки пород гидравлическим способом [12]. Все оборудование – грунтонасос, двигатель, всасывающий и напорный трубопроводы, механизмы передвижения, а также вспомогательное оборудование монтируют на понтонах. В его маркировке первая группа цифр указывает среднюю часовую производительность по породе, m^3 , вторая – развиваемый напор (мм. вод. ст.). Для удержания земснаряда на рабочем месте и осуществления его рабочих движений служат свайный аппарат и лебедки поворота (рис. 16.1).

Опираясь на одну заглубленную сваю, служащую упором, разматывая и сматывая соответствующие якорные канаты, земснаряд разворачивают на определенный угол. При этом выемка грунта производится по дуге окружности, очерчиваемой в плане концом всасывающего патрубка. После того как произведена отработка забоя в пределах радиуса действия земснаряда с одной сваи, опускают ранее поднятую и поднимают опущенную. Затем процесс выемки повторяют. Происходит своеобразное «шагание» на сваях. Возможно также канатное перемещение (папильонирование).

Разрушение пород происходит за счет энергии потока воды, засасываемой грунтонасосом. Необходимая скорость потока для песка составляет 0,35–0,7 м/с, для гравия – более 2,5 м/с. Процесс разработки глинистых пород интенсифицируют за счет установки около всасывающей трубы дополнительных сопел, через которые подают под давлением воду. Для отработки более крепких пород с каменистыми включениями используют фрезерные, цепные, черпаковые, шнековые и роторные рыхлители. Производительность земснаряда зависит от типа грунтонасоса, рыхлителя и мощности электродвигателей.

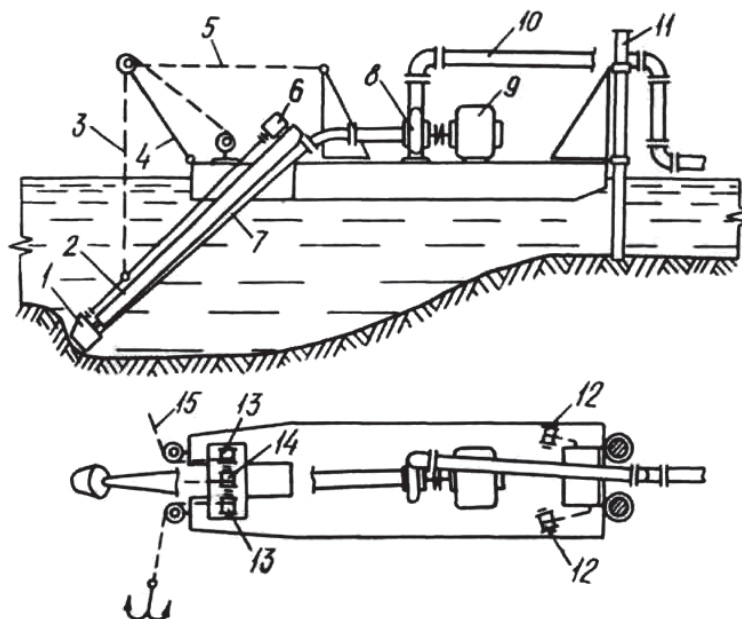


Рис. 16.1. Схема земснаряда: 1 – рыхлитель; 2 – рама рыхлителя; 3 – подвеска рамы рыхлителя; 4 – укосина; 5 – подвеска укосины; 6 – двигатель рыхлителя; 7 – всасывающий патрубок; 8 – грунтовый насос; 9 – двигатель грунтового насоса; 10 – напорный пульпопровод; 11 – свайный аппарат; 12 – сваеподъемная лебедка; 13 – лебедка подъема рамы рыхлителя; 15 – якорный канат

Пульпу подают к потребителю по напорному трубопроводу, одна часть которого расположена на земснаряде, другая (плавающая) – на понтонах, а третья – на сухопутных опорах. Земснаряд снабжают электроэнергией от берегового распределительного устройства с помощью кабеля, подвешенного на тросе, размещенного на опорах или по почве и огражденному предупредительными знаками. По воде кабель прокладывают на плотках (поплавках).

Контрольные вопросы и задания

1. Каково назначение и устройство землесосного снаряда?
2. Поясните порядок осуществления рабочих движений земснаряда.
3. Охарактеризуйте процесс разрушения пород при использовании земснаряда.
4. Поясните термин «папильонирование».
5. От чего зависит производительность земснаряда?

Занятие 17. Технология разработки россыпных месторождений драгами

Цель занятия. Изучение основных терминов и горнотехнических понятий при разработке россыпных месторождений.

Краткие теоретические сведения

Драга представляет собой плавучий горно-обоганительный комплекс для разработки обводненных россыпных месторождений. Она состоит из черпающего (драгирующего) промывочно-обоганительных устройств, силового, транспортно-отвального оборудования, механизмов управления, перемещения, водоснабжения и водоотлива, понтона с надстройкой (рис. 17.1).

Драги для разработки материковых месторождений (континентальные драги) монтируют на плоскодонном понтоне (судне), а морские – на килевых самоходных или буксируемых судах, обеспечивающих их эксплуатацию при штормовом волнении. У морских драг отсутствуют отвалообразователь (стакер) и сваи. Наиболее распространены электрические и дизель-электрические цепные многоковшовые драги с жесткой рамой и ковшами вместимостью 50–700 л. Средняя часовая производительность отечественных установок с вместимостью ковшей 80–600 л составляет 100–550 м³. Их эксплуатируют на месторождениях с глубиной залегания до 50 м ниже уровня воды.

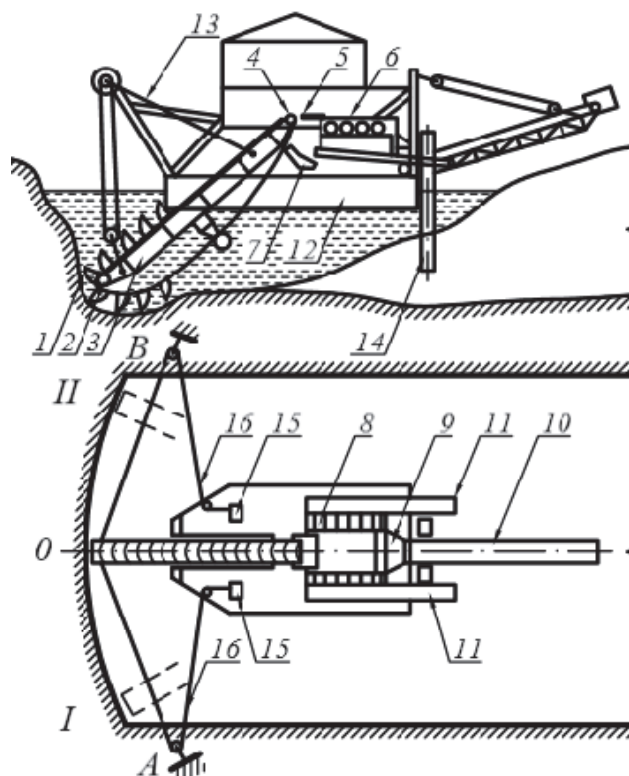


Рис. 17.1. Схема многочерпаковой драги: 1 – черпаки; 2 – нижний барабан; 3 – черпаковая рама; 4 – верхний приводной барабан; 5 – завалочный люк; 6 – бочка; 7 – подчерпаковый уловитель; 8 – поперечные шлюзы; 9 – галечный лоток; 10 – стакер; 11 – эфельные колодцы; 12 – понтон; 13 – передняя мачта; 14 – свая; 15 – лебедки; 16 – канат

Высокая степень механизации и поточность технологических процессов (добыча – обогащение – отвалообразование) обеспечивает дражной разработке достижение наилучших технико-экономических показателей по сравнению с другими возможными способами, наиболее эффективно применение многочерпаковых драг для разработки преимущественно обводненных континентальных и прибрежно-морских россыпей, представленных породами различной крепости и состава (за исключением весьма валунистых крепко сцементированных пород и вязких глин). Россыпи, охваченные многолетней мерзлотой, можно разрабатывать драгами, как правило, после предварительного их оттаивания.

Горная масса, транспортируемая ковшами из забоя, поступает в завалочный люк, а из него – во вращающуюся дражную бочку. Просыпи породы между ковшами и загрузочным люком попадают на подковшовый уловитель. Дражная бочка представляет собой стальной цилиндр с перфорированными стенками, установленный с уклоном 5–12 град, в котором попадающий материал перемещается слева направо. Мелкие фракции (эфели) проваливаются через отверстия вниз и попадают на поперечные шлюзы, где от породы отделяют полезное ископаемое, и по хвостовым эфельным колодам стекают в отвал. Более крупные фракции (галя) через галечный лоток выходят из бочки, поступают на ленточный конвейер, а с него – в галечный отвал.

Черпаковая рама на канатах подвешена к передней мачте, а отвальный конвейер – к задней. Маневрирование драги осуществляют с помощью двух свай и лебедок с канатами, концы которых закреплены на берегу. Поворот и зашагивание драги выполняют так же, как и на земснарядах. Сваи погружают не в почву россыпи, а в эфельно-галечный отвал, вследствие чего их длина меньше глубины черпания драги и не превышает 25 м.

Производительность драги по горной массе вычисляют так же, как и производительность многоковшового экскаватора. Коэффициент использования ее во времени составляет 0,92–0,84 в летний период и 0,75–0,7 – весной и осенью. Продолжительность дражного сезона зависит от климатических условий, составляя 10–11 месяцев в Западной Сибири и на Среднем Урале, 160–170 суток в Северной Якутии и на Колыме и 115–135 суток на Чукотке.

Первоначально выполняют работы по обводнению россыпи, для чего сооружают специальные водосборники, из которых вода по трубам или каналам поступает на дражный полигон. Часто используют воду ближайших рек; для чего проводят водоводные каналы.

Применяют три основных способа вскрытия: первоначальным котлованом, плотинами или комбинированный (комбинация траншей и котлована или плотин). Глубина котлована должна обеспечить всплытие понто-

на. Размеры его в плане зависят от рабочих параметров драги. Расположение котлована в нижней части россыпи и последующая разработка ее по восстанию обеспечивают лучшие условия обогащения и осветления воды в дражном разрезе, так как свежая вода поступает со стороны забоя, не загрязненной эфельными отвалами. Не происходит заиливания, поэтому в бочку и на шлюзы подают более чистую воду. Кроме того, эфельные отвалы расположены в более глубокой части водоема, благодаря чему возрастает их емкость. Однако при такой схеме движения драги выше утечки воды из дражного разреза за счет фильтрации через разрыхленные отвалы, а также потери полезного ископаемого в целиках под плотинами.

Выемку грунтов в дражном забое ведут послойно или с подбоем. В первом случае месторождение отрабатывают слоями толщиной 0,1–0,5 м сверху вниз, постепенно опускаясь на почву россыпи.

При выемке подбоем черпачная рама находится ниже вынимаемого грунта и сразу отрабатывает мощный слой, в некоторых случаях равный высоте уступа. Верхние части грунта в процессе работы постепенно обрушаются. Этот способ характерен для драг, перемещаемых с помощью головного каната.

В процессе разработки россыпи с опережением производят (в случае необходимости): очистку дражных полигонов от леса, пней и кустарников; вскрышные работы, на которых используют бульдозеры, скреперы, экскаваторы, гидромониторы. На вечномерзлых россыпях, кроме того, оттаивают породы посредством дождевания, затопления полигона водой, нагнетания пара или воды в трубчатые иглы.

Основные преимущества дражной разработки: высокая производительность, поточная технология, возможность автоматизации добычных и обогатительных процессов, механизации вспомогательных операций. Недостатки: ограниченная область применения, затрудненность точного учета и контроля потерь песков.

Контрольные вопросы и задания

1. Опишите принципиальную конструкцию драги.
2. Каким образом маневрирует драга?
3. Поясните, как извлекают полезные компоненты при дражной разработке.
4. Приведите способы вскрытия дражных полигонов и применяемые системы разработки.
5. Поясните, по каким причинам начинают широко использовать микро-дражное оборудование.
6. По каким признакам все микродраги подразделяются на классификационные группы?

7. Укажите область применения микродражного оборудования.
8. Опишите способы ведения добычных работ при использовании микродраг.
9. Перечислите основные направления модернизации современного микродражного флота.
10. Назовите основные достоинства и недостатки дражной разработки.

Занятие 18. Особенности добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов

Цель занятия. Изучение технологии подводной добычи полезных ископаемых.

Краткие теоретические сведения

Во второй половине XX в. Россия и другие страны приступили к освоению богатых минеральных ресурсов Мирового океана. Более 70 предприятий в различных районах мира добывают на шельфе золото, олово, титан, алмазы и другое сырье, перерабатывая ежегодно более 130 млн м³ горной массы. На морском дне по условиям технических средств разработки выделяют три уровня: первый с глубиной воды не более 5–10 м; второй с глубиной до 100–200 м и третий – до предельных глубин океана [12].

Разработку пляжевых прибрежных россыпей, как правило, ведут традиционными средствами, характерными для континентальных месторождений: бульдозерами, скреперами, экскаваторами, земснарядами, драгами. Одной из наиболее сложных проблем является производство работ в подводной зоне пляжей с приливно-отливными течениями, волновым и ветровым воздействием, с крутыми берегами и крупными валунами у подножия абразивных склонов. В этих условиях наиболее эффективны канатно-скреперные установки, оборудованные ковшами с крыльями для их гидродинамического взвешивания при движении в воде. Весьма перспективны земноводные самоходные установки вследствие их мобильности, устойчивости в отношении воздействия волн и течений, простоты управления и др.

В России подводные бульдозеры-планировщики применяют в портах при выравнивании дна и постели для молов. Японская фирма «Комацу» создала четыре типа бульдозеров для глубин 3, 7, 15 и 60 м. Они могут осуществлять добычу песка и гравия, работая совместно с надводными землесосами, драглайнами и грейферами. Управляют бульдозерами дистанционно по радио или телефону, а также непосредственно операторами,

находящимися в кабине. Отвалы оснащены боковыми стенками, защищающими грунт от смыва водой. Привод этих бульдозеров – электрический, вместимость кабельной лебедки – 150 м.

Наиболее проверенный тип горных машин для подводной разработки в зоне шельфа – морские многоковшовые драги. У них, в отличие от континентальных драг, отсутствуют отвалообразователь и сваи. Передвижение и маневрирование по забою осуществляется посредством канатно-опорного устройства. «Хвосты» обогащения по системе кормовых желобов самотеком поступают в водоем. Максимальная глубина выемки пород ниже уровня воды у многоковшовых драг с роторным колесом или жесткой рамой не превышает 50 м.

Для подводной разработки на глубинах до 70 м можно использовать подводные экскаваторы-земснаряды типа «Кроулкаттер» (США). Он разрушает породы фрезерным рыхлителем с гидроприводом, а транспортирует их – грунтонасосом. Управляют экскаватором два оператора. Энергоснабжение электрических систем осуществляется по кабелю. Установленная мощность двигателей – 1 000 кВт; подаваемое на борт напряжение – 4 160 В; тяговое усилие (напор на забой) составляет 529 кН; производительность по породе – до 153 м³/ч; возможное удаление от берега – до 950 м.

Землесосные установки с механическим или гидравлическим рыхлителем эффективны при глубине разработки до 80 м. Московским горным институтом и Уфимским заводом горного оборудования созданы подводные земснаряды «Моллюск», основанные на использовании гидростатического давления окружающей среды в районе забоя для операций процесса выемки. При установившейся работе земснаряд присасывается к забою с силой 0,98–1,96 кН. Специальный погружной грунтовый насос служит для гидротранспортирования породы и для ее разрушения за счет перепада давления на всасывании, который при достаточной глубине погружения может быть примерно равен напору землесоса. Привод его электрический, от специального герметичного электродвигателя. Корпус насоса служит для монтажа других узлов земснаряда «Моллюск»: погружного понтона с регулируемой плавучестью, породозаборного устройства, всасывающей трубы. Максимальная глубина погружения «Моллюска-3» – до 60 м, «Моллюска-5» – до 500 м. Максимальная часовая производительность по породе в плотном теле составляет 200–300 м³ на глубине до 50 м, на глубине 100 м – 100–150 м³, 500 м – 20–30 м³. Способы разработки уступа: с подрезкой и обрушением. При этом частичное разрушение породы и подача ее к породозаборному устройству происходят за счет гравитационных сил, что снижает удельную энергоемкость.

При переходе на большие глубины эффективны схемы подъема полезного ископаемого канатно-цепными многоковшовыми драгами и эжек-

торными установками (рис. 18.1). Драги, работающие по принципу «непрерывной ковшовой линии», включают: одно или два судна, петлю пропиленового каната длиной несколько километров, на котором через 20–50 м закреплены ковши, подъемное приспособление на судах, позволяющее перемещать канат и обеспечивать черпание минерального сырья (рис. 18.1, а). Такая система испытана на глубинах до 4 700 м и может обеспечить годовую производительность 2–3 млн т.

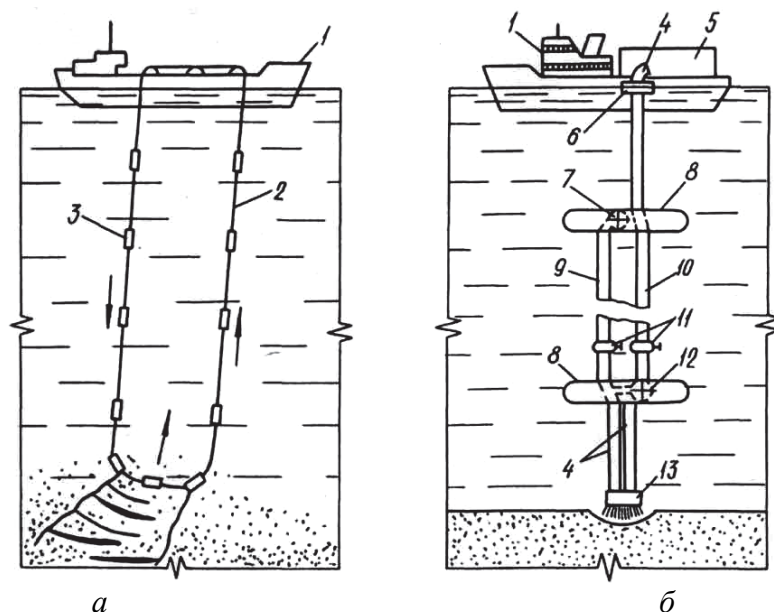


Рис. 18.1. Схемы подъема полезного ископаемого со дна морей и океанов непрерывной ковшовой линией (а) и эжекторными драгами (б): 1 – добычное судно; 2 – канат; 3 – ковш; 4 – гибкий армированный шланг; 5 – обогатительная фабрика; 6 – причальная бочка; 7 – насос; 8 – герметичный балластный поплавок с ходовыми винтами; 9 – трубопровод напорной воды; 10 – пульпопровод; 11 – разгрузочные ходовые винты; 12 – загрузочный аппарат; 13 – всасывающая головка

Еще более перспективны эжекторные (гидровсасывающие) подъемники и землесосные установки с многоступенчатым подъемом погружными насосами. Они могут работать на глубинах до 4,5–6,0 км. В одном из вариантов таких глубоководных драг (рис. 18.1, б) напорную воду с балластного поплавка подают во всасывающую эжекторную головку. Засасываемый материал поступает в одну из камер напорного загрузочного устройства, а из него в подъемный пульпопровод. Расход электроэнергии по этой схеме не превышает 1 кВт·ч/т.

Усилия ученых, инженеров и конструкторов направлены на создание подвижных и компактных автоматизированных комплексов подводных

и надводных установок, которые должны обладать способностью длительно и надежно работать в открытом океане. В их технологическую цепочку будет входить и переработка минерального сырья.

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите технические средства, используемые при разработке подводной зоны пляжевых россыпей с глубиной воды не более 5–10 м.
2. Опишите способы разработки морских месторождений на глубинах до 100–200 м.
3. Поясните технологию разработки минеральных ресурсов Мирового океана на больших глубинах.
4. Перечислите уровни подводной разработки по условиям технических средств.
5. Что усложняет ведение работ в подводной зоне пляжей?
6. Назовите основные направления развития подводной добычи полезных ископаемых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для переходного периода в отечественной экономике характерен ввод в строй действующих предприятий малых карьеров, владельцами которых являются юридические (акционерные общества, муниципальные, реже государственные субъекты) или физические лица. Такие предприятия более гибки и конкурентоспособны, но они же и подвержены серьёзному влиянию природных и различных субъектных факторов. В этих условиях особенно возрастает необходимость понимания и учёта общности и взаимосвязи технологических схем, систем разработки, отдельных процессов и законов горной науки. Любая ошибка может неожиданно стать решающей и привести к необратимым финансовым потерям. Как правило, такие явления сопровождаются различными аварийными ситуациями, связанными с людскими потерями.

В настоящем издании авторы стремились показать пути сглаживания или ликвидации нежелательных предпосылок, главной из которых может стать недооценка реальных взаимосвязей в большой системе – «карьер».

Воспитание серьёзного отношения к законам горной науки должно стать основой работы будущего специалиста – горняка. Необходимо постоянно учитывать перспективы развития предприятия, возможность его модернизации и внедрения различных прогрессивных идей, создания новых рабочих мест.

Стремление только к максимизации прибыли любой ценой вне учёта многообразия явлений и событий в производственной деятельности слишком утилитарно и бесперспективно.

Формирование гибких вариантов технологических схем и соответствующих решений по вскрытию карьерных полей и рабочих горизонтов является одной из самых крупных проблем.

Оценка вариантов технологий должна быть многокритериальной, не только сугубо технологической, но и экологической и, несомненно, экономической.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анистратов, Ю. И. Технология открытых горных работ: учеб. для вузов / Ю. И. Анистратов. – М.: Недра, 1995. – 216 с.
2. Безопасность при взрывных работах: сб. документов. Сер. 13. Вып. 1. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Гос. унитар. предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 252 с.
3. Вокин, В. Н. Основы горного дела: учеб. пособие / В. Н. Вокин, В. Н. Морозов, Б. А. Ахпашев. – Красноярск: ГУЦМиЗ, 2004. – 208 с.
4. Вокин В. Н. Открытая геотехнология: учеб. пособие / В. Н. Вокин, В. Н. Морозов, Е. Ю. Назарова, М. Ю. Кадеров. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 3013. – 156 с.
5. Городниченко, В. И. Основы горного дела: учеб. для вузов / В. И. Городниченко. – М.: Изд-во «Горная книга», 2008. – 464 с.
6. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом (ПБ 03-498-02). Сер. 03. Вып. 22. – М.: Гос. унитар. предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2003. – 152 с.
7. Основы горного дела: учеб. для вузов / П. В. Егоров, Е. А. Бобер, Ю. Н. Кузнецов и др. – М.: Изд. МГГУ, 2000. – 408 с.
8. Открытые горные работы: справочник / К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Виницкий, Н. Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.
9. Перечень взрывчатых материалов, оборудования и приборов взрывного дела, допущенных к применению в российской Федерации. Сер. 13. Вып. 2. – М.: Гос. унитар. предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 80 с.
10. Ржевский, В. В. Открытые горные работы: Производственные процессы: учебник / В. В. Ржевский. Изд. 5-е. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 512 с.
11. Ржевский, В. В. Открытые горные работы: Технология и комплексная механизация: учебник / В. В. Ржевский. Изд. 5-е. – М.: Кн. дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 552 с.
12. Синьчковский, В. Н. Открытые горные работы: практикум / В. Н. Синьчковский, В. Н. Вокин, И. В. Черникова. – Красноярск: СФУ, 2010. – 172 с.
13. Синьчковский, В. Н. Процессы открытые горные работы: практикум / В. Н. Синьчковский, Ю. В. Ромашкин. – Красноярск: ГОУ ВПО «ГУЦМиЗ», 2006. – 156 с.

14. Синьчковский, В. Н. Технология открытые горные работы: учеб. пособие / В. Н. Синьчковский, В. Н. Вокин, Е. В. Синьчковская. – Красноярск: ИПК СФУ, 2009. – 508 с.

15. СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск: СФУ, 2014. – 60 с.

16. СТП ГАЦМиЗ 11-98. Правила оформления горно-графической документации. – Красноярск: ГАЦМиЗ, 1999. – 48 с.

17. Томаков, П. И. Открытая разработка угольных и рудных месторождений: учеб. пособие / П. И. Томаков, В. В. Манкевич. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГГУ, 2000. – 611 с.

18. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». Сер. 03. Вып. 78. – М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014 – 276 с.

19. Чирков, А. С. Добыча и переработка строительных горных пород: учеб. для вузов / А. С. Чирков. – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – 623 с.

20. Шешко, Е. Е. Горно-транспортные машины и оборудование для открытых работ: учеб. пособие для вузов / 3-е изд., перераб. и доп. Е. Е. Шешко. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 260 с.

21. Подэрни, Р. Ю. Механическое оборудование карьеров: учебник для вузов / Р. Ю. Подэрни. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 606 с.

22. Ялтанец, И. М. Практикум по открытым горным работам: учеб. пособие для вузов / И. М. Ялтанец, М. И. Щадов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГГУ, 2003. – 429 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Техническая характеристика станков вращательного и ударно-вращательного бурения

Параметр	Вращательное бурение резанием				Ударно-вращательное бурение (пневмоударное)					
	2СБР-125-30	СБР-160А-24	СБР-160Б-32	2СБР-160-24	СВБК-200-50	СБУ-100Г-35	СБУ-125А-32	СБУ-125А-52	СБУ-160-32	СБУ-200-32
Диаметр долота, мм	118; 125	160	160	160; 190	190; 214	105; 125	100; 125	125; 160	160	200
Глубина скважины, м	30	24	32	24	До50	35	32	52	32	32
Направление бурения к вертикали, град	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0-45	0-30	0-30
Частота вращения, с ⁻¹	5,7	1,7; 2,2; 3,3	1,7; 2,2; 2,3	0,7; 1,4; 2,1	3,0	0,76	0,36; 0,76	0,5-2,2	1,0	0,80
Тип пневмоударника	-	-	-	-	-	П-105, П-125	П-125	П-160А	П-160А	П-200
Энергия единичного удара, Дж	-	-	-	-	-	95/140	190	280,9	280,0	420,0
Частота ударов, с ⁻¹	-	-	-	-	-	26/21	21	21	21	19
Масса станка, т	12	25	35	18	48,2	5	9	13,5	16,5	36,0

Примечание. Для станков СБУ-160-32 и СБУ-200-32 приведены типовые параметры.

Приложение 2

Техническая характеристика станков шарошечного бурения

Параметр	СБШ-160/ 200-40	СБШ-190/ 250-60	ЗСБШ- 200-60	СБШ- 250МНА- 32	СБШ- 250МНА- 32КП	СБШ- 250/270 (РД10)-60	СБШ- 320М	СБШ-400- 55 (проект)	СБШ-160- 32
Диаметр скважины условный, мм	160; 171; 215	190; 215,9; 244,5	215; 250	250; 270	250; 270	250; 270	320	320; 400	160
Глубина бурения вертикальных скважин, м	40	61,5; 32 (долото 244,5 мм)	60	32	32	60	36	55	32
Угол наклона скважин к вертикали, град	0;15;30	0-45	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 15; 30	0; 10; 15; 20; 25; 30	0; 15; 30	0; 15; 22; 30	0; 15; 30
Техническая характеристика в породах с коэффициентом крепости 14, м/ч	25	25	15	15	20	20	20	25	20
Установленная мощность, кВт	420	380	268	409	550	н.д.	712	700	180
Скорость передвижения, км/ч	1,2	1,2	1,2	0,77	до 1,3	1,3	1,3	1,3	1,2
Масса, т	50	75	32	85	100	90	140	150	35
Частота вращения долота, с ⁻¹	до 2,5	до 2,17	0,2-2,5	0,2-2,5	0,2-2,5	до 2,5	0-2,1	0-2,1	3,3
Усилие подачи, кН	0-150	до 350	300	300	300	до 450	500	0-600	150

П р и м е ч а н и е. Для станка СБШ-160 приведены типовые параметры.

Приложение 3

Техническая характеристика одноковшовых гусеничных экскаваторов
(прямых мехлопат отечественного производства)

Модель	Максимальная высота, м		Максимальный радиус, м		Радиус черпания на уровне стояния, м	Радиус вращения кузова, м	Вместимость ковша, м ³
	черпания	разгрузки	черпания	разгрузки			
ЭКГ-5УС	12,9	5,9	15,5	13,2	9,5	5,0	4,6
ЭКГ-5А	10,3	6,7	14,5	12,3	9,04	5,0	4,6-6,3
ЭКГ-5В	10,2	6,5	14,5	12,3	9,04	5,0	5,0
ЭКГ-5у	22,2	17,5	23,7	22,1	14,5	7,8	5,0
ЭКГ-8и	13,5	8,6	18,4	16,3	12,2	7,3	6,3-10
ЭКГ-8у	30,0	24,5	34,0	32,0	20,2	10,02	8,0
ЭКГ-8УС	17,6	12,5	19,8	17,9	13,5	7,8	8,0
ЭКГ-10Р	13,5	8,6	17,9	12,0	12,2	7,3	8,0
ЭКГ-9УС	20,0	14,3	23,5	17,5	14,5	10	9,0
ЭКГ-10	13,5	8,6	11,8	9,8	12,2	7,3	10-12,5
ЭКГ-10М	14,5	10,2	19,0	13,0	12,2	7,3	11,5
ЭКГ-12	15,0	9,3	21,0	19,8	14,8	10	9,2
ЭКГ-12В	15,0	9,3	20,5	19,3	15,0	10	12,0
ЭКГ-12УС	22,3	14,9	28,0	15,6	17,5	10,02	12,0
ЭКГ-12,5	15,1	10,0	22,5	19,9	14,8	10,0	12,5
ЭКГ-15	16,6	9,9	22,6	19,9	14,8	10,0	15,0
ЭКГ-15(18)	15,6	10,0	22,6	20,0	15,6	10,0	15(18)
ЭКГ-20А	17,0	10,0	23,4	20,0	13,7	8	16-25

Приложение 4

Техническая характеристика одноковшовых гусеничных экскаваторов
(прямых мехлопат зарубежного производства)

Модель	Максимальная высота, м		Максимальный радиус, м		Вместимость ковша, м ³
Бьюсайрус-Ири					
195-ВП	12,5	7,06	16,30	14,48	13,0
290-ВП	14,15	8,86	19,20	17,22	16,72
295-ВП	14,86	8,91	19,60	17,60	22,80
395-ВП	16,15	9,60	22,42	20,42	32,68
495-В	16,15	9,45	22,42	20,42	40,28
Харнишфрегер (P&H Mining Equipment)					
1900AL	14,63	9,75	18,10	16,15	10,64
2100BL	14,43	9,65	19,40	17,53	13,68
2100BLE	14,73	9,65	19,40	17,53	15,20
2300ХРА	15,39	9,91	20,60	18,70	20,52
2800ХРА	16,36	10,46	21,40	19,50	34,96
4100	16,94	10,44	22,00	20,02	42,56
5700ХР	20,73	13,26	27,20	25,48	53,20
Марион-Дрессер					
151-М	10,74	6,78	15,20	13,26	7,6
182-М	13,03	8,08	16,60	14,88	9,88
191-М	14,86	8,66	18,35	16,46	12,92
192-МП	14,86	8,66	18,35	16,46	15,20
201-М	15,95	9,52	19,43	17,63	20,52
204-М	15,24	13,31	18,62	16,76	25,84
301-М	17,50	10,06	21,72	19,84	41,04

Приложение 5

Техническая характеристика карьерных электровозов и тяговых агрегатов

Модель	Номинальное напряжение, кВ	Сцепная масса, т	Грузоподъемность моторного думпкара, т	Нагрузка на ось, кН	Длина по осям автоцепок, мм	Мощность тягового двигателя, кВт	Поставщик
Электровозы							
EL1	1,5	150	–	245,3	21320	350	Германия
EL2	1,5	100	–	245,3	13770	350	То же
26E	1,5	180	–	294,3	21470	425	Чехия
D-94	10,0	94	–	230,5	16400	412,5	Украина
Тяговые агрегаты							
ПЭ-2у (ЭУ+2МД)	3,0/1,5	368	45,5	310	51306	н.д	Украина
ПЭ-2м (ЭУ+2МД)	3,0/1,5	368	44,0	310	51306	455	То же
ПЭ-3т (ЭУ+ДС+МД)	3,0/1,5	372	44,0	310	51306	455	
ОПЭ-1 (ЭУ+ДС+МД)	10,0	360	45,0	300	51306	575	Россия
ОПЭ-1А (ЭУ+ДС+МД)	10,0	372	44,0	310	51300	445	Украина
ОПЭ-1Б (ЭУ+ДС+МД)	10,0	372	44,0	310	51300	445	То же
ОПЭ-2 (ЭУ+ДС+МД)	10,0	372	44,0	310	51300	445	
EL-10 (20) (ЭУ+ДС+МД)	10,0	366	55,0	300	52300	410	Германия

Примечание. 1. ДС – дизельная секция, МД – моторный думпкар, 2. Сокращение н.д – нет данных

Приложение 6

Техническая характеристика тепловозов

Модель	Сцепная масса, т	Эффективная мощность двигателя, кВт	Длин по осям автоцепок, мм	Радиус проходимых кривых (не менее), м	Поставщик
С гидромеханической передачей					
ТГМ-3А	68	550	12600	40	Россия
ТГМ-4	80	550	12600	40	Россия
ТГМ-6А	90	890	14600	40	Россия
ТУ-6А	14	93,5	18490	40	Россия
ТУ-7	24	294,4	9200	40	Россия
С электромеханической передачей					
ТЭМ-1	120	735/87	16970	н.д.	Россия
ТЭМ-2	122,4	880/112	16970	н.д.	Россия
ТЭМ-3	120,0	880/112	16900	н.д.	Россия
ТЭМ-7	180,0	1470/135	21500	н.д.	Россия
ТЭ-3м (1 секция)	127	1470/206	16970	н.д.	Россия
ТЭ-10м (1 секция)	138	2208/305	16060	н.д.	Россия

Примечание. 1. У тепловозов с электромеханической передачей в знаменателе указаны мощность тягового электродвигателя, кВт.

2. Сокращение н.д – нет данных

Приложение 7

Техническая характеристика полувагонов и думпкаров

Модель	Грузо-подъемность, т	Вместимость кузова, м ³	Масса вагона, т	Коэффициент тары	Длина по осям автоцепки, мм	Поставщик
ПС-63 (12-404)	63	73	22,4	0,36	13920	Россия
ПС-94	94	106	33,0	0,35	16400	
ПС-125	125	140,3	46,0	0,33	20240	
ПС-69 (12-119)	69	76	22,5	0,33	13920	
ПС-71 (12-159г)	71	83	21,3	0,30	13920	Украина
ПС-129	129	141	48,4	0,36	20500	Россия
ПС-75	75	85	25	0,33	13920	
Специальные полувагоны						
Для перевозки угля	90,0	91,2	36,0	0,40	16400	Россия
Хоппер четырехосный	65,0	42,0	22,0	0,34	12000	
Хоппер для угля (модель 22-4003)	90,0	86,0	30,0	0,58	17480	Украина
Думпкары						
6ВС-60	60,0	26,2	29,0	0,48	11830	Россия
ВС-66	66,0	35,2	27,5	0,42	12450	
ВС-85	85,0	38,0	35,0	0,41	12170	
2ВС-105	105,0	48,5	48,0	0,45	15020	
ВС-145	145,0	68	78,0	0,54	17630	
ВС-180	180,0	58	68,0	0,38	17580	

Приложение 8

Краткая характеристика карьерных автосамосвалов

Модель	Грузо-подъемность, т	Вместимость кузова, м ³		Габариты, мм		
		геометрическая	с «шапкой»	длина	ширина	высота
ПО «БелАЗ»						
БелАЗ 7540А, 7540В, 7540А, 7540С	30,0	15	18,5	7100	44360	3430
БелАЗ 7540Д	30,0	15	19,0	7110	4360	3930
БелАЗ 7540Е	30,0	24,5	28,0	7110	4360	3930
БелАЗ 7528-10 (6х6)	30,0	16	21,0	11350	3700	3700
БелАЗ 7547, БелАЗ 75471	45,0	19	26,0	8090	4620	4390
БелАЗ 7555, БелАЗ 7555В	55,0	25,0	34,2	8840	5240	4610
то же углевозы	55,0	49,0	56,0	8890	5240	4610
БелАЗ 7555Е	55,0	32,0	37,5	900	5240	4610
то же углевоз	55,0	49,0	56,0	9000	5240	4610
БелАЗ 75491 БелАЗ 75492	80,0	35,0	46,0	10300	5420	5350
то же углевозы	80,0	59,7	74,0	10300	5120	5350
БелАЗ 7514-10 БелАЗ 75145	120,0	47,0	61,0	11380	6140	5580
то же углевозы	120,0	90,0	110	11380	6140	5580
БелАЗ 75131 БелАЗ 75132	130,0	46,0	71,0	11500	6900	5720
БелАЗ 75215	180,0	92,0	125	14580	7780	6460
БелАЗ 75216	190,0	84,0	110	14580	7780	6460
БелАЗ 75303	200,0	80,0	114	13400	7780	6520
Торговый дом «АвтоКрАЗ»						
КРАЗ-6510(6×4)	13,5	8,0	–	8920	2950	2800
КРАЗ-65055(6×4)	16,0 (18,0)	10,5	–	8285	2948	2700
КРАЗ-65032(6×6)	15,0 (17,0)	10,5(9,12)	–	8250	2948	2290
КРАЗ-65032-043(6×6)	18,0 (20,0)	12,0	–	8284	2948	2995
КРАЗ6130С4(6×4)	15,0 (17,0)	20,0	–	9455	2950	2940
МоАЗ						
МоАЗ-75051(4×4)	23,0	15,5	–	7520	3250	3400

Приложения

Модель	Грузо-подъемность, т	Вместимость кузова, м ³		Габариты, мм		
		геометрическая	с «шапкой»	длина	ширина	высота
CATERPILLAR						
769D	39,98	16,5	24,2	8260	5010	4080
760D	39,21	17,0	24,2	8260	5010	4050
771D	41,03	20,2	27,5	8440	5010	4450
773E	57,82	26,6	35,5	9720	5080	4450
773E	58,16	26,6	35,2	9720	5080	4350
775E	63,19	31,4	41,5	9480	5080	4340
775E	61,92	31,2	41,2	9480	5080	4400
775E	66,55	32,7	41,2	9480	5080	4400
777D	95,996	42,0	60,2	10300	6100	5180
777D	96,816	42,1	60,1	10300	6100	4910
785C	140,0	н/д	78,0	11020	6640	5770
789C	180,0	н/д	105,0	12180	7670	6150
793C	223,0	110,0	147,6	12870	7410	6430
793C	218,0	96,0	129,0	12870	7410	6430
797B	345,0	173,0	220,0	14530	9760	7580
HITACHI						
EH650	36,3	17,0	23,5	8040	3760	3710
EH700-2	38,0	17,0	24,0	8660	4760	4320
EH750-2	40,0	20,8	27,7	8670	4760	4370
EH1000	59,9	25,0	36,0	9300	4240	4750
EH1100	65,0	27,5	39,0	9300	4750	4260
EH1600	89,7	35,4	57,1	11100	5890	5310
EH1700	98,4	38,6	60,3	10270	6050	5310
EH3000	159,6	72,2	101,9	11550	7450	6290
EH3500	193,3	79,9	115,1	12240	7700	6370
EH4000	228,0	92,9	131,9	13510	7870	6860
EH4500	279,0	105,4	147,6	14150	7850	7040
LIEBHERR						
T252	173-195	76,5	107,8	13300	7500	6400
T262	218,0	84,0	119,0	13300	7800	6700
T282B	363,0	122,0	183,5	14500	8800	7400
KOMATSU						
HD255-5(4×2)	25,0	17,7	–	7290	3690	5360
HD325-6(4×2, 4×4)	36,5	24,0	–	8365	4120	4150

Приложения

Модель	Грузо-подъемность, т	Вместимость кузова, м ³		Габариты, мм		
		геометрическая	с «шапкой»	длина	ширина	высота
НД405-6(4×2)	41,0	27,3	–	8365	4120	4150
НД465-7(4×2)	55,0	34,2	–	9355	4650	4400
НД605-7(4×2)	63,0	40,0	–	9355	4660	4400
НД785-5(4×2)	91,0	60,0	–	10490	5710	5050
НД985-5(4×2)	105,0	64,0	–	10610	5560	5120
НД1500-5(4×2)	149,0	78,0	–	11370	6620	5850
630E(4×2)	172,0	103,0	–	11940	7010	6430
730E(4×2)	186,0	111,0	–	12830	7540	6250
830E(4×2)	231,0	147,0	–	13510	7320	6880
930E(4×2)	290,0	211,0	–	15320	8690	7320
DAIMLER, CHRYSLERAG						
Антрос 3332(6×6)	21,0	13,5	–	8175	2475	3330
Антрос 3332(6×4)	20,0	13,0	–	7723	2475	3270
Антрос3332(6×4)	22,0	14,0	–	7723	2475	3270
Антрос 4036(6×4)	25,0	15,0	–	8175	2475	3330
Антрос 4141(8×4)	25,0	16,0	–	8954	2482	3527
SCANIA						
P114CB9(6×4) HZ340	18,0	11,0	–	7330	2500	3300
T114CB(6×4) NZ380	25,0	16,0	–	8640	2500	3550
P114CB(6×4) HZ380	25,0	16,0	–	7735	2500	3300
TATRA						
T163-34ESK8	23,8	14,0	–	8475	2550	3390
T163-36ESK8	23,8	14,0	–	8475	2550	3390
T163-36ESK8	23,15	14,0	–	8475	2550	3391
T163-380SK4	19,22	12,0	–	7830	2550	3320
T163-280S84	25,8	16,0	–	8580	2550	3170
T163-290S84	25,8	16,0	–	8580	2550	3170

Учебное издание

Вокин Владимир Николаевич
Кирюшина Елена Васильевна
Кадеров Михаил Юрьевич

ОТКРЫТАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Практикум

Редактор *И. Н. Байкина*
Компьютерная верстка *О. А. Кравченко*

Подписано в печать 20.06.2018. Печать плоская. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 8,25. Тираж 100 экз. Заказ № 4105

Библиотечно-издательский комплекс
Сибирского федерального университета
660041, Красноярск, пр. Свободный, 82а
Тел. (391) 206-26-67; <http://bik.sfu-kras.ru>
E-mail: publishing_house@sfu-kras.ru