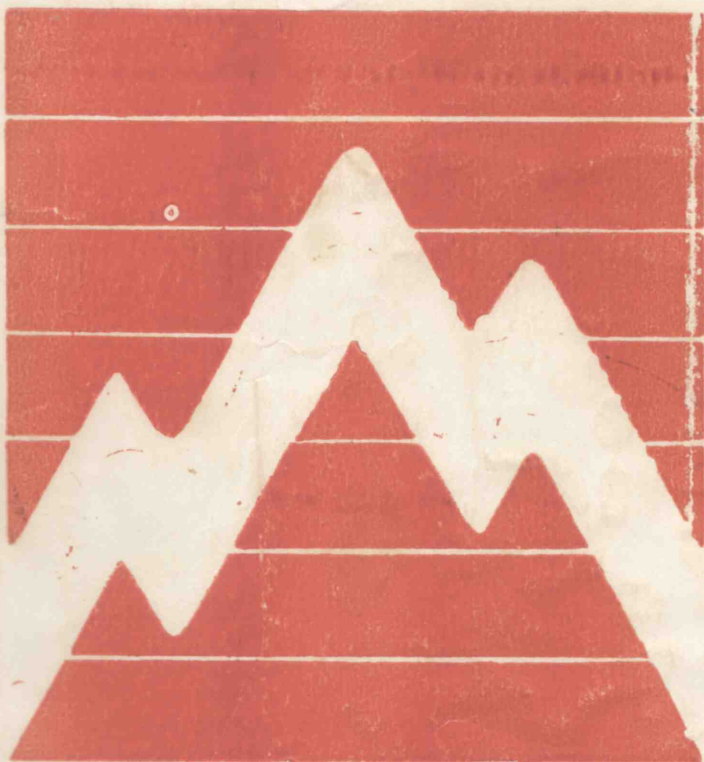


022.240

и 416

С. А. ИЛЬИН

ТЕХНОЛОГИЯ
ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ 411



Москва — 1992

622.240
И-46

ф

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

С.А. ИЛЫН

**ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

(Часть II)

**Учебное пособие
для студентов специальности 09.05
по дисциплине
"Технология и комплексная механизация"
(по профилю)**

Ил

НАУЧ.-ТЕХ.
АБОНЕМЕНТ

БИБЛИОТЕКА
Московского
государственного
горного университета

Москва - 1992

Ильин С.А. Технология открытой разработки нагорных месторождений (часть II). Учебное пособие. М.: МИИ, 1992. - 90 с.

Приведены сведения о природных условиях ведения открытых работ в гористой местности. Рассмотрены экологические аспекты карьерных разработок в горах. Сформулированы направления совершенствования техники, технологии и организации производства на нагорных карьерах. Даны описание и расчеты элементов вскрывающих выработок.

Ил. 41, табл. 2, список лит. 34 назв.



Московский ордена Трудового Красного Знамени
горный институт, 1992

Настоящее учебное пособие продолжает серию выпусков по технологии открытой разработки нагорных месторождений. В предыдущей I части были приведены сведения о топографии быв. СССР и континентов, дана краткая характеристика нагорных месторождений, разрабатываемых открытым способом и подлежащих разработке в ближайшем будущем, осуществлена их классификация.

Предлагаемая здесь часть II знакомит читателя с природными и производственными условиями ведения открытых работ в гористой местности. Знание их необходимо, ибо все технические и технологические решения на нагорных карьерах должны основываться на строгом учете этих условий.

За последние годы резко изменилась ситуация в горном деле: сейчас на передний план выдвинулись экологические аспекты открытого способа разработки. В промышленности им уделено особое внимание, намечены пути снижения экологического ущерба, наносимого карьерными разработками в горах.

На основе обобщения отечественного и зарубежного опыта проанализированы тенденции в совершенствовании техники, технологии и организации производства на нагорных карьерах. Выявлены проблемы, нуждающиеся в дальнейшем исследовании.

В пособие включены материалы по конструкциям и расчету элементов работающих выработок. Эта работа в систематизированном виде выполнена впервые; ряд расчетов, сделанных автором, также еще не публиковался. Практика преподавания показала, что учащиеся испытывают трудности в трассировании полутраншей, в проектировании пунктов примыкания и поворота трасс. Материалы пособия помогут решать такие задачи. Главный упор сделан на наглядность возможных решений.

Хотя данное учебное пособие и предназначено для студентов специальности 09.05, оно может быть использовано и более широким кругом читателей: аспирантами, стажерами-исследователями (в том числе иностранными), производственниками и проектировщиками.

Рубрикация во всех частях пособия — сквозная.

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2.1. Условия ведения открытых работ в гористой местности

Месторождения, залегающие в гористой местности, характеризуются следующими природными условиями:

1) топографические условия отличаются большой изменчивостью и часто весьма сложны, что, с одной стороны, ограничивает область применения открытого способа разработки вообще, а с другой, затрудняет использование методов типового проектирования;

2) сложная топография поверхности, как правило, сопровождается неблагоприятными климатическими условиями, лавинной и селевой опасностями;

3) разрабатываемые горные породы — обычно крепкие и весьма крепкие, поверхностный слой разрушенных и трещиноватых пород имеет небольшую мощность;

4) четкий контакт рудного тела с вмещающими породами обычно отсутствует, залежь, как правило, имеет неправильную форму;

5) очень часто вся возвышенная часть месторождения сложена полезным ископаемым практически без покрывающих пород (месторождения известняка, мрамора и др.).

2.1.1. Диапазон топографических условий

Рельеф поверхности месторождения в увязке с его высотным положением является главным фактором, определяющим специфику открытых разработок в гористой местности. Отличие от равнинных месторождений наступает при угле наклона косогора свыше $10-15^{\circ}$, когда большая часть карьерных машин (буротанков, экскаваторов, автосамосвалов) уже не может подниматься прямо поперек склона. Для прохода оборудования, размещения транспортных коммуникаций на косогоре вынуждены делать специальные выемки — полутраншеи.

На территории быв. СССР действуют многие нагорные карьеры: угольный Агулак (Киргизстан), железорудный Дашкасанский (Азербайджан), карьеры руд цветных металлов Мукуланский (Кабардино-Балкария), Сары-Чеку (Узбекистан), Каджаранский и Агаракский (Армения), апатитовые карьеры Хибин и др. На очереди освоение Удонского магнезито-рудного месторождения, месторождения асбеста "Моло-

дежное", угольного месторождения Кара-Киче и ряда других. Как правило, все они расположены на высоте более 2000 м над уровнем моря.

Усложнение топографических условий на вновь осваиваемых месторождениях характерно для мировой горной промышленности в целом, число высокогорных карьеров в мире увеличивается.

В настоящее время наибольшую абсолютную высоту - 6000 м имеет карьер по добыче самородной серы Лукванкилча (Чили). В диапазоне 5000-2000 м над уровнем моря расположены десятки зарубежных карьеров: меднорудные Торомочо (Перу) - 4800 м, Эртсберг (Индонезия) - 3700 м, Лос-Бронсес (Чили) - 4100 м, медномолибденовых руд Клаймэкс (США) - 4080 м, алмазосодержащих руд Лелсент-ла-Трей (Лесото) - 3200 м, угольный Стимбоут Стрингз (США) - 2150 м и др. Еще большее число высокогорных месторождений намечено к открытой разработке в ближайшем будущем: золоторудное Цуно (Перу, высота 5300 м), меднорудные Тинтайя (Перу, 4000 м), Эль-Индио (Чили, 4200 м), Айнак и Дербант (Афганистан, 2520-2550 м), андезитовые Харидхунга (Непал, 2600 м), олово-серебросодержащих руд Серро-Риньо (Боливия, 4800 м) и т.д. / 10 /.

В странах СНГ одним из самых высокогорных является месторождение полиметаллических руд Кумтор (Кыргызстан), расположенное в труднодоступном районе с высотами 3900-4300 м. / 22 /.

На карьерах с отметками поверхности менее 1000-1500 м влияние высокогорья сказывается не так сильно, решающим становится степень пересеченности рельефа. Наличие крутых склонов, обрывов и эрозионных нарушений особенно характерно для месторождений типа "гора-залезь": известняковых Баянкольского (Тува, отметка вершины 967 м), Хаджар-Суд (Алжир, 324 м), Батис (Йемен, 615 м), Тчан-кан (Вьетнам, три вершины 73-115 м), Шелестовского андезитового (Украина, 340 м), Боснийского доломитового (Северная Осетия, 1090 м) и др.

Открытая разработка в гористых районах связана с дополнительными значительными расходами на подвод и содержание транспортных и энергокоммуникаций, доставку людей, оборудования и материалов, вывозку добытого полезного ископаемого.

Сложные топографические условия затрудняют и производство собственно горных работ. Нагорным карьерам в большинстве случаев присущ неблагоприятный режим работ, при котором в период строительства и в начале эксплуатации приходится удалять пиковые объе-

мы вскрыши. Усложнены вопросы вскрытия рабочих горизонтов, особенно при ограниченных размерах карьерного поля, крутых склонах и резко расчлененном рельефе. Нагорные карьеры испытывают значительные трудности в выполнении таких работ, как обустройство и взрывание островерхих скальных обнажений, проходка полутраншей на крутых косогорах, обработка горизонтов на гребнях гор, отсыпка отвалов на склонах узких речных долин и др.

2.1.2. Климатические условия гористых районов

По особенностям климатических условий в гористой местности можно выделить:

а) районы с арктическим и субарктическим климатом (карьеры ПО "Апатит" в Хибинах, меднорудный карьер "Медвежий ручей" Норильского ГМК, угольный карьер "Нерюнгринский" НПО "Якутуголь", железорудный карьер Кируна, Швеция и др.);

б) районы высокогорья с отметками более 2500-3000 м над уровнем моря (карьеры Мукуланский, Кумтор, Аукванкилча, Клаймэко и др.);

в) районы среднегорья с континентальным и резкоконтинентальным климатом (карьеры в горах Малого Кавказа, Урала, Памира, Тянь-Шаня, Алтая, Восточной Сибири);

г) районы низко- и среднегорья с умеренным и мягким климатом, где влияние климатических условий на открытие работ невелико (карьеры: андезитовые Шелестовский и Ореховский в Закарпатье, известняковые Жигулевский на Волге, Бадаклавский в Крыму, Мишоко в Адыгее и др.);

д) гористые районы пустынь и полупустынь с жарким сухим климатом (карьеры: меднорудный Сары-Чеку, Узбекистан; по добыче серы Гаурдакский, Туркменистан; фосфоритовый Джебель-Онк, Алжир; известняковый Хатат, Йемен и др.);

е) гористые районы в зоне влажного тропического климата (карьеры Юго-Восточной и Южной Азии, Экваториальной Африки, бассейна р.Амазонка, острова Карибского моря и др.).

Рассмотрим климатические условия всех этих районов более подробно.

Типичным примером нагорных карьер Заполярья может служить карьер "Центральный" ПО "Апатит". Он занимает почти всю площадь горного плато "Расвумчорр" в Хибинах с абсолютной отметкой 1060 м. Плато возвышается над окружающими долинами на 300-600 м, крутизна

склонов у краев плато до 60–70°. Климатические условия в карьере приближаются к арктическим: длительность зимы до 8 мес, среднее количество выпадающего снега 1000 мм, толщина снежного покрова 3,0–3,5 м, скорость ветра временами превышает 40 м/с с отдельными порывами до 60 м/с, суммарный метелевый перенос снега составляет за зиму около 1200 м³ через каждый погонный метр фронта, среднегодовая температура воздуха – 5,4°C. Высотное положение карьера способствует частым метелям (до 203 дней в году) и туманам (до 303 дней) / 6, 15 /.

Продолжительная зима, полярная ночь и сильные ветры, особенно метели, понижают сопротивляемость человека к заболеваниям, приводят к падению производительности труда (до 15–20% в зимний период). Наиболее подвержены неблагоприятному воздействию полярного климата рабочие забойной группы (бурильщики, взрывники), а также дежурный персонал / 18 /.

Суровые климатические условия оказывают отрицательное влияние и на работу карьерного оборудования. Среди главных причин этого следует выделить хладоломкость металлических деталей и узлов. Так, из-за учащающихся зимой аварийных поломок бурстанков производительность их снижается на 8–12%. Автотранспорт к тому же очень чувствителен к условиям видимости. Например, при уменьшении в туман и метель расстояния видимости до 70 м в интервале температур от –5° до –20°C производительность карьерных автосамосвалов падает на 60%. И наконец, значительные осложнения в работе нагорного карьера вызывают снежные заносы. Им подвержены транспортные коммуникации, рабочие площадки, забои. Общий объем снегонакопления на карьере "Центральный" достигает 1,5 млн.м³ в год / 18 /.

Особые климатические условия складываются на высокогорных карьерах. С увеличением высоты понижается атмосферное давление и парциальное давление кислорода. Свообразен тепловой режим, выражающийся в понижении температуры на 0,6°C при подъеме на каждые 100 м высоты в летний период, а также в значительной амплитуде максимальной и минимальной температур воздуха в течение года, достигающей 65°C / 14 /. К этому следует добавить сильную ионизацию воздуха и солнечную радиацию. Высокогорные карьеры, как правило, находятся в зоне облаков.

В качестве примера здесь можно назвать Мукуланский карьер Тибетского вольфрамо-молибденового комбината, где открытые работы ведутся на отметках 2330–2975 м (ранее до 3200 м) / 4 /.

Отмеченные выше климатические особенности высокогорья отрицательно влияют на работу этого карьера. В связи с разреженностью воздуха мощность дизельных двигателей уменьшается на 20-25% из-за недогорания топлива, также на 20-25% теряют производительность компрессоры буровых станков, что ведет к неполному удалению бурового шлама из скважины, его переизмельчению, повышает расход шарошечных долот и электроэнергии при бурении, снижает скорость бурения. По этой же причине не может быть достигнута паспортная глубина скважин.

На работу электрооборудования в карьере неблагоприятное воздействие оказывают повышенная ионизация воздуха и солнечная радиация: быстро стареет и выходит из строя изоляция на электрических машинах, происходят пробой в местах соединения клемм. По аналогичным причинам выходят из строя пусковая аппаратура и защитные устройства.

Облачность, опускающаяся на карьер, часто парализует работу автотранспорта. Допустимый предел видимости для автосамосвалов составляет не менее 20 м, ниже этого предела они работать не могут. Простой по этой причине на Мукуланском карьере достигают 1200 машино-часов, потери по неотгруженной горной массе - 160-200 тыс.м³ в год / 4 /.

Заводы-изготовители гарантируют надежную работу своего оборудования пока только до высоты 1500 м. Ставится вопрос о создании карьерного оборудования в специальном высокогорном исполнении. Дизельные машины должны снабжаться турбонаддувом двигателей, а машины с электроприводом - мощными вентиляторами для предотвращения этого перегрева. Перспективно также использование в дизельных двигателях высотных коллекторов, автоматически регулирующих цикловую подачу топлива в зависимости от высоты над уровнем моря /14/.

В районах среднегорья (1000-2500 м) с континентальным и резкоконтинентальным климатом климатические условия более суровы, чем на равнине на тех же широтах, но характер воздействия на людей и оборудования остается практически тем же. К месторождениям данной группы относится, например, Молодежное месторождение хризотил-асбеста (Бурятия), расположенное на склоне Южно-Муйского хребта с отметками 1380-2000 м. Среднегодовая температура в районе месторождения составляет - 6,4°C с абсолютным минимумом в январе -58°C и максимумом в июле +37°C, высота снежного покрова достигает 2,0-2,5 м. На базе месторождения

замечено строительство карьера и горно-обогатительного комбината / 20 /.

В зонах умеренного и теплового климата, наиболее благоприятного для человека (Украина, южные предгорные районы России, Италия, Югославия и др. страны), влияние климатических условий на открытые горные работы оказывается незначительно.

Жара не менее губительна, чем холод, хотя человек приспосабливается и к ней. Жаркий и сухой климат пустынь также вызывает ряд осложнений в работе нагорного карьера.

Главная опасность — перегрев организма человека: при температуре воздуха $+43^{\circ}\text{C}$, например, он получает в час около 300 ккал тепла. Между тем в пустыне, особенно каменной, солнце накаляет поверхность до $+70\text{--}80^{\circ}\text{C}$, в тени температура нередко поднимается до $+50^{\circ}\text{C}$. В кабинах экскаваторов, не оборудованных кондиционерами, температура летом достигает $+45\text{--}48^{\circ}\text{C}$ при температуре стенок кабины $+70\text{--}75^{\circ}\text{C}$. Установлено, что при температуре воздуха $+43,2^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 28% производительность труда машиниста снижается на 20%, а при температуре $+48,8^{\circ}\text{C}$ (и влажности 33%) это снижение достигает уже 40% / 13 /.

Часто возникающие в пустыне знойные пыльные ветры иссушают все живое. Осадков выпадает всего 20–200 мм в год. Суточный перепад температур достигает $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$ (от $+50^{\circ}\text{C}$ днем до $+1^{\circ}\text{C}$ ночью). Ввиду тяжелых условий труда пенсия рабочим на нагорных карьерах Иордании, например, назначается не по возрасту, а по стажу работы на карьере, минимальный стаж для выплаты пенсии установлен в 16 лет / 30 /.

Не менее значительное отрицательное влияние оказывают жара и пыльные бури на работу карьерного оборудования. При пыльных и песчаных бурях в воздухе содержится большое количество (1500 мг/м^3 и более) твердых абразивных частиц. Они оказывают истирающее и загрязняющее воздействие на материалы, контактирующие поверхности (особенно, подшипники), обмотки и коллекторы электрических машин, смазочные, гидравлические и пневматические системы, тормоза.

Наиболее подвержены воздействию высоких температур и гнили полимерные материалы, масла и смазки, а среди устройств карьерных машин — гидравлическое и электрическое оборудование, двигатели внутреннего сгорания, смазочные системы, фильтры и др. / 13 /. Так, на железорудном карьере Уэнза (Алжир), находящемся вблизи

Сахары, фильтры у автосамосвалов приходится менять каждый день.

Высокие температуры воздуха и солнечная радиация вызывают перегрев дизельных двигателей и электрооборудования, нарушают работу систем питания двигателей. Температура воздуха в подкапотном пространстве автосамосвалов поднимается до $+60\text{--}75^{\circ}\text{C}$ при температуре наружного воздуха $+40^{\circ}\text{C}$. Температура обмоток электрических машин возрастает до $+95\text{--}135^{\circ}\text{C}$. Под действием высоких температур и солнечной радиации быстрее изнашиваются автомобильные покрышки: срок их службы сокращается в 1,5–2 раза против такового в умеренном климате / 13 /.

Последняя климатическая зона, где работают еще нагорные карьеры, — это зона влажного тропического климата. Она, как указывалось, охватывает обширные районы земного шара. Воздействию муссонных дождей подвержены и некоторые районы России (Дальний Восток, о. Сахалин). Производство открытых работ в условиях влажного тропического климата имеет свои особенности, видные на примере угольных карьеров Вьетнама / 8 /.

Они расположены в основном на севере Вьетнама и относятся к высотно-глубинному типу, рельеф местности сильно пересечен. Каждое месторождение включает несколько угольных пластов мульдообразной формы. Карьерное поле, как правило, состоит из нескольких территориально разобщенных участков, которые обрабатываются последовательно, начиная с наиболее доступных.

Климат Вьетнама характеризуется наличием двух резко отличающихся между собой времен года: сухого и дождливого сезонов (каждый примерно по 4 мес.), разделенных переходными периодами. Если в сухой сезон дожди практически прекращаются, то в дождливый сезон типичными являются осадки ливневого характера, выпадающие непрерывно в течение 1–7 суток, реже до 10–14 суток.

Топографические условия способствуют стоку в карьер большого количества дождевой воды. Но условия отвода ее с рабочих горизонтов на отдельных участках карьерного поля неодинаковы. Наиболее благоприятны они на нагорных участках, где дождевая вода уходит с уступов самотеком вниз по склону.

Самые тяжелые условия водоотвода складываются в глубинной части карьерного поля, целиком находящейся ниже уровня естественного стока дождевой воды с окружающих склонов. Удаление воды со дна карьера здесь возможно только с помощью насосных установок. Однако объем ливневых осадков настолько велик, что карьерный водо-

отлив оказывается не в состоянии откачать всю воду в короткий срок. Так, в 1978 г. только за одни сутки на дно карьера Кок-Шай поступило около 30 тыс.м³ воды. Затопление нижних горизонтов в дождливый сезон стало типичным явлением в практике работы угольных карьеров Вьетнама / I6 /.

Своеобразные климатические условия рассматриваемой зоны затрудняют работу карьера и в других областях: ливневые потоки размывают дороги, заливают буровые скважины, сопровождающий дождь сильный ветер (вплоть до ураганного) выводит из строя линии электропередач и всю систему водоотлива. Обильные осадки вызывают оползневые явления в карьере, особенно неустойчивыми оказываются серпантины дорог, расположенные в одной вертикальной плоскости. На угольном карьере Бату-Аранг (Малайзия) были вынуждены ввести конвейерный тракт в карьер с дроблением пустой породы в стационарной дробилке из-за невозможности использования автосамосвалов на крутых (до 14°) уклонах в период тропических дождей / I9 /.

Влажный тропический климат отрицательно воздействует на карьерное оборудование. Высокая влажность воздуха сама по себе вызывает коррозию металлических частей машины, насыщение влагой изоляционных материалов, придает воздействию высоких температур на изоляцию электрических проводников особенно активный разрушающий характер. Комплексное воздействие солнечной радиации, тепла и влаги ускоряет процессы старения полимерных материалов / I3 /.

Что касается условий работы персонала, то известно, что сочетание высоких температур с большой влажностью воздуха особо неблагоприятно для человека.

Подводя итог анализу климатических условий в гористой местности, отметим, что специфика их требует разработки особых мер по повышению работоспособности людей в этих условиях, а также выпуска специализированного карьерного оборудования. Эта специфика должна в полной мере учитываться при выработке технологических решений.

2.1.3. Особенности горно-геологических условий нагорных месторождений

Прежде всего следует констатировать, что горно-геологические условия месторождений в горах в целом более сложны, чем на равнине. Особенно это характерно для нагорных рудных месторождений. Они

отличаются большим разнообразием генетических типов, сложной структурой и морфологией рудных тел, изменчивостью характера оруденения / 27 /. В то же время большинство их слабо обводнено.

Разнообразие горно-геологические условия свойственны и угольным месторождениям в горах. На территории быв. СССР большая часть их расположена в Средней Азии (табл. 2.I).

Нагорные месторождения строительных материалов имеют преимущество перед равнинным: здесь распространены месторождения типа "гора-залежь", практически лишенные покрывающих вскрышных пород.

К особенностям породных массивов большинства нагорных карьеров относятся: неодинаковая степень и глубина выветрелости, различная и весьма неравномерная по площади и глубине трещиноватость, наличие зон тектонических нарушений, сложный минералогический и текстурно-структурный состав пород, различная фильтрующая способность / 21 /.

Таблица 2.I

Характеристика нагорных угольных карьеров Средней Азии

Карьеры	Условия залегания угольной толщи	Топографические условия	Местоположение
1	2	3	4
Кызыл-Булак	Пологая (6-12°) синклиналь с крутыми (до 90°) крыльями на флангах	Предгорье (отроги Туркестанского хребта) со сглаженными формами рельефа, отм. 1380-1550 м	г.Сулюкта (Южная Киргизия)
Алмалык	Пласт с переменным (3-80°) углом падения мощностью 28-34 м	Предгорье (отроги хребта Кичик-Алай)	Южная Киргизия
Абшир	Два крутопадающих (70-90°) пласта общей мощностью 18-28 м	Предгорье (отроги хребта Кичик-Алай) с сильно пересеченным рельефом, отм. 1420-1580 м	г.Кызыл-Кия (Южная Киргизия)

1	2	3	4
Кара-Тут	Два пологих (0-12°) пласта, выходящих на поверхность, общей мощностью 7,6-10,5 м.	Входименное плато с поверхностью, сильно нарушенной эрозийными процессами, отм. 700-1200 м	г.Таш-Кумыр (Западная Киргизия)
Агулак	Три промышленных пласта (из 12 имеющихся) мультислойной формы с углом падения 30-75° и общей мощностью около 90 м	Центр горного массива (хребет Молдо-Тоо), отм. 2610-2830 м	пос. Мин-Куш (Центральная Киргизия)
Кара-Киче	Крутопадающий (60-70°) пласт мощностью 60-80 м	Крутой склон ущелья горной реки, отм. 2800-3000 м	пос. Чаек (Центральная Киргизия)
Назар-Айлок	Наклонный (до 35°) пласт антрацита средней мощностью 20 м	Высокогорное плато, отм. 3700 м	Северный Таджикистан

2.1.4. Природные явления в горах

Гористой местности присущ ряд экстремальных природных явлений, затрудняющих проживание и хозяйственную деятельность человека в горах. К ним относятся лавины, ливневые осадки и паводки, оползни и обвалы, сейсмические явления.

Наибольшие осложнения в работу нагорных карьеров вносят лавины. Лавинная деятельность проявляется в гористых районах, где на склонах крутизной не менее 16-17° имеются снегосборные участки в виде складок, эрозийных выемок, водотоков и т.п. / 18 /. Лави-

неопасные зоны охватывают практически все горы быв. СССР: от Хибин и Карпат до Сихоте-Алиня и Камчатки.

Лавины обладают огромной разрушительной силой. Можно представить себе кинетическую энергию лавины объемом, например, 300 тыс. м^3 , движущейся по склону со скоростью до 60 м/с (216 км/ч), если ее масса при плотности снега $0,3 \text{ т/м}^3$ составляет около 90 тыс. т / 3 /. Дополнительные - по инерции - разрушения вызывает снеговоздушное облако, которое движется над лавиной и срывается с нее при резком торможении снежной массы, выкатывающейся на ровную поверхность долины.

Различают сухие и мокрые лавины. Механизм образования первых установлен: главными причинами их образования являются метеорологический перенос и накопление снега; перекристаллизация его под влиянием температурного градиента с образованием ослабленных зон в нижних слоях; отверждение снежной толщи и превращение ее поверхности в твердую оболочку, почти лишенную пластических свойств. Что касается т.н. мокрых лавин, образующихся весной, то природа их полностью пока не ясна. В некоторых арктических районах (Норильск, Полярный Урал) имеют место мокрые лавины, являющиеся чем-то средним между лавинами и селями / 29 /.

Лавиноопасный период связан с продолжительностью залегания снежного покрова. На карьерах Ю "Апатит", например, он длится с сентября по июнь, т.е. около 9 мес в году. Период мокрых лавин начинается в марте и заканчивается в июне (3 мес.). Общее число лавин в районе карьеров достигает 250 в месяц (рис. 2.1) / 3 /.

Наиболее эффективным средством борьбы с лавинами пока считается обстрел опасных участков из минометов, гаубиц и пушек. Он способствует либо сходу лавины, либо предотвращению ее за счет уплотнения снега на склоне. Защитные сооружения (дамбы, лавинорезы, галереи и пр.) более дорогостоящи и рекомендуются только для страховочной защиты особо важных объектов: жилых поселков, обогащенных фабрик, магистральных дорог и т.д.

На периферии, а иногда и внутри контуров высокогорных карьеров возможно прохождение ледников. Так, на месторождении Кумтор (высота $3900-4300 \text{ м}$) часть рудной залежи перекрыта языком ледника "Гисый", а центральный и юго-западный участки разделены долинным ледником Давыдова. Скорость движения последнего достигает $6-13 \text{ см/сутки}$, толщина л. а - от 40 м у краев до 120 м в середине, температура внутри ледника составляет $-(0,2+0,5)^\circ\text{C}$ / 22 /.

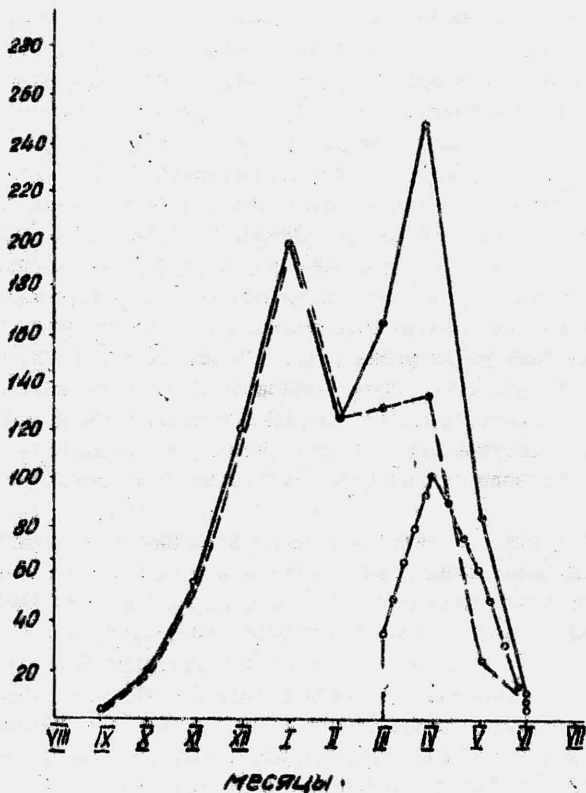


Рис. 2.1. Ежемесячное количество лавин в Хибинах
(по "Апатит") / 3 /

--- сухие лавины;
 --- • --- влажные лавины;
 — общее количество лавин

Явления, подобные движению ледников, возникают при складировании заснеженных ледяных пород на склонах гор. Отвальная масса, со временем превращаясь в монолит, сцементированный льдом, переходит в текучее состояние. Маркшейдерская служба карьера по рейкам, установленным в теле отвала, следит за его перемещением. По достижении скользкой отвальной массой экспериментально установленной критической скорости отвал закрывают, давая ему возможность окончательно и безопасно сползти в долину. Таким путем управляют состоянием массива на карьерах Ю "Апатит" / 15 /.

Значительные трудности в работе нагорных карьеров, особенно расположенных в поймах горных рек, вызывают весенние паводки. Дебит водных потоков в это время увеличивается в несколько раз. Вышедшие из берегов реки узких долин размывают подъездные дороги, сносят мосты, опоры ЛЭП и наземных телефонных линий. Так ведет себя в паводок, например, р. Кубань на УИЦ МГУ "Эльбрус". Проливные дожди в горах, сопутствующие наступлению весенней погоды, подпитывают паводковые воды, провоцируют другие грозные явления - сели, оползни и обвалы.

Сель - это кратковременный (от нескольких минут до нескольких часов) водный поток с высоким (до 60-75 % от общего объема) содержанием обломочного материала. Он движется по крутому тальвегу с колоссальной скоростью и обладает огромной разрушительной силой. Особенно опасны вязные - грязевые и грязекаменные сели. Благодаря большой силе сцепления между массой глинистых и пылеватых частиц они способны переносить крупные глыбы объемом до 20-30 м³. Сели так же, как и паводки, разрушают дороги, мосты, плотины и т.д. Энергия селевых потоков многократно усиливается при встрече с оползнями, осыпями, оплывинами, материал которых пополняет твердую фракцию селя. Селеопасными считаются южные склоны Главного Кавказского хребта, Малый Кавказ, отроги Тянь-Шаня, обширные гористые районы Восточной Сибири / 2 /.

Если селевые потоки возникают из-за деятельности поверхностных вод, то в основе оползневых явлений лежит работа вод подземных. Оползни - смещения крупных масс горных пород - происходят на склонах, сложенных рыхлыми породами и в слоях, наклоненных в сторону откоса. Особенно часто это случается, когда оползневая масса стоит на водоупоре, обнажающемся в откосе / 2 /.

Возникновение оползней ускоряют сильные дожди, землетрясения, а иногда и ведение горных работ. Например, в результате под-

работки нижней части горного отрога карьером "Мукуланский" склон пришел в движение, образовав гигантский медленно развивающийся оползень ("сдвигающийся борт"). Опасность удалось ликвидировать, интенсивно отработав верхнюю часть отрога карьером "Высотный".

Обвалы отличаются от оползней гораздо большей скоростью обрушения горных пород. Им чаще подвержены крутые склоны гор, а также уступы и борта нагорных карьеров в результате чрезмерной подработки ослабленных участков.

Оползни и обвалы на крутых откосах могут возникнуть в результате сезонного оттаивания многолетнемерзлых пород, широко распространенных в высокогорных районах. Например, на месторождении Кумтор толща таких пород достигает 250 м / 22 /.

Горы — неизменный объект сейсмической активности. К сейсмоопасным относятся все южные и восточные районы быв. СССР: Прикарпатье, Южный Крым, Кавказ, Южный Туркменистан, в точная высокогорная часть Средней Азии, полоса гор от Алтая до Саян, Прибайкалье, хребты Верхоянский и Черского в Восточной Сибири, Южное Приморье, Сахалин, Курильские острова, Камчатка. Землетрясения случаются и в районах открытой разработки. Так, в 1968 г. произошло Зангезурское землетрясение в Армении с максимальной силой удара 8 баллов, особенно пострадал г. Каджаран. Землетрясение сопровождалось оползневыми явлениями и обвалами на находящемся рядом Каджаранском карьере / 2 /.

Строительство предприятий в сейсмоопасных районах связано с удорожанием фундаментов и строительных конструкций, но это в конечном итоге оправдывается. Так, при землетрясении в г. Эль-Аснам (Алжир, 1980 г.), до основания разрушившим город, остался практически неповрежденным цементный завод в его окрестностях, построенный фирмой Крупп (ФРГ) в сейсмостойчивом исполнении.

2.1.5. Производственные условия открытой разработки

Среди факторов, определяющих производственные условия нагорных карьеров, на первое место выдвигается экологический / II /.

За последние годы ситуация в горном деле коренным образом изменилась. Если раньше все технические вопросы открытой разработки решались на сугубо ведомственной основе, то сейчас, наряду с экономическими соображениями, решающее влияние приобрели социальные и экологические факторы. Уже зафиксированы случаи резко отрицательного отношения местных жителей к строительству карьеров в

горах, в верховьях рек из-за предполагаемого их загрязнения, недопустимого нарушения ландшафта. Свертываются карьерные разработки в Жигулевских горах, закрыты карьеры в районе Кавказских Минеральных Вод. Стоимость природоохранных мероприятий в проектах нагорных карьеров приближается к половине сметной стоимости строительства.

Изменились представления о рациональных границах открытого и подземного способов разработки. Последний, как наносящий меньший ущерб природе, получает существенное преимущество, хотя по-прежнему несравним с первым по производительности труда. В ряде стран подземный способ разработки начинает вытеснять открытый именно по экологическим мотивам. Требуется срочно искать пути обеспечения экологической чистоты и малоотходности карьерных разработок в горах, способы более эффективного использования природных и производственных ресурсов / 26 /.

Потребители продукции нагорных карьеров, особенно расположенных в труднодоступных высокогорных районах, находятся, как правило, в равнинной местности или у побережья моря, в десятках и сотнях километров от карьера. Большинство карьеров в этих районах не имеет прямого выхода на железнодорожную сеть и связаны с ней протяженными (до 100-200 км и более) автомобильными дорогами. Кроме того, ряд стран с гористым рельефом вообще не имеет железных дорог (Йемен, Афганистан и др.) В результате доставка различных грузов на нагорные карьеры и вывозка с них продукции затруднена, особенно если дороги проходят через лавиноопасные и селеопасные участки. Стоимость перевозок при этом резко возрастает.

Освоение нагорных месторождений до некоторой степени сдерживается и нехваткой в местах производства работ квалифицированной рабочей силы. В высокогорных районах эта проблема усугубляется суровыми климатическими условиями, к которым трудно адаптируются приезжие жители равнин. Поэтому при наборе персонала предпочтение отдают местным жителям, организм которых более приспособлен для работы в данных условиях. Так, например, на упомянутом карьере Ауканквилча (высота 6000 м) весь штат трудящихся забойной группы укомплектован индейцами - жителями близлежащей деревни, расположенной на высоте 4500 м над уровнем моря. Как показали медицинские обследования, эти люди отличаются увеличенными размерами легких и повышенным содержанием гемоглобина в крови, благо-

даря чему могут работать в карьере без кислородных приборов / 33 /.

[Наконец, разработка нагорного месторождения часто ведется комбинированно: верхняя часть отрабатывается открытым способом, нижняя - подземным. Если это делается последовательно (сначала открытым, затем подземным) или одновременно, но в разных вертикальных плоскостях, то особых проблем не возникает. Они, однако, становятся существенными, когда карьер и шахта действуют в одной вертикальной плоскости (например, карьер Мукуланский и рудник "Молибден" Тырнаузского ВМК). Тогда в карьерном пространстве создаются провалы от воронок обрушения, сильно затрудняющие горные работы.

Сложные природные условия гор, отдаленность потребителей и баз снабжения, другие трудности определяют небольшую, как правило, производственную мощность нагорных карьеров, она редко превышает 2-3 млн.т в год по полезному ископаемому / 27 /.

2.2. Принципы открытой разработки нагорных месторождений

2.2.1. Социально-экономические и экологические аспекты карьеры разработок в гористой местности / II /

Известно, что горы - это практически неисчерпаемое хранилище разнообразных полезных ископаемых, в особенности строительных горных пород. Территориальная концентрация их гораздо больше, чем на равнине.

Еще недавно нагорные месторождения числом свыше 100, составляли 10-15% сырьевой базы горной промышленности СССР, сейчас их удельный вес продолжает увеличиваться. В таких республиках, как Кыргызстан, Таджикистан, Армения подавляющее большинство месторождений - нагорные.

Постепенное перемещение сырьевой базы в гористую местность характерно и для других стран. В США и Канаде, например, почти все рудные карьеры и значительная часть угольных - тоже нагорные. Исключительно в высокогорье расположены месторождения Перу, Чили, Афганистана, ряда других стран. Всемирную известность приобрели такие карьеры, как Бингем, Клаймэкс (США), Чукикамата (Чили), Токуэпала, Куахоне (Перу), Эртсберг (Индонезия), Ок-Тэди (Папуа-Новая Гвинея).

Таким образом, руководствуясь только материальными потребностями человеческого общества, можно считать, что перспективы открытой разработки нагорных месторождений самые радужные. Таков взгляд с одной точки зрения.

А с другой, горы — это огромный эстетический и оздоровительный ресурс человечества. В мире много стран, где эстетика гор превратилась в источник крупных валютных поступлений от международного туризма (Швейцария, Австрия, Франция, Испания, Непал и др.). Постепенно развивается он и в районах Кавказа, Тянь-Шаня, Памира, Карпат. С упрочнением рыночной экономики и возрождением в наших странах предпринимательского духа туристский бизнес в горах будет расширяться.

Ясно, что рачительное использование выгод от привлекательности природного пейзажа требует по крайней мере его сохранения. Но как в таком случае развивать в гористых районах открытую разработку, когда она как раз и состоит в уничтожении, срабатывании гор, их отрогов? К тому же карьеры наносят значительный ущерб природе, обезображивая и засоряя окружающую местность различного рода отходами.

До недавнего времени с экологическими, а тем более с эстетическими соображениями считались мало. Не уделялось должного внимания и вопросам уменьшения, рационального размещения и утилизации отходов карьерных разработок. Сейчас такой подход считается не только устаревшим, но и попросту невыгодным. Практика полна примеров, когда недоучет экологических последствий горных работ приводил к трудновосполнимым экономическим и социальным потерям, к затяжным конфликтам. В результате в обществе сложилось негативное отношение к открытому способу разработки как экологически вредному.

Таким образом, с экологической точки зрения, перспективы открытой разработки нагорных месторождений уже не выглядят такими категоричными. Они сейчас зависят от ответа на коренной вопрос: как, сохраняя достоинства открытого способа (высокую производительность труда, меньшую опасность работ и др.), снизить, свести к минимуму наносимый карьерами экологический ущерб. Остановимся на основных путях решения этой проблемы.

В первую очередь в гористых районах желательно очертить зоны туризма, где горные работы должны будут исключены либо вообще, либо, по крайней мере, в крупных масштабах. Для этого пред-

стоит вывести показатели туристической ценности ландшафтов и разбить всю местность по соответствующим категориям. Но не стоит при этом забывать, что туристскую достопримечательность может иметь и сам карьер как объект промышленной эстетики, если производство на нем будет вестись правильно не только технически, но и экологически. Ниже дается обзор возможных в этом направлении решений.

1. Выбор месторождения карьера относительно точки обзора. Эстетичность горных ландшафтов снижается из-за техногенных образований (карьерных выемок, отвалов, дорог), которые резко контрастируют с пейзажем, особенно на участках с густой растительностью. Поэтому рекомендуется размещать ("прятать") карьер за обратным склоном горы, убирая его из сектора господствующего обзора. Сделать такое нетрудно, если вся гора сложена кондиционным полезным ископаемым (известняком, доломитом, гипсом и т.п.), тогда она срабатывается постепенно без заметного ущерба для живописности пейзажа. Сложнее обстоит дело в случае разработки рудного или угольного месторождения, когда конфигурация и положение карьера определяются залеганием полезной толщи. Но и здесь стараются хотя бы начать разработку под прикрытием сохраняемого пока склона, ближайшего к сектору обзора.

2. Абсолютное уменьшение отходов производства при разработке месторождения. Сама карьерная выемка хотя и не гармонирует с окружающей местностью ("рана на поверхности земли"), но все же основной экологический ущерб наносит не она сама. Наибольшие неприятности вызывает колоссальное количество отходов карьерного производства. В самом деле, для того, чтобы произвести, например, 1 т меди, приходится извлекать из недр земли до 1000 т горной массы, а затем размещать на поверхности твердые отходы в виде вскрышных пород, некондиционных руд, хвостов обогащения и металлургических шлаков. Засорение местности отходами, наряду с выбросами в атмосферу пыли и газов, являются первопричинами низкой экологичности открытых горных работ.

Отсюда главная задача состоит в снижении количества промышленных отходов при открытой разработке месторождения. Она может быть решена как абсолютным их уменьшением, так и сокращением объемов отходов (вскрышных пород), поступающих из карьера. Рассмотрим сначала первый путь решения задачи.

Самая простая и очевидная рекомендация сводится к тому, что-

бы разрабатывать месторождения с минимальным объемом вскрыши. В этом отношении нагорные месторождения обладают преимуществом перед равнинными, так как имеют меньший объем покрывающих пород, вплоть до полного их отсутствия (месторождения типа "гора-за-леж").

Все же более кардинальным решением представляется некоторое ограничение открытого способа разработки месторождения в пользу подземного, причем реализуемого одновременно с первым. Речь идет, таким образом, о совместной открыто-подземной разработке того же месторождения с оптимальным разделением зон действия карьера и шахты во времени и пространстве.

В мире уже наметилась тенденция к замене карьерных разработок шахтными по экологическим мотивам. Пока эта тенденция не затронула крупные предприятия, ибо подземный способ не выдерживает конкуренции с открытым по производительности труда и себестоимости продукции, а также по безопасности работ. Травматизм со смертельным исходом в шахте значительно выше, чем на карьере. Что касается себестоимости, то преимущество карьера здесь весьма относительно: с введением штрафных санкций за ущерб окружающей среде и новых цен на земельные ресурсы экономика открытого способа может резко ухудшиться и станет сопоставимой с таковой при подземной разработке.

Объединение в рамках одного предприятия карьера и шахты имеет ряд плюсов. Во-первых, в выработанном пространстве шахты могут быть размещены хвосты обогащения, а также частично бедные руды и вскрышные породы из карьера. Закладка подземных выработок облегчит открытую разработку верхней части месторождения. Во-вторых, наличие в составе объединенного рудника карьера обеспечит более стабильную работу предприятия, так как карьер имеет большую возможность регулировать — в случае производственной необходимости — разовую добычу руды заданного качества.

Еще не все вопросы совместной работы шахты и карьера решены, но ясно одно: открытая и подземная разработка месторождения должны вестись в разных вертикальных плоскостях. Опыт Тырнаузского ВМК убедительно доказал неперспективность иного подхода. Пространственное (в плане) разделение открытых и подземных работ позволит также использовать освободившееся выработанное пространство карьера над зоной последующей подземной разработки для размещения вскрышных пород с нового участка карьерного поля, где

подземные работы снизу уже были прекращены.

К способам уменьшения объемов вскрышных пород относится разработка месторождения с максимально крутыми бортами карьера в предельных его контурах. Этому еще предстоит дать глубокое геомеханическое обоснование.

И наконец, стоит упомянуть еще об одном способе по существу безотходного производства — с внутримассивном выщелачивании рудных залежей нагорного месторождения. Опыт разработки по такой технологии меднорудного месторождения Оулд Рилайол (США) выявил высокую эффективность способа как в экономическом, так и в экологическом планах. Ясно, что он может быть реализован в благоприятных гидрогеологических условиях.

3. Сокращение объема вскрышных пород, вывозимых из карьера во внешние отвалы. В рамках данного направления действует правило: возможно — ольший объем удаляемой вскрыши оставлять в выработанном пространстве карьера. В идеале стремятся к тому, чтобы к концу разработки засыпать карьерную выемку целиком, придав нарушенному склону горы прежние очертания. Между прочим такой, высшей формы рекультивации требуют у разработчиков (как компаний, так и частных лиц) горные законодательства ряда развитых стран.

Самый эффективный способ реализации указанного правила — устройство внутреннего отвала в карьере, — так, как это делается на некоторых угольных карьерах США в районе Аппалачских Гор. Горизонтальные пласты, выходящие на склоны крутых гор, разрабатывают там по поперечной системе с расположением фронта работ вкрест простирания сразу на полную глубину разработки. При развитии работ к флангам карьерного поля в середине его образуется выработанное пространство (дно карьера), которое постепенно заполняется вскрышными породами с воссозданием прежнего рисунка рел эфа.

При разработке крутопадающих рудных месторождений со сложной топографией поверхности создать выработанное пространство сразу по всему периметру карьерного поля затруднительно. Здесь более реальной оказывается опережающая отработка отдельных участков поля с тем, чтобы образующееся у них выработанное пространство использовать в дальнейшем для размещения вскрышных пород от других участков. К этому способу примыкает разработка протяженного месторождения с зрешами (в плане), когда вскрыша каждой последующей очереди размещается в выработанном пространстве предыдущей.

4. Рациональное размещение отходов производства за пределами карьера. Описанными выше путями стремясь сократить количество отходов, поступающих из карьера и требующих места для своего размещения. Однако полностью перекрыть поток твердых отходов из карьера нельзя. Часть вскрышных пород, например, неизбежно приходится располагать вне карьера в период его строительства. Почти всю вскрышу вывозят из карьера при разработке наклонных и крутопадающих месторождений с ограниченными размерами в плане. Значительную площадь занимают отвалы бедных руд и хвостохранилища обогатительных фабрик.

Остроту проблемы складирования отходов в гористой местности можно значительно снизить при рациональном их размещении. До сих пор местоположение, конструкцию и количество отвалов выбирали, главным образом, по критерию минимальных транспортных расходов. Другие аспекты при этом, в том числе экологические, играли второстепенную роль. И уж бывало не задумывались о возможности использования образующихся горизонтальных площадей отвалов в народно-хозяйственных целях в будущем.

Между тем известно, что именно нехватка горизонтальных площадок затормаживает развитие гористых районов и является фактором, резко удорожающим гражданское и промышленное строительство. Такие площадки с успехом могут быть созданы в узких долинах горных рек с помощью вскрышных пород близлежащих карьеров.

Проблема состоит здесь в пропуске водных потоков, в том числе паводковых, под телом отвала. Многолетний опыт строительства гидротехнических сооружений, однако, делает ее довольно просто решаемой. Наиболее реальное решение - устройство засыпных тоннелей или лотков. В практике работы угольных карьеров США используются также водопускающие отвалы - дамбы, сложенные в основании крупноглыбовым материалом (негабаритными блоками размером более 30 см в поперечнике). Сделаны проектные проработки по складированию вскрышных пород по описанной технологии на Кжно-Дашкесанском железорудном карьере (Азербайджан) и угольном карьере Кара-Киче (Киргизия). Расчеты показали высокую эффективность такого подхода к формированию внешних отвалов в гористой местности.

Целенаправленное создание горизонтальных площадей коренным образом меняет экономику отвалообразования. Покрытие образующихся поверхностей плодородным слоем позволяет вовлечь в хозяйственный оборот новые земельные ресурсы. Землю можно использовать для ор-

ганизации подобного хозяйства предприятия, индивидуального огородничества. На устоявшейся части отвала Северо-Западного карьера в Дашкесане местные власти построили первоклассный спортивный комплекс с футбольным полем. Имеются примеры устройства на насыпных площадках вертолетных аэродромов, ремонтных баз и т.д. Создание из вскрышных пород и отходов обогащения насыпных сооружений и искусственных форм рельефа общественно полезного назначения имеет большую перспективу.

5. Утилизация отходов с получением товарной продукции. Глобальное решение проблемы отходов при открытой разработке нагорного месторождения видится в возможно более полной их утилизации. Отходы в этом случае следует рассматривать как исходное сырье для производства какой-либо полезной продукции. Так как большинство нагорных месторождений сложено скальными породами, зачастую с высокими декоративными свойствами, самой массовой продукцией могут стать разнообразные строительные материалы: бутовый камень, щебень, каменные блоки, естественные и искусственные облицовочные плиты, песок и др. Ставится вопрос о комбинации каждого карьера (или группы карьеров) с заводом строительных материалов, снабжающим своей продукцией близлежащие населенные пункты. С реализацией этой идеи население района почувствует более зримые выгоды от наличия горного предприятия на своей территории.

На основе отходов горно-обогательного производства может быть изготовлена и другая продукция хозяйственного и промышленного назначения: керамика, абразивы, стекло и т.д. Так, Адыгейский комбинат строительных материалов помимо основной продукции выпускает декоративную керамику, Маднеульский ГОК — хрустальную посуду.

С задачами по утилизации отходов тесно связана и проблема очистки промышленных стоков. Большие достижения в этом деле имеются на зарубежных нагорных карьерах. Например, на горно-обогательном комбинате Ок-Теди (Папуа — Новая Гвинея) внедрена схема очистки текущих хвостов обогащения от ядовитых компонентов (цианид), что позволило обрасывать полностью очищенные стоки обогательной фабрики в речную сеть.

6. Рациональное использование отработанных карьерных выемок. Все предыдущие направления предусматривают снижение экологического ущерба, наносимого действующим карьером. После завершения горных работ на поверхности остается карьерная выемка, как правило,

не используемая в полезных целях. Однако возможности для этого есть.

Отработанный нагорный карьер чаще всего представляет собой воронкообразное углубление на склоне или вершине горы, иногда он имеет форму амфитеатра с плоским дном (месторождение на косогоре). В первом случае карьерная выемка играет роль водосборника и может быть использована в качестве элемента водной зоны отдыха (пример — отработанный Власинчихинский карьер Урупского ГОКа на Северном Кавказе).

Во втором случае отработанный карьер можно использовать в качестве арены в составе спортивно-зрелищного комплекса. В мире в практике уже имеются примеры такого рода (Аннабиносский карьер в Алжире, карьер Ангостура в Доминиканской Республике и др.). В России разработан проект создания спортивно-туристического комплекса на базе отработываемого Жигулевского карьера стройматериалов.

Если возможность преобразовать карьерную выемку в общественно полезное сооружение отсутствует, ее стараются быстрее интегрировать в окружающий пейзаж. С этой целью взрывным способом ликвидируют уступы, чьи правильные геометрические формы не соответствуют архитектонике природного ландшафта, придавая им вид естественных обрывистых склонов. Практикуют покрытие склонов устойчивой к смыву смесью плодородной почвы и семенного материала, что способствует более интенсивному их облесению.

2.2.2. Направления совершенствования техники, технологии и организации производства на нагорных карьерах

/ 9, 10 /

В настоящее время теория открытых горных работ ориентирована в основном на месторождения, расположенные в равнинной местности. Что касается нагорных месторождений, то здесь она содержит большое количество пробелов. Нехватка научных рекомендаций особенно ощущается при выборе порядка отработки месторождения, в частности состоящего из нескольких участков с различными топографическими условиями. В более глубоком научном обеспечении нуждается и проектирование режима горных работ.

Последний определяется в первую очередь расположением залежи и, следовательно, предельного контура карьера относительно вершины горы. Самый благоприятный случай возникает тогда, когда

залежь выходит прямо под вершину, и предельные контуры охватывают оба склона горы (рис. 2.2,а). Ему соответствует минимальный объем горно-капитальной вскрыши. Этот объем увеличивается по мере удаления выходов залежи от вершины (рис. 2.2,б).

В случаях, когда залежь полностью расположена на склоне горы и предельный контур не достигает вершины, решающим фактором становится степень согласности падения залежи относительно косо-гора. Согласно залеганию соответствует благоприятный режим горных работ (рис. 2.2,в). С уменьшением степени согласности распределение объемов работ ухудшается (рис. 2.2,г).

Самые тяжелые условия создаются при несогласном расположении залежи в нижней части крутого склона далеко от вершины (рис. 2.2,д). Если здесь вести горные работы по традиционной технологии с равномерным подвиганием фронта работ по всей его длине (продольная однобортовая система разработки), то в период строительства потребуется удалить из карьерного поля до 80% всей, т.н. "нависающей" вскрыши. Ясно, что это недостижимо по экономическим соображениям; тем самым ставится под сомнение сама возможность разработки месторождения открытым способом. Факт, однако, заключается в том, что среди нагорных месторождений, вовлекаемых в открытую разработку, значительную часть составляют месторождения с именно таким, неблагоприятным сочетанием топографических и горно-геологических условий.

Решение проблемы видится в изыскании такого варианта поэтапной разработки, при котором рабочему борту карьера удастся придать более крутой угол. Большие возможности заключены здесь в использовании взрывомеханизированной подвалки пород на концентрированные (транспортные) горизонты. Данная технология заложена в проект разработки месторождения "Молодежное" / 20 /. Для полной реализации ее предстоит провести цикл исследований по изучению процесса перепуска горной массы по ступенчатому борту карьера с выявлением оптимального угла откоса борта, параметров разлета кусков, динамики пылеобразования и др.

Своеобразное содержание приобретает задача обоснования порядка отработки нагорного месторождения в условиях муссонного климата. Как отмечалось выше, обильные и продолжительные осадки в дождливый сезон приводят здесь к затоплению низменных частей карьера и к практически полному прекращению работ по его углублению. Выход тут заключается в рациональной последовательности работ

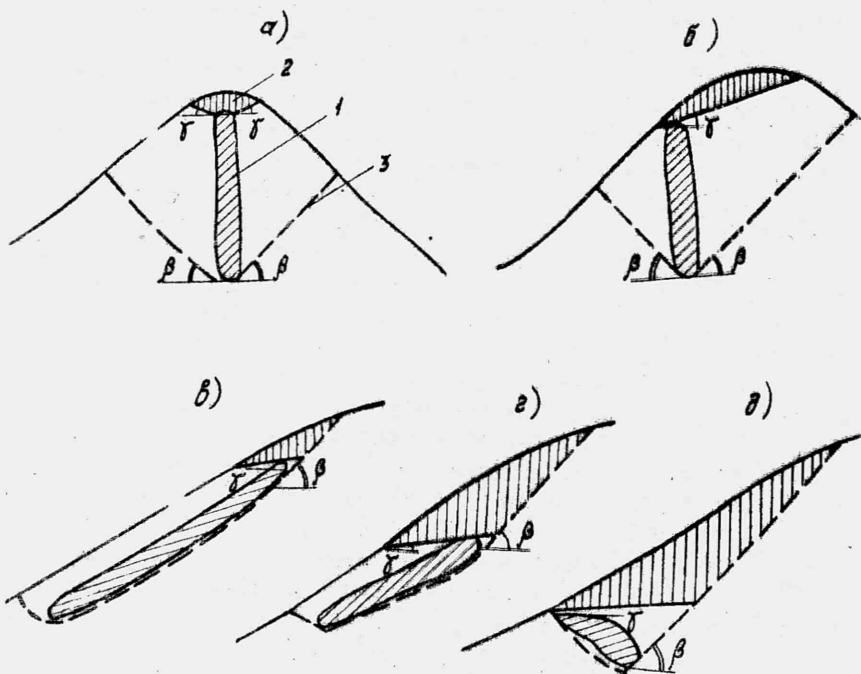


Рис. 2.2. Распределение объемов вскрыши при различном сочетании топографических и горно-геологических условий

I - залежь; 2 - объем горно-капитальной вскрыши; 3 - предельный контур карьера; γ и β - углы откосов соответственно рабочего и нерабочего бортов

нагорных (более подверженных влиянию дождей) и глубинных участков карьерного поля. Такое решение рекомендовано для высотно-глубинных угольных карьеров Вьетнама / 16 /.

Малоисследованными являются вопросы вскрытия и систем разработки нагорных месторождений. В настоящее время на большинстве карьеров в горах вскрышные породы размещаются в общих и групповых, реже погоризонтных отвалах. При крутых склонах транспортная связь горизонтов с отвалами осуществляется, как правило, по внутрикарьерным, скользящим съездам. Как показал опыт карьеров Тирнаузского ВМК, использование их при ограниченных размерах рабочей зоны приводит к резкому снижению интенсивности горных работ, падению производительности экскаваторов и всего карьера. В этих условиях в качестве альтернативного решения может быть применено бестраншейное вскрытие с использованием либо рудо- и породоскатов, либо взрывомеханизированной подвальной пород на нижележащие горизонты с последующей перегрузкой средствами транспорта.

С усилением требований к охране окружающей среды предстоит пересмотреть отношение к подземному способу вскрытия. В странах с развитым международным туризмом наметилась тенденция к замене наземных дорог, обезображивающих пейзаж, подземными выработками в виде вертикальных или наклонных стволов и штолен. В последнем случае в выработке располагается конвейерный тракт с дроблением материала на передвижной дробилке, размещаемой в карьере у устья ствола. Налицо расширение зоны действия поточной технологии.

С вскрытием тесно связаны вопросы транспорта. Высотное положение месторождений позволяет широко использовать силы гравитации для транспортировки пород вниз по склону, немаловажна при этом и возможность рекуперации энергии в процессе транспортирования.

Простейший способ гравитационного перепуска горной массы - взрывную ее подвалку по наклонному или крутому борту карьера применяют на Боснийском доломитовом карьере (Сев. Осетия), небольших щебеночных карьерах Вьетнама, известняковом карьере Марс-Эль-Кабир (Алжир) и др. В последнее время взрывную подвалку вытесняет взрывомеханизированная с использованием бульдозеров, погрузчиков и мехлопат для перевалки части взорванной горной породы на нижележащие (транспортные) горизонты или прямо к подножию горы / 12 /. В качестве примеров здесь можно назвать известняковые

карьеры Сейяла (Мавритания) и Хаджар-Суд (Алжир), известковый карьер Баланжеро (Австралия), гранитный карьер Глесада (Шотландия). Высокоэффективная технология с использованием плоских расщепленных зарядов и бульдозеров предложена для карьеров цементного сырья Вьетнама / 17 /.

Применяются на нагорных карьерах и специализированные выработки для гравитационного перепуска горной массы: рудоспуски и рудоскаты. Рудоспуски совместно со штольнями используют на многих карьерах: апатитовом "Центральном", по добыче вольфрамо-молибденовых руд "Мукуланском" (Кабардино-Балкария), меднорудных "Каджаранском" (Армения) и Филекс (Филиппины), железорудных Карол Лейс (Канада) и Эрцберг (Австрия), известняковых Карбах (Австрия); Кригджион (Англия), Ломпок (США) и др. Менее распространены рудоскаты: известняковые карьеры Стерлитамакский (Башкортостан), Манг-Йонг (Ю.Корея), гранитный Тревор (Англия), железорудный Букадра (Алжир) и др.

Применение гравитационного транспорта на нагорных карьерах весьма перспективно, однако ряд его аспектов нуждается в теоретическом и экспериментальном обосновании. Пока же на большинстве нагорных карьеров для доставки полезного ископаемого к подножию горы используют автотранспорт. Движение груженых автосамосвалов под уклон вызывает ускоренный износ тормозных систем и покрышек, а в условиях плохой видимости, в дождь и гололед становится крайне опасным. При большой высоте горы напряженной является и экономика автоперевозок из-за значительной длины транспортировки.

Разнообразный рельеф гористых районов предопределяет обилие решений по транспортной связи нагорного карьера с потребителями, перегрузочными станциями железных дорог, портами. Самый распространенный вариант, особенно при небольшой производительности карьера, - это применение автотранспорта, иногда на расстояние до 100 км и более (карьер по производству облицовочной крошки "К-Тюбе" в Карачаево-Черкессии, угольные карьеры Агулак и Кара-Киче в Киргизии и др.). В любом случае стремятся приблизить первичное перерабатывающее производство (обогачительные, дробильно-сортировочные фабрики) к карьере, чтобы уменьшить объем перевозок на внешнем транспорте.

Взамен дорогостоящего автотранспорта все большее распространение на нагорных карьерах получают специальные крутонаклонные транспортные установки, работающие на спуск. К ним относятся кон-

карьеры (например, железорудный карьер Нгвенья, Свазиленд; известняковый карьер Мафтах, Алжир); скипы (карьер по добыче серы Луккавилла, Чили; железорудный карьер Шагура-Сид, Алжир; подвесные канатные дороги (шабеновый карьер "Перевал", Россия; известняковый "Харангонский", Таджикистан; меднорудный Утсберг, Индонезия; карьер по добыче талька Люзенак, Франция). Во всех них предусмотрена рекуперация энергии в сеть. Конвейерные тракты на большей части своей длины строятся на эстакадах (с высотой опор до 45 м), что позволяет преодолевать ущелья и водные преграды.

В пересеченной гористой местности о.Новая Каледония на карьерах никелевых руд Тио и Поро успешно применяют конвейерные поезда, уклон трассы достигает 40%, минимальный радиус поворота 30 м. Для доставки богатых свинцово-серебряных руд с карьера Плата (Юкон, Канада) компания Доусан Эльдorado использует воздушный транспорт; сначала руда в мешках по 400 кг доставляется вертолетом на расстояние в 6 миль в аэропорт, откуда на собственном самолете компании транспортируется на расстояние 114 миль до ж.д. станции / 32 /.

Для доставки с высокогорных предприятий концентрата на большие расстояния (до 80-100 км) иногда применяют гидротранспорт. Трасса трубопровода обычно проходит по гребню гор, концентрат движется вниз самотеком (пример - карьер Эртсберг, Индонезия). Гидротранспорт используют и для перепуска с гор дробленого полезного ископаемого на обогатительные фабрики и цементные заводы (Тырнаузский ВМК, цементный завод Раис-Хамиду, Алжир).

Ярко выраженной тенденцией является широкое применение в стесненных условиях высокогорных карьеров мобильного оборудования. На буровых работах преимущественное распространение получили гидравлические перфораторы на гусеничном и пневмо-колесном ходу. В качестве выемочного оборудования все чаще используют дизельные и гидравлические экскаваторы, погрузчики, мощные бульдозеры-рыхлители. Расширяется область применения карьерных автопоездов, передвижных дробилок и самоходных конвейерных станов.

Индивидуально решается вопрос о системе разработки конкретного месторождения. На более распространенную продольную однобортную систему разработки нельзя признать универсальной. Например, применительно к месторождениям типа "гора-залежь" наилучшие результаты по расчетам показала малоизвестная веерная система с расщепленным поворотным пунктом. Недостаточно глубоко изучена

поперечная система разработки, в силу чего она фактически не используется на практике, хотя при ней значительно улучшается режим горных работ. В дальнейшем изучении нуждаются и вопросы поэтапной отработки месторождений высотного типа, пока здесь практика значительно опережает теорию.

Еще одна существенная тенденция состоит в использовании на высокогорных карьерах специальных методов и форм организации труда, производства и управления. Прежде всего отметим широкое применение вахтенного режима работы персонала (продолжительность вахты 1-2 недели). В вахтенных поселках создаются необходимые условия для жизни и отдыха: имеются душевые кабины, пекарни и столовые, телевизоры, телефоны, медпункты, дежурные санитарные машины и др., вплоть до организации регулярного богослужения.

Особо тщательно продумывается организация ремонтных работ. Ввиду отдаленности баз снабжения высокогорные карьеры держат больший, чем на равнине, резерв запчастей для карьерного оборудования (до 10% от основных фондов). Номенклатура, количество и график пополнения запчастей рассчитываются с помощью ЭВМ. Для этого в память ЭВМ вводятся все эксплуатационные характеристики оборудования (сроки службы, замены и ремонта деталей и узлов, показатели износа и т.п.). Примерами высокой эффективности могут служить системы ремонтного обслуживания, принятые на угольных карьерах Мартики, Траппер, Амхерст (США).

На некоторых предприятиях (например, на меднорудном карьере Маркоппер, Филиппины) для повышения надежности производства ежемесячно предусматривается резервный комплекс оборудования в составе экскаватора (погрузчика) и 1-2 автосамосвалов.

При ухудшении погоды транспортная связь с высокогорным карьером часто прерывается. Поэтому на промплощадках повсеместно создаются буферные склады полезного ископаемого. Вместимость их достигает месячной производительности карьера (карьер Летсанг-Латанг). Широко практикуется также использование вертолетов для доставки людей, оборудования и материалов в начальный период строительства карьера (меднорудный карьер Ок-Теди, карьеры по добыче никелевых руд Новой Каледонии и др.).

Что касается управления, то обязательным в условиях высокогорья является использование двухсторонней радиосвязи. В некоторых случаях участкам горному надзору придают вертолеты.

Удорожающее действие более сложных, чем на равнине, природ-

ных услови. компенсируется на нагорных карьерах добычей более ценных руд. Это позволяет сохранить высокую рентабельность производства. Примером может служить открытая разработка мест рождения алмазосодержащих руд Летсенг-Ла-Терей, находящегося в отдаленной гористой местности со сложными климатическими условиями. Руда здесь сравнительно бедная, но отличается повышенным содержанием крупных алмазов высокой ювелирной ценности. Открытая разработка оказалась рентабельной, несмотря на необходимость сооружения подъездной автомобильной дороги длиной 160 км и ЛЭП длиной 85 км / 34 /. Исключительно большое содержание металлов в руде (в т.ч. попутных) сделало возможной и рентабельной открытую разработку таких месторождений как Эртсберг и Ок-Теди, находящихся в еще более труднодоступной и сильно пересеченной местности. Весьма перспективны золоторудные месторождения Тянь-Шаня и Памира.

Отмеченными тенденциями не исчерпываются все направления совершенствования открытой разработки нагорных месторождений. Эта область сложна и малоизучена, немало вопросов еще ждет дальнейших исследований и обобщения опыта.

3. ЭЛЕМЕНТЫ ВСКРЫВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК НАГОРНЫХ КАРЬЕРОВ

3.1. Траншеи

Как известно, траншеи подразделяются на взездные (наклонные) и разрезные (горизонтальные или слабо пологие). Для соединения тех и других служат соединительные траншеи, они, как правило, тоже горизонтальны (рис. 3.1). Рассмотрим конструкцию и объем всех этих выработок. При прохождении траншей по склону профиль выработок будет неполным, поэтому их называют полутраншеями.

3.1.1. Разрезные полутраншеи

Согласно своему назначению разрезная полутраншея проходит полностью по массиву. Объем ее при ровном склоне (с одинаковым углом косогора φ) можно подсчитать по формуле:

$$V_{p.mp.} = S_{p.mp.} \cdot L_{p.mp.} \quad , \text{ м}^3, \quad (3.1)$$

где $S_{p.mp.}$ и $L_{p.mp.}$ - соответственно площадь поперечного сечения и длина разрезной полутраншеи, м^2 и м.

Величина $S_{p.mp.}$ определяется геометрически по поперечному сечению полутраншеи из соответствующих треугольников (рис. 3.2):

$$S_{p.mp.} = S_{abc} = S_{abd} - S_{cda} = \frac{b_{mp.} + cd}{2} \cdot h_{mp.} - \frac{cd}{2} \cdot h_{mp.} = \frac{h_{mp.}}{2} \cdot b_{mp.}, \text{ м}^2,$$

где $h_{mp.}$ и $b_{mp.}$ - соответственно высота борта полутраншеи и ширина ее основания, м.

Найдем величину $h_{mp.}$ из треугольника abd :

$$h_{mp.} = \frac{b_{mp.} + cd}{ctg \varphi}.$$

Отрезок cd находится из треугольника cda :

$$cd = h_{mp.} \cdot ctg \alpha,$$

где α - угол откоса борта полутраншеи, град.

Тогда можно записать, что

$$h_{mp.} = \frac{b_{mp.} + h_{mp.} \cdot ctg \alpha}{ctg \varphi} \quad , \text{ м} ,$$

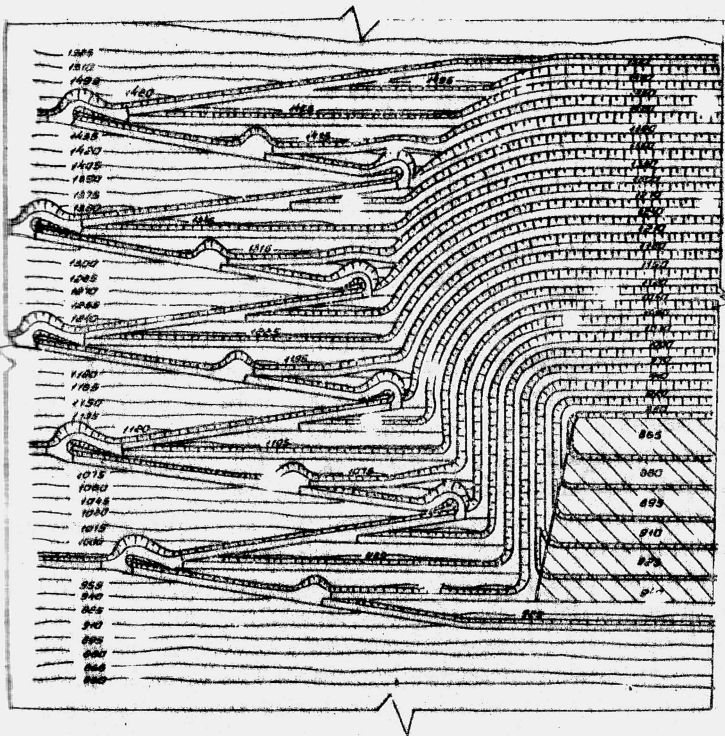


Рис. 3.1. Система въездных, разрезных и соединительных траншей нагорного карьера (положение на конец отработки месторождения)

откуда после преобразований получаем

$$h_{mp.} = \frac{b_{mp.}}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha} \cdot \text{м.} \quad (3.2)$$

Обозначив $\frac{1}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha}$, имеем

$$h_{mp.} = b_{mp.} \cdot \psi, \text{ м;} \quad (3.3)$$

$$S_{p.mp.} = \frac{b_{mp.}^2 \cdot \psi}{2}, \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

$$V_{p.mp.} = \frac{b_{mp.}^2 \cdot \psi}{2} \cdot L_{p.mp.}, \text{ м}^3, \quad (3.5)$$

В действительности, косогоры правильной формы встречаются редко; в большинстве случаев угол наклона косогора на всем протяжении полутраншеи меняется, соответственно разными будут и площади ее поперечного сечения. В этих условиях расчет объема полутраншеи ведется графо-аналитическим методом (рис. 3.3).

Трасса полутраншеи на топографическом плане разбивается по длине на несколько отрезков, отличающихся углом наклона косогора φ . На границах отрезков делают поперечные сечения и определяют их площадь либо аналитически (рассмотренным выше образом), либо в случае неправильной поверхности склона и сильно пересеченной местности — графически с помощью планиметра или методом квадратов. Объем полутраншеи подсчитывается по итоговой формуле (рис. 3.3):

$$V'_{p.mp.} = \frac{1}{2} \left[(S_1 + S_2) \cdot l_1 + (S_2 + S_3) \cdot l_2 + \dots + (S_{n-1} + S_n) \cdot l_{n-1} \right], \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

где $S_1, S_2, \dots, S_n$ — площади поперечных сечений полутраншеи в характерных пунктах ее трассы, м^2 ;

$l_1, l_2, \dots, l_{n-1}$ — расстояния между смежными сечениями, м;

n — число сечений по длине трассы.

Сравнивая формулы (3.1) и (3.6), нетрудно заметить, что вместо площади одного сечения $S_{p.mp.}$ (при равном косогоре) используются несколько средних $\frac{S_1 + S_2}{2}$, $\frac{S_2 + S_3}{2}$ и т.д. при

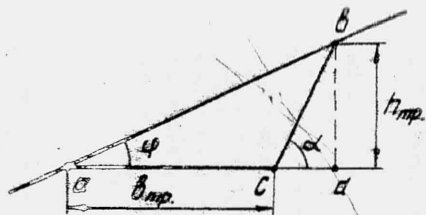


Рис. 3.2. Сечение полутраншеи

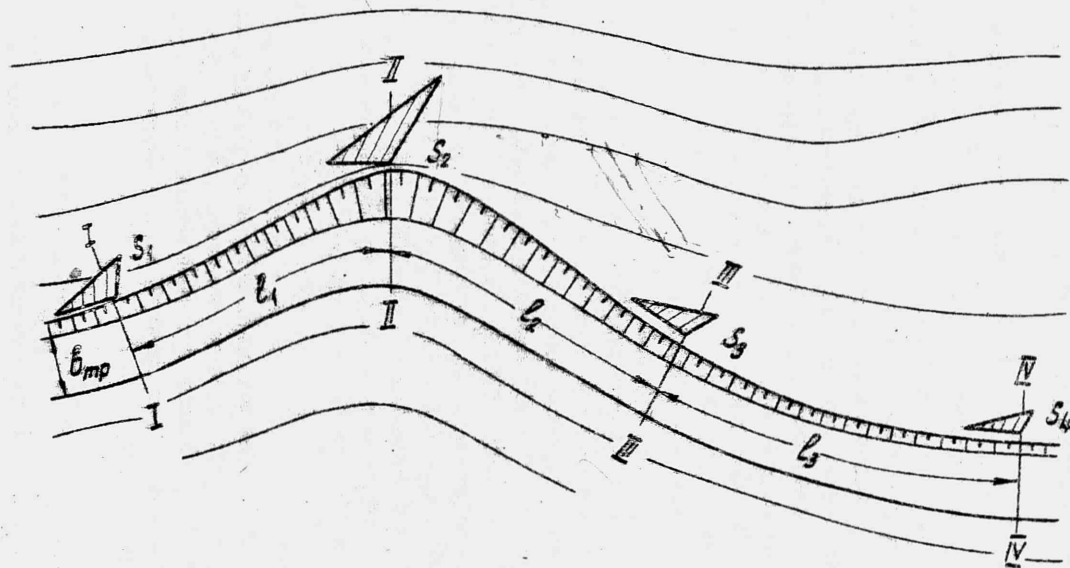


Рис. 3.3. Полутраншея с различной площадью поперечных сечений

условии, что $L_{дтр} = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n$. Очевидно также, что точность расчета объема полутраншеи, проходящей по пересеченной местности, возрастает при увеличении числа сечений.

3.1.2. Соединительные полутраншеи

Эти выработки связывают транспортные горизонты карьера с выездной полутраншеей или с внешним отвалом, расположенным по другую сторону карьерного поля.

Ввиду меньшей, чем в выездной полутраншее, интенсивности движения автосамосвалов и меньшем числе их встреч внешняя (к окло-ну) часть дороги здесь может быть размещена на насыпи из пород, образующихся при проходке полутраншеи; только внутренняя полоса, по которой в основном происходит движение, целиком располагается в выемке (рис. 3.4). В таких случаях говорят, что дорога проходит в полувыемке - голунасыпи. Объем соединительной полутраншеи при этом будет минимальным.

Возможность устройства части дороги на насыпи убывает - по соображениям устойчивости полотна и безопасности движения - с увеличением крутизны косягора. При ширине дороги b_d и угле наклона косягора $\varphi = 15^\circ$ ширина соединительной полутраншеи составляет $b_{тр} = (0,45 + 0,5) b_d$. В интервале $\varphi = 15+30^\circ$ величина $b_{тр}$ возрастает на $0,1 b_d$ на каждые 5° увеличения угла φ . При $\varphi = 35^\circ$ $b_{тр} = (0,8 + 1,0) b_d$, а при $\varphi \geq 40^\circ$ дорога должна полностью размещаться в выемке ($b_{тр} = b_d$) / 23 /.

Объем соединительной траншеи определяют теми же методами, что и объем разрезной траншеи.

Иногда при наличии на склоне крутых и обрывистых участков дорога по ним проходит на искусственной насыпи, ограниченной со стороны склона подпорной стенкой из железобетона (рис. 3.5, а). Эффективность этого технического решения определяется сравнением затрат на создание подпорной стенки с расходами по проходке полутраншеи полного профиля на смежные вскрываемые горизонты (рис. 3.5, б) / 23 /.

3.1.3. Выезные полутраншеи

Эти выработки всегда наклонны и предназначены для вывозки горной массы к пунктам переработки, перегрузки или складирования.

Каждая выездная полутраншея состоит из двух элементов: на-



Рис. 3.4. Соединительная полутраншея
в полувыемке-полунасыпи

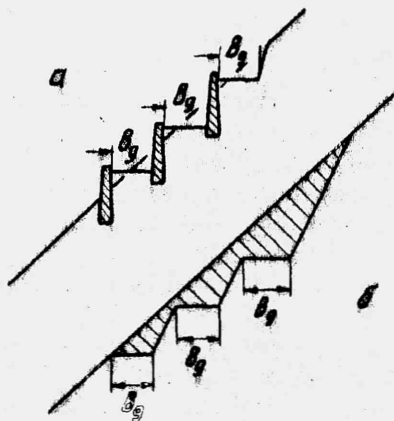


Рис. 3.5. Соединительная полутраншея на подпорной
стенке (а) и в выемке (б)

клонной линейной части (отрезка между смежными транспортными горизонтами) и пункта примыкания въездной полутраншеи к соединительной. Общая длина выработки определяется разницей высотных отметок смежных горизонтов (высотой полутраншеи h), продольным уклоном полутраншеи i и формой пункта примыкания.

Различают три типа примыкания (рис. 3.6): на полном уклоне i (соединительная полутраншея примыкает к въездной напрямую), на омыленном - меньшем, чем в въездной полутраншее, уклоне i' ($i' < i$) и примыкание на площадке шириной δ . Ясно, что общая длина полутраншеи (и, следовательно, ее объем) будет минимальной в первом случае и максимальной - в третьем.

Длина линейной части полутраншеи подсчитывается по формуле^{*}:

$$L_{в. \text{ лин.}} = \frac{h}{\operatorname{tg} i}, \text{ м.} \quad (3.7)$$

Пример: $h = 10$ м; транспорт автомобильный, уклон въездной полутраншеи 10% или 100‰ ($\operatorname{tg} i = 0,1$). Тогда

$$L_{в. \text{ тр. лин.}} = \frac{10}{0,1} = 100 \text{ м.}$$

В отличие от разрезных и соединительных полутраншей, проходящих вдоль соответствующих горизонталей (горизонтальные выработки), въездные полутраншеи, будучи наклонными, проходят наискосок по склону или даже, при пологих косогорах, - поперек склона. Для того, чтобы установить точное положение наклонной выработки в плане, нужно протрассировать ее.

Процесс трассирования въездной полутраншеи включает следующие операции:

1. Берется топографический план с известным масштабом и поперечные профили земной поверхности.
2. На плане фиксируется точка начала въездной траншеи.

^{*} Как известно, при малых значениях угла i ($i \leq 10^\circ$) длина гипотенузы прямоугольного треугольника мало отличается от длины прилежащего катета, т.е. $\sin i \approx \operatorname{tg} i$.

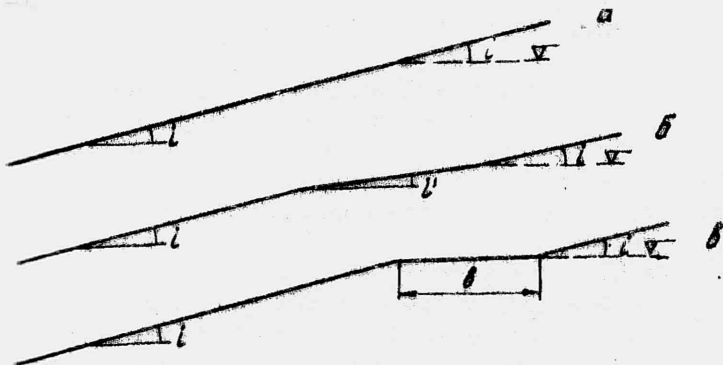


Рис. 3.6. Типы примыкания :

а - на руководящем уклоне;

б - на смягченном уклоне;

в - на площадке

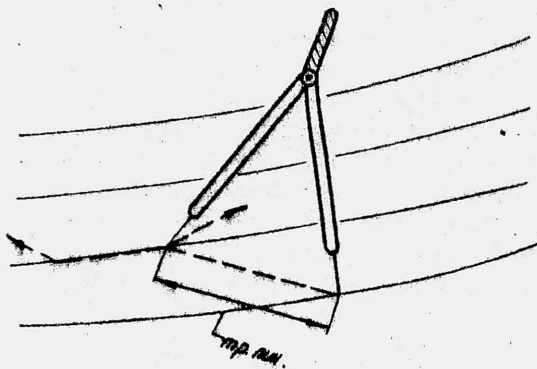


Рис. 3.7. Трассирование наклонно" полутраншей

3. Рассматривается поперечный профиль и угол наклона косогора φ в указанной точке*. Если $\varphi \leq i$, то дорогу можно провести поперек склона. Если $\varphi > i$, то полутраншею приходится трассировать наискосок по склону.

4. В этом, втором случае берется измеритель, раствор которого равен длине линейной части полутраншеи в масштабе топографического плана. Поставив одну ножку измерителя в точку начала полутраншеи, ищут на плане точку пересечения второй ножки с горизонталью, соответствующей высотной отметке вкрываемого полутраншей горизонта (рис. 3.7).

5. Если примыкание въездной полутраншеи к соединительной делается на площадке или смягченном уклоне, то к длине полутраншеи добавляется соответствующий горизонтальный отрезок (длина отрезка определяется специальным расчетом). При примыкании на полном уклоне данная операция отсутствует.

6. Указанным способом трасса прокладывается ко всем вкрываемым горизонтам. В местах ее поворота процесс трассирования укладывается, определяясь конструкцией поворотного пункта.

При использовании железнодорожного транспорта чаще всего, как известно, применяют тупиковую форму трассы. Конструкция железнодорожных тупиков, устраиваемых на косогорах, мало чем отличается от таковых на равнинных карьерах и поэтому здесь не рассматривается. К тому же область применения этого вида транспорта на горных карьерах ограничена пологим косогором с выдержанным углом наклона. Преимущественное распространение в сложных топографических условиях получила транспортировка горной массы автосамосвалами и соответственно петлевая форма трассы.

Поворот трассы может происходить на площадке (рис. 3.8) или на смягченном уклоне (рис. 3.9); в последнем случае поворотный пункт называют серпантиной. При сопоставлении обеих конструкций видно, что поворотный пункт в виде серпантины имеет значительно меньший строительный объем; этим и объясняется его широкое применение.

* В случае отсутствия поперечных профилей их строят, измеряя в масштабе проекцию земной поверхности между смежными горизонталями. Зная разницу их высотных отметок, можно построить треугольник, гипотенуза которого будет представлять собой поверхность склона.

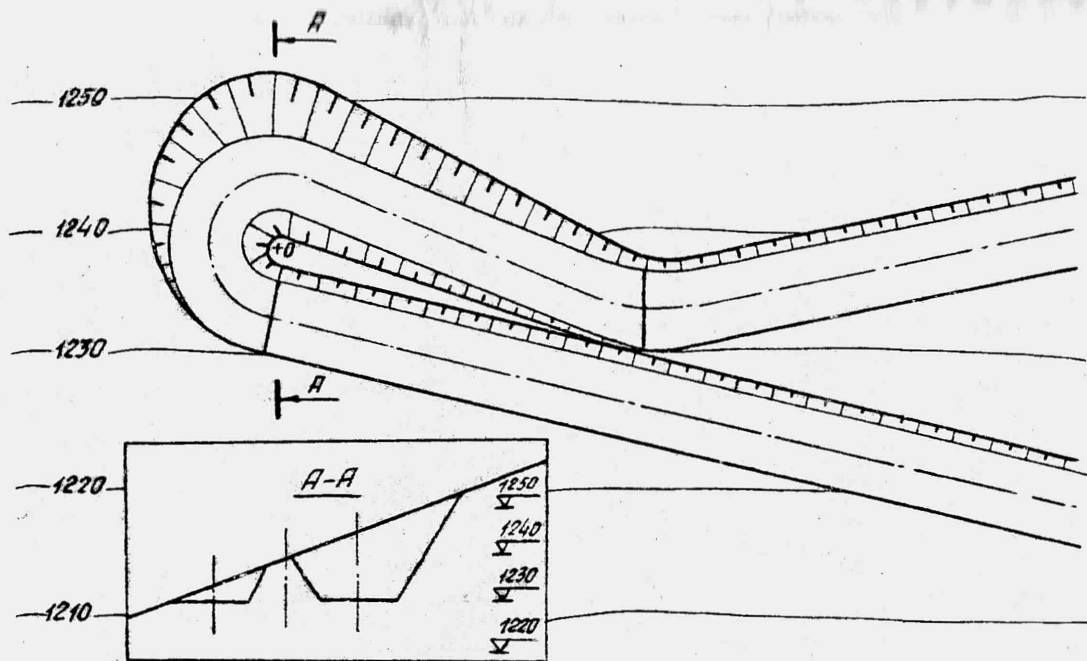


Рис. 3.8. Поворотный пункт на площадке

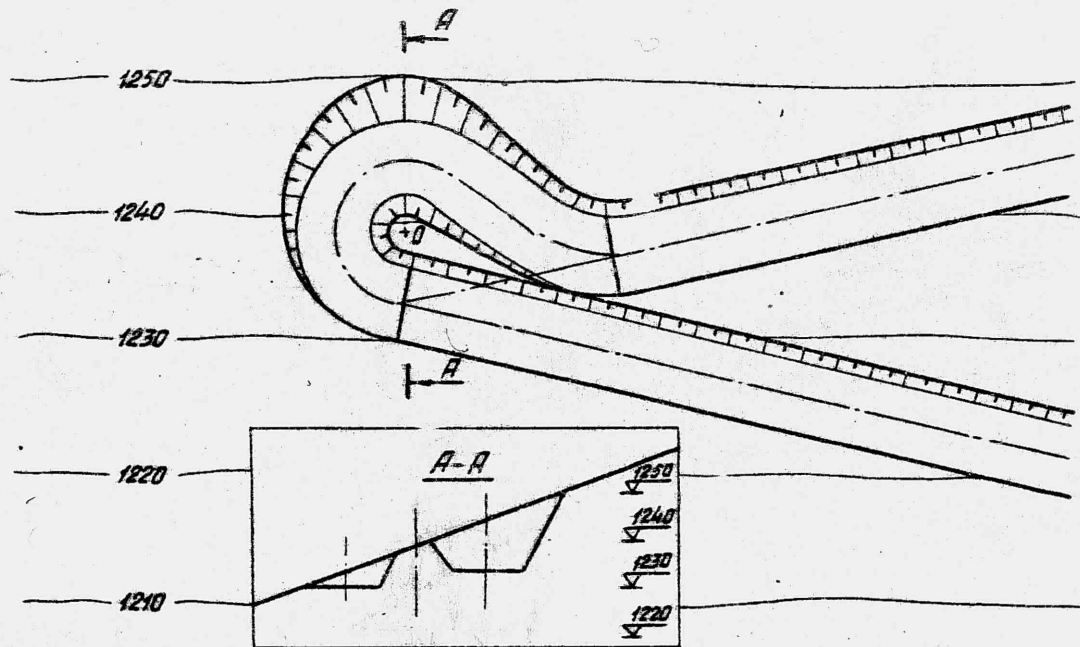


Рис. 3.9. Поворотный пункт на смыченном уклоне (серпантина)

В конструктивном плане серпантина состоит из следующих элементов: главной кривой с радиусом R_0 , двух прямых вставок длиной ℓ_1 и ℓ_2 и двух криволинейных вставок с радиусами R_1 и R_2 (рис. 3.10,а). На практике часто используют упрощенную конструкцию серпантин, где центр O главной кривой переносится от вершины угла поворота трассы внутрь склона (рис. 3.10,б). В этом случае длина серпантин минимальна, так как элементы ℓ_1 и ℓ_2 отсутствуют. Трасса в пределах серпантин имеет уклон i' , меньший, чем на прямых участках въездной полутраншеи / 24 /.

Величина смятченного уклона и других параметров серпантин зависит от допустимой внутри ее скорости движения автосамосвалов (табл. 3.1).

Таблица 3.1
Конструктивные параметры серпантин / 24 /

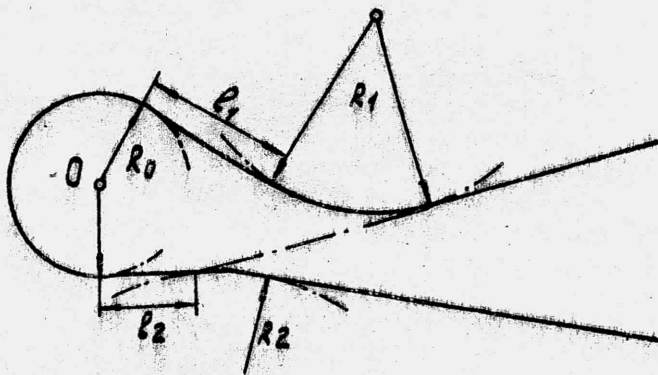
Параметры	Скорость движения автосамосвалов, км/ч		
	20	25	30
Минимальный радиус главной кривой, R_0 , м	15,0	20,0	30,0
Максимально допустимый уклон дороги в пределах серпантин i' , %	4,0	3,5	3,0
Поперечный подъем дороги на повороте, %	6,0	6,0	6,0
Расширение дороги на повороте, м	3,0	3,5	4,0
Минимальный радиус криволинейных вставок R_1 и R_2 , м	20,0	25,0	30,0

Пункты поворота трассы при проектировании стараются размещать в местах естественного выполаживания склона, чтобы уменьшить строительный объем серпантин. Последний подсчитывается методом поперечных сечений.

Ввиду большой интенсивности движения транспорта по въездной полутраншее (объединяются грузопотоки с нескольких горизонтов, двухполосная дорога) она проходится, как правило, целиком в выемке.

Чаще всего въездная полутраншея начинается от площадки, создаваемой у подножия горы, или от главной откаточной дороги.

а



б

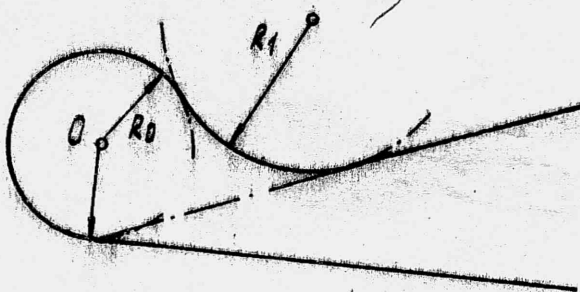


Рис. 3.10. Элементы серпантинны

проходящей вдоль подошвы (рис. 3.II). Зная уклон и конечную высоту полутраншеи, можно по известной формуле определить ее длину и на топографическом плане найти конечный пункт выработки (протрассировать выездную полутраншею).

Процесс проходки полутраншеи складывается из следующих работ:

- осадание первоначальной ниши (врезки в косогор) шириной, равной ширине выездной полутраншеи $b_{в.тр.}$, и длиной $l_n = 2+3 \cdot b_{в.тр.}$; ниша позволяет груженым самосвалам без помех выезжать на главную откаточную дорогу, в том числе и с поворотом;

- проходка первой части выездной полутраншеи по борту главной откаточной дороги до выхода выработки на полную высоту этого борта $h_{борт.}$ (рис. 3.II);

- проходка оставшейся части выездной полутраншеи по склону горы до заданной отметки (например, до уровня следующего транзитного горизонта).

Этим трем видам проходческих работ соответствуют три основные части объема выездной траншеи (рис. 3.I2):

A - объем ниши в борту главной откаточной дороги;

B - объем первой части полутраншеи, расположенной на данном борту;

C - объем оставшейся части полутраншеи, проходящей целиком по косогору.

Есть еще объем *D* торца полутраншеи в ее конечном пункте, но относительная величина этого объема невелика и его можно пренебречь.

В условиях, когда угол наклона косогора не меняется на всем протяжении выездной полутраншеи, ее объем может быть определен аналитически, по сумме объемов геометрических фигур *A*, *B* и

C / 5 /.

Рассмотрим сначала фигуру *C*. Это прямая треугольная призма с площадью основания $S_{осн.}$ (как и у разрезной полутраншеи) и высотой $L_{кос.}$ (рис. 3.I3). Из рис. 3.I2 видно, что

$$L_{кос.} = L_{в.тр.лин.} - L_{борт.} \quad \text{м}, \quad (3.8)$$

где $L_{в.тр.лин.}$

- общая длина линейной (наклонной) части полутраншеи, определяемой по формуле (3.7), м;

$L_{борт.}$

- длина части полутраншеи, проходящей по борту главной откаточной дороги, м.

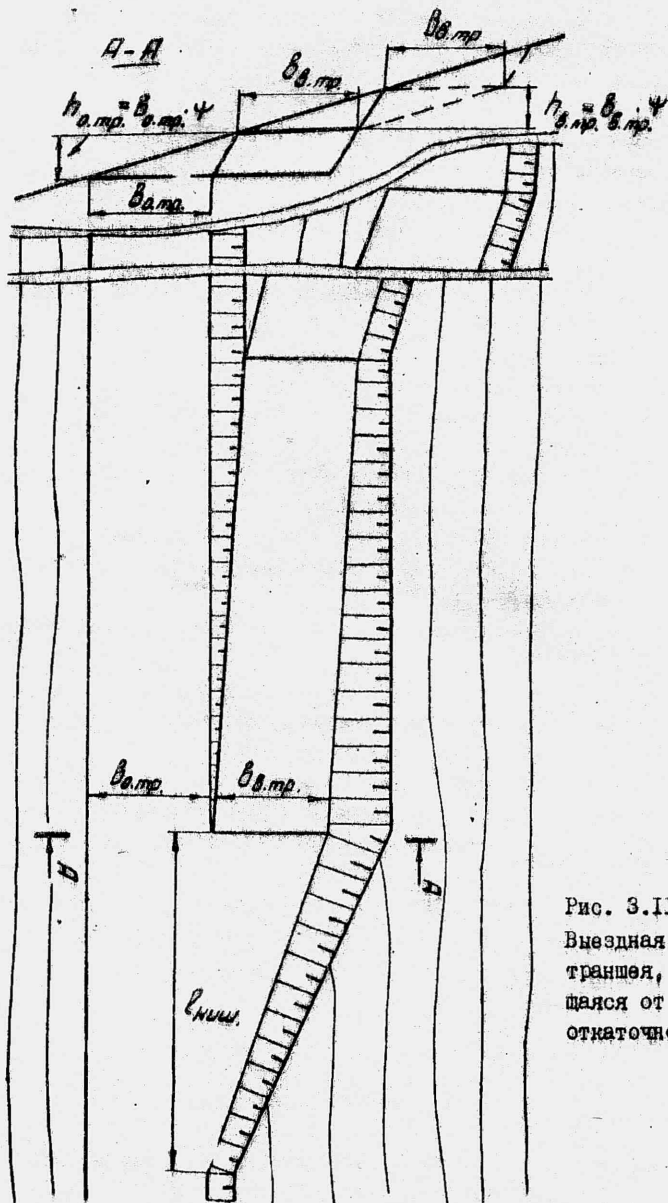


Рис. 3.II.
 Въездная полу-
 траншея, начинаю-
 щаяся от главной
 откаточной дороги

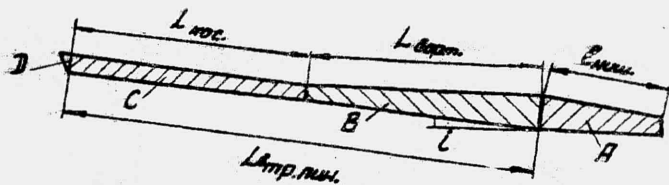


Рис. 3.12. Составляющие объема выездной полутраншеи

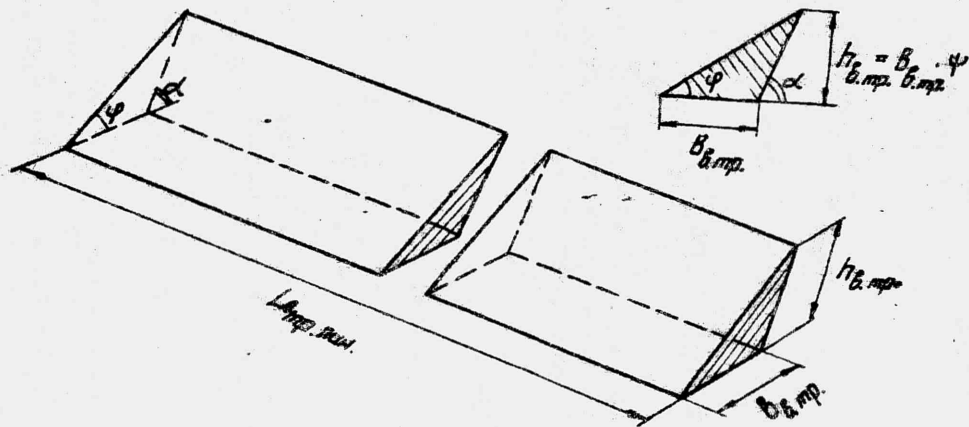


Рис. 3.13. Фигура

$$L_{\text{борт}} = \frac{h_{\text{амп}}}{\operatorname{tg} i} = \frac{b_{\text{амп}} \cdot \psi}{\operatorname{tg} i}, \text{ м}, \quad (3.9)$$

где $h_{\text{амп}}$ и $b_{\text{амп}}$ — соответственно высота борта и ширина полу-траншеи, где разместились главные откаточная дорога (рис. 3.11), м.

Тогда

$$L_{\text{кос}} = \frac{A - b_{\text{амп}} \cdot \psi}{\operatorname{tg} i}, \text{ м}, \quad (3.10)$$

Отсюда объем фигуры C составит:

$$V_C = \frac{b_{\text{амп}}^2 \cdot \psi}{2} \cdot \left(\frac{A - b_{\text{амп}} \cdot \psi}{\operatorname{tg} i} \right) = \frac{b_{\text{амп}}^2 \cdot h \cdot \psi}{2 \operatorname{tg} i} - \frac{b_{\text{амп}}^3 \cdot \psi^2}{2 \operatorname{tg} i}, \text{ м}^3 \quad (3.11)$$

Перейдем к рассмотрению фигуры B (рис. 3.14). Видно, что она в свою очередь состоит из двух фигур B_1 и B_2 . Фигура B_1 представляет собой прямую треугольную призму (как и фигура C) со следующими параметрами: площадь основания $\frac{b_{\text{амп}} \cdot \psi}{2}$ и высота

$$L_{\text{борт}} = \frac{b_{\text{амп}} \cdot \psi}{\operatorname{tg} i}.$$

Следовательно,

$$V_{B_1} = \frac{b_{\text{амп}}^2 \cdot b_{\text{амп}} \cdot \psi^2}{2 \operatorname{tg} i}, \text{ м}^3. \quad (3.12)$$

Вторая фигура B_2 — это прямая полупризма с площадью основания $b_{\text{амп}} \cdot b_{\text{амп}} \cdot \psi$ и высотой $L_{\text{борт}} = \frac{b_{\text{амп}} \cdot \psi}{\operatorname{tg} i}$. Тогда

$$V_{B_2} = \frac{b_{\text{амп}} \cdot b_{\text{амп}} \cdot \psi^2}{2 \operatorname{tg} i}, \text{ м}^3. \quad (3.13)$$

Оставшаяся фигура A (объем ниши) также разбита на две фигуры A_1 и A_2 (рис. 3.15). Первая — есть пирамида, в основании которой лежит треугольник площадью $\frac{b_{\text{амп}} \cdot \psi}{2}$; высота ее равна длине ниши:

$$L_{\text{ниш}} = b_{\text{амп}} \cdot \operatorname{ctg} \theta = 2 \div 3 b_{\text{амп}}, \text{ м}, \quad (3.14)$$

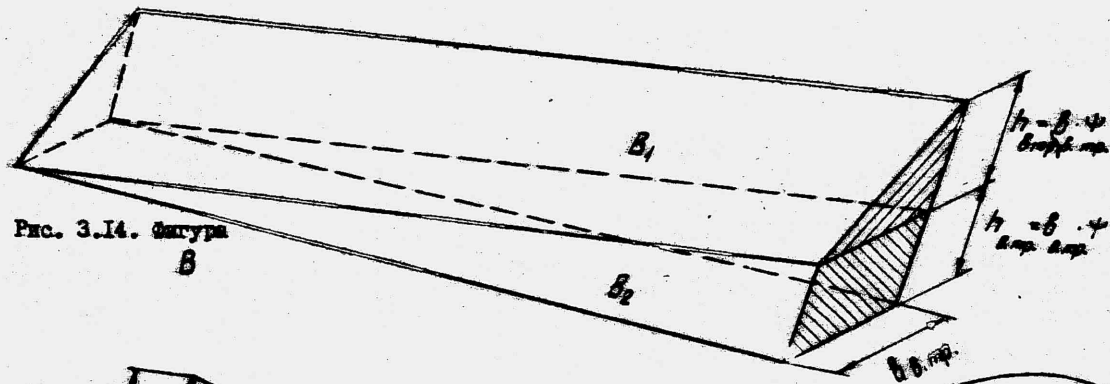


Рис. 3.14. Фигура В

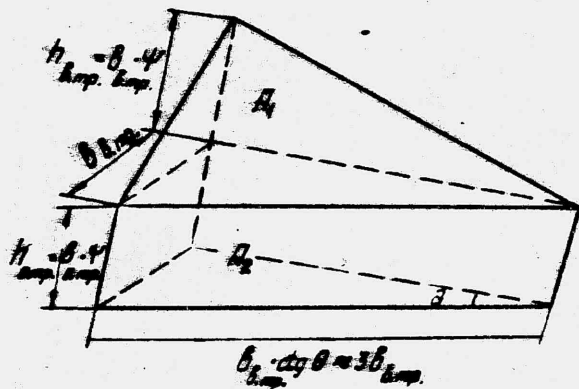


Рис. 3.15. Фигура А

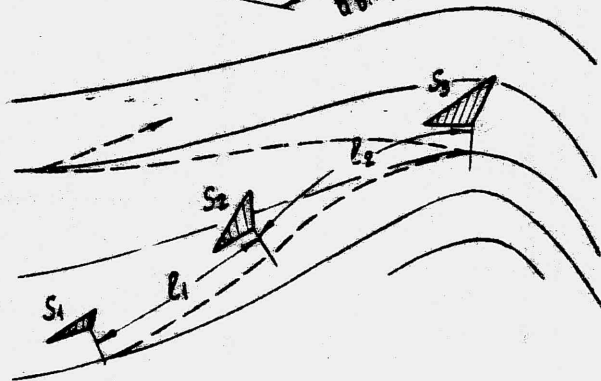


Рис. 3.16. Выездная полутраншея на косогоре переменной крутизны

где θ - угол отклонения трассы выездной трассы в нише от трассы главной откаточной дороги (определяется по принятому радиусу кривой), град.

Приняв $l_{\text{ниш}} = 3b_{\text{тр.}}$, можно записать

$$V_{A_1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot \psi}{2} \cdot 3b_{\text{тр.}} = \frac{b_{\text{тр.}}^3 \cdot \psi}{2}, \text{ м}^3 \quad (3.15)$$

Фигура A_2 - это прямая полупризма высотой $l_{\text{ниш}} = 3b_{\text{тр.}}$ и прямоугольником в основании с площадью $b_{\text{тр.}} \cdot b_{\text{отпр.}} \cdot \psi$.
Отсюда

$$V_{A_2} = \frac{3b_{\text{тр.}}^2 \cdot b_{\text{отпр.}} \cdot \psi}{2}, \text{ м}^3 \quad (3.16)$$

Суммируя объемы рассмотренных выше фигур, имеем:

$$\begin{aligned} V_{\text{отпр.}} &= V_c + V_{B_1} + V_{B_2} + V_{A_1} + V_{A_2} = \\ &= \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot h \cdot \psi}{2 \operatorname{tg} i} - \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot b_{\text{отпр.}} \cdot \psi^2}{2 \operatorname{tg} i} + \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot b_{\text{отпр.}} \cdot \psi^2}{2 \operatorname{tg} i} + \\ &\quad \frac{b_{\text{тр.}} \cdot b_{\text{отпр.}}^2 \cdot \psi^2}{2 \operatorname{tg} i} + \frac{b_{\text{тр.}}^3 \cdot \psi}{2} + \frac{3b_{\text{тр.}}^2 \cdot b_{\text{отпр.}} \cdot \psi}{2}, \text{ м}^3 \end{aligned}$$

В итоге

$$V_{\text{отпр.}} = \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot \psi}{2 \operatorname{tg} i} \cdot (b_{\text{тр.}} \cdot h + b_{\text{отпр.}}^2 \cdot \psi) + \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot \psi}{2} \cdot (b_{\text{отпр.}} + 3b_{\text{отпр.}}), \text{ м}^3 \quad (3.17)$$

В частном случае, когда $b_{\text{тр.}} = b_{\text{отпр.}} = b_{\text{тр.}}$, расчетная формула (3.17) упрощается:

$$V'_{\text{отпр.}} = \frac{b_{\text{тр.}}^2 \cdot \psi}{2 \operatorname{tg} i} \cdot (h + b_{\text{тр.}} \cdot \psi) + 2b_{\text{тр.}}^3 \cdot \psi, \text{ м}^3 \quad (3.18)$$

Иногда выездная траншея врежется в косогор непосредственно с горизонтальной поверхности подошвы горы. Тогда составляющие V_{B_2} и V_{A_2} в расчетной формуле отсутствуют и она приобретает следующий вид:

$$V_{B.тр.}'' = \frac{b_{B.тр.}^2 \cdot h \cdot \psi}{2 \operatorname{tg} i} + \frac{b_{B.тр.}^3 \cdot \psi}{2}, \text{ м}^3$$

или

$$V_{B.тр.}'' = \frac{b_{B.тр.}^2 \cdot \psi}{2} \cdot \left(\frac{h}{\operatorname{tg} i} + b_{B.тр.} \right), \text{ м}^3 \quad (3.19)$$

Формулы (3.17–3.19), как отмечалось выше, применимы при неизменном наклоне косогора по всей длине полутраншеи. В более общем случае, при сильно пересеченной местности, прибегают к универсальному графо-аналитическому методу параллельных сечений (рис. 3.16). Расчет объема выездной траншеи ведется по формуле (3.6), сечения делают в характерных пунктах полутраншеи и склона, по которому она проходит. Площадь сечений определяют планиметром или методом квадратов (в учебных расчетах – непосредственно на миллиметровке).

3.1.4. Пункты примыкания соединительных и выездных полутраншей

Каждый нагорный карьер, на котором применяется колесный транспорт, имеет обычно несколько транспортных горизонтов (рабочих уступов), вскрываемых системой выездных полутраншей. Суммарный объем последних определяется числом горизонтов, крутизной склона (углом ψ), уклоном полутраншей (i), формой трассы в профиле и плане, а также конструкцией пунктов примыкания соединительных полутраншей к выездным.

Рассмотрим сначала пункты примыкания соединительной полутраншеи к выездной на прямом участке трассы. Здесь различают попутное, "пошерстное" (рис. 3.17) и встречное, "прошивошерстное" (рис. 3.18) примыкание. В последнем случае оно осуществляется на кривой со смягченным подъемом – серпентине. "Островок" массива, оставшийся внутри серпантинны, при строительстве пункта примыкания предпочитают срабатывать для улучшения видимости при въезде

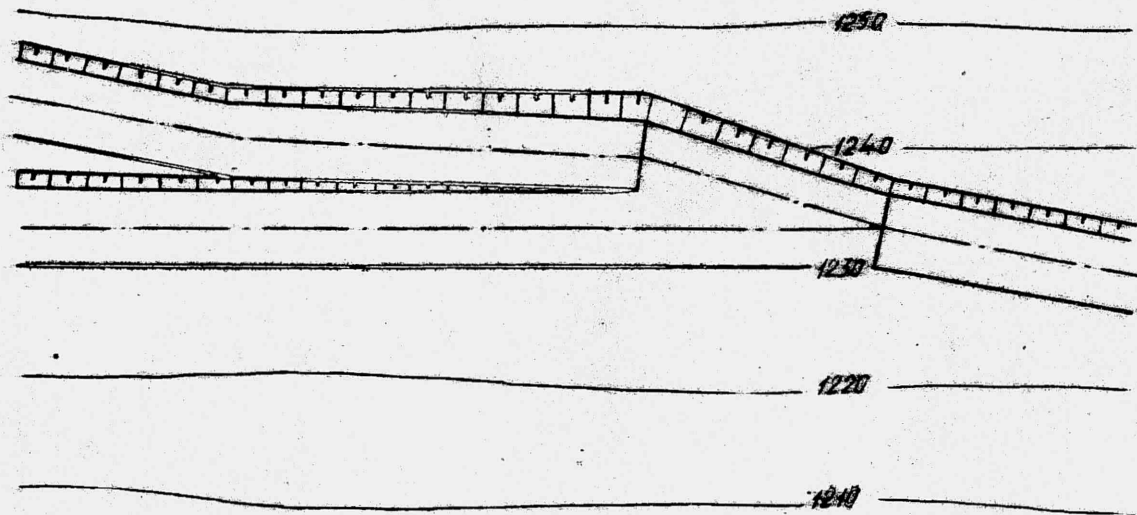


Рис. 3.17. Планшет полученного проектирования к прямому участку трассы

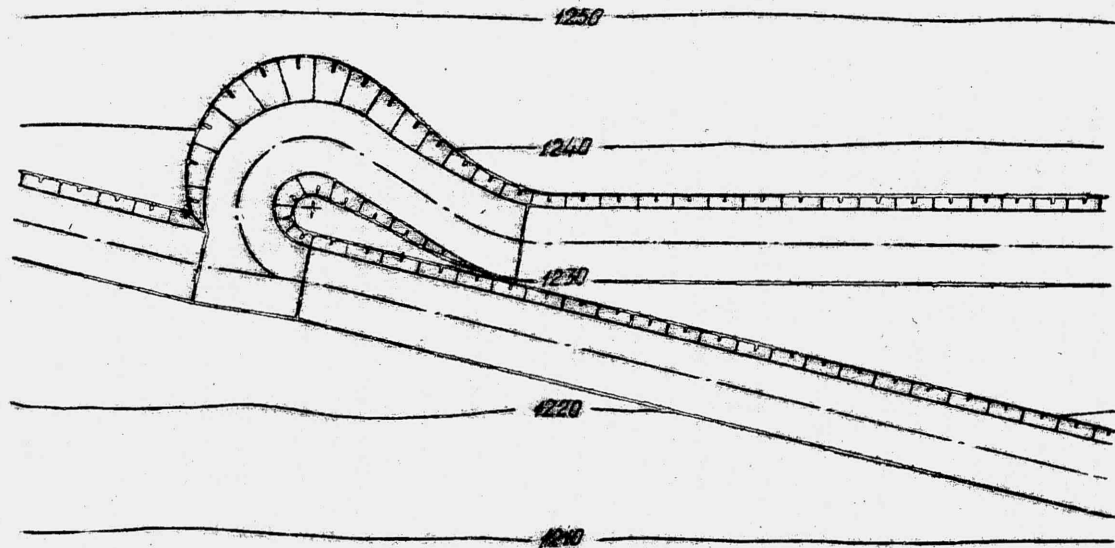


Рис. 3.18. Пункт встречного примыкания к прямому участку трассы

автосамосвалов на главную дорогу.

Конструкция пункта примыкания усложняется, когда соединительная полутраншея подходит к въездной в месте поворота трассы. Строительный объем пункта не возрастает, если примыкание происходит после поворота трассы (рис. 3.19) и увеличивается, если его вынуждены делать до поворота (рис. 3.20).

При пологих косогорах, а также при выходе трассы на ровный участок рельефа правостороннее примыкание возможно сделать и на площадке. В этом случае трасса въездной полутраншеи будет проходить по борту поворачивающейся соединительной полутраншеи, спускаясь к точке примыкания по серпантине (рис. 3.21). Однако такая конструкция пункта применяется редко из-за значительно большего строительного объема.

Самый сложный вариант возникает при двухстороннем примыкании соединительных полутраншей к въездной в месте поворота трассы. Он возможен, когда въездная полутраншея и отвал расположены по одну сторону от карьера. И здесь наибольший строительный объем получается при примыкании на площадке (отметки сочлененных транспортных горизонтов в карьере и на отвале совпадают - рис. 3.22). Конструкция пункта примыкания упрощается, если последнее происходит по серпантине - рис. 3.23 и 3.24).

3.2. Рудоскаты

Перепуск различных материалов по наклонной плоскости применяли издавна. Для этого использовали деревянные и металлические желоба, коробы, трубы. На нагорных карьерах перепуск горной массы осуществляется непосредственно по склону, а также по специальным крутым выработкам - рудоскатам (породоскатам).

Различают два вида рудоскатов: с разгрузочным бункером на выпуске и без него (с перегрузкой из навала) - рис. 3.25. Преимущественное распространение получили рудоскаты второй группы как более простые по конструкции и надежные в эксплуатации. В этом случае на карьере устраивают, как правило, два рудоската, располагая их рядом и используя попеременно: то одному ведется только перепуск, в другом он прекращается для отгрузки перепущенной горной массы из навала. После уборки навала экскаватор (погрузчик) переходит к первому рудоскату, по второму возобновляется перепуск, и цикл работ повторяется. Ниже рассматривается только без-

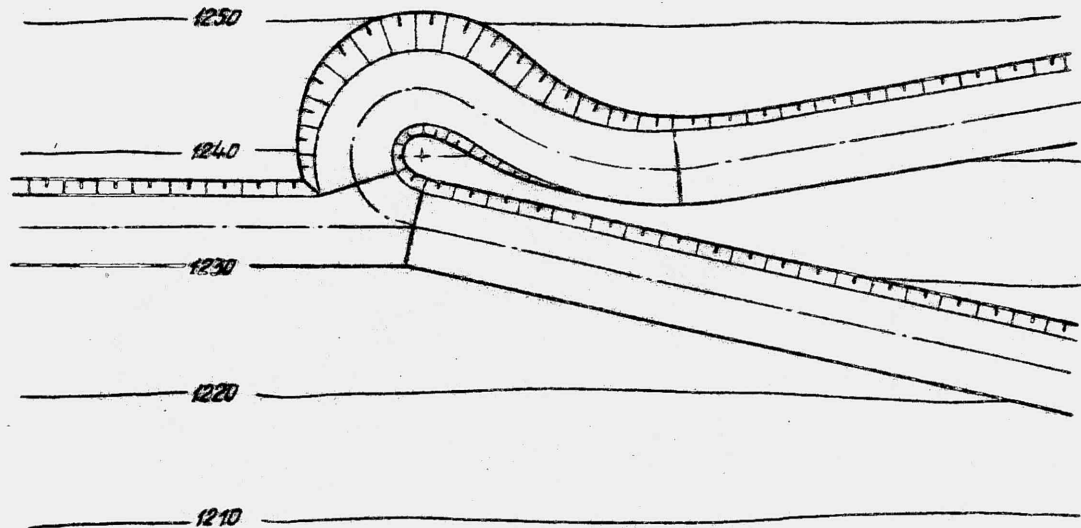


Рис. 3.19. Punkt примыкания после поворота трассы

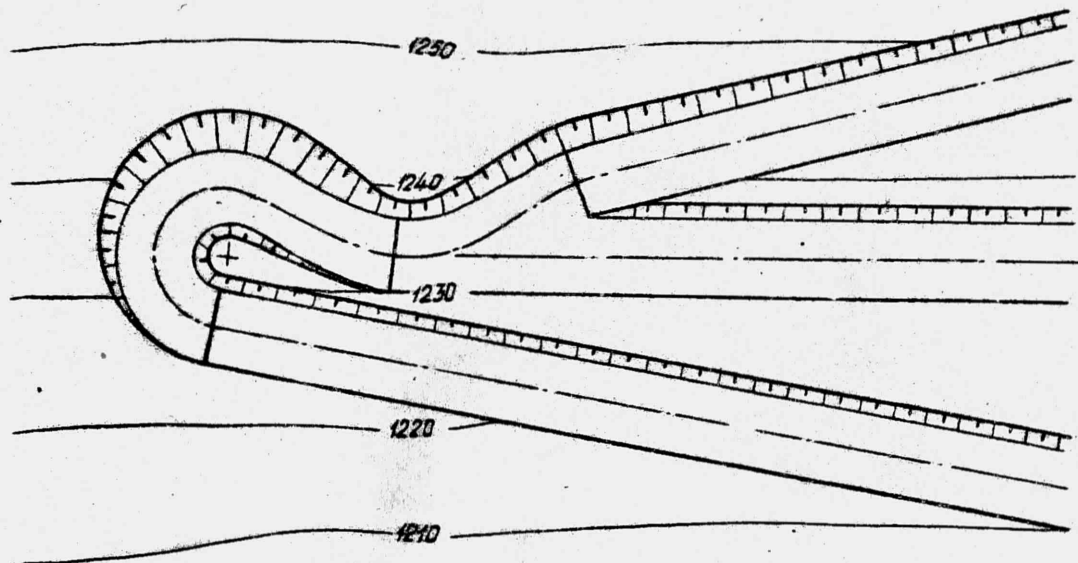


Рис. 3.20. Пункт примыкания до поворота трассы

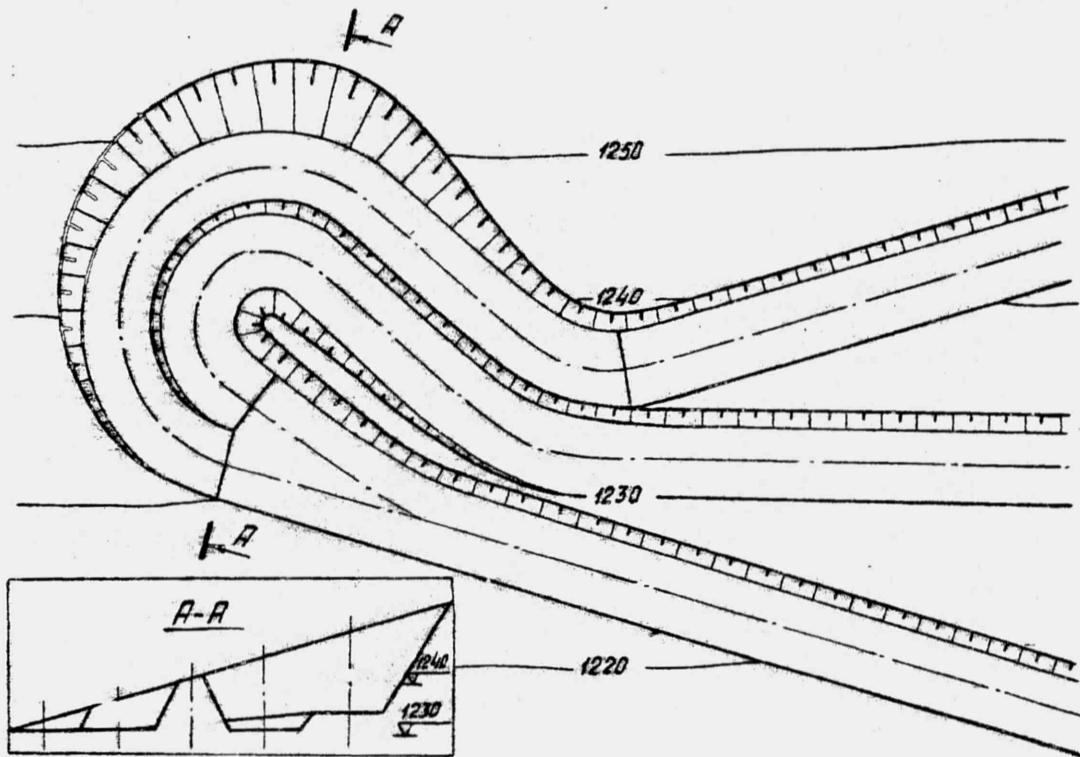


Рис. 3.21. Раздельное примыкание соединительной полутраншеи к въездной

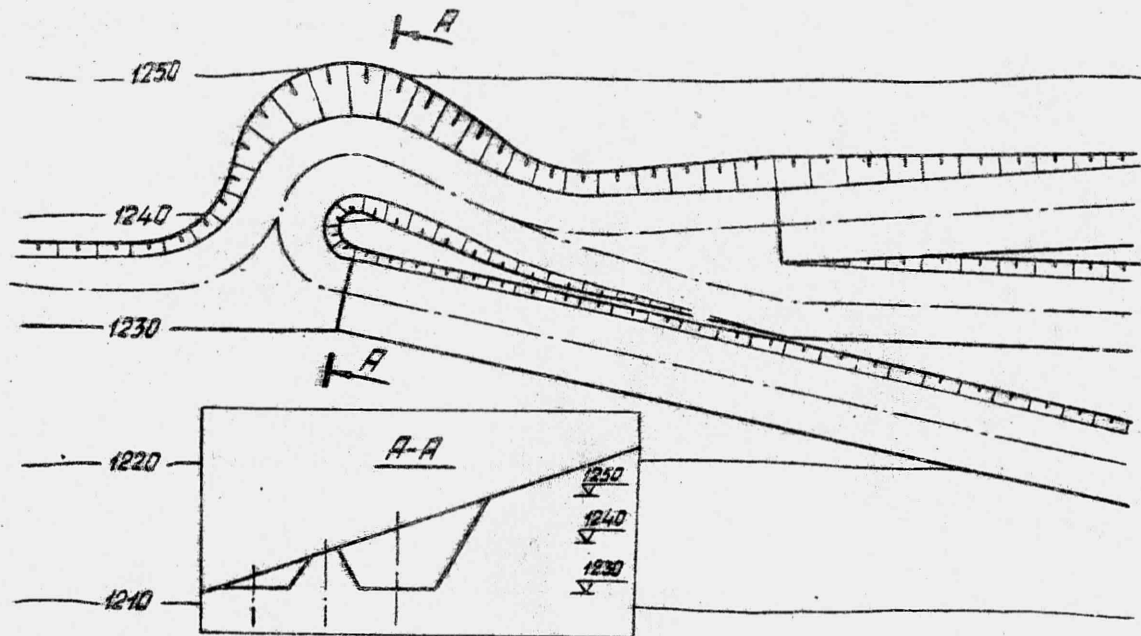


Рис. 3.22. Двухстороннее примыкание соединительных и лоточных труб к скатной на площадке

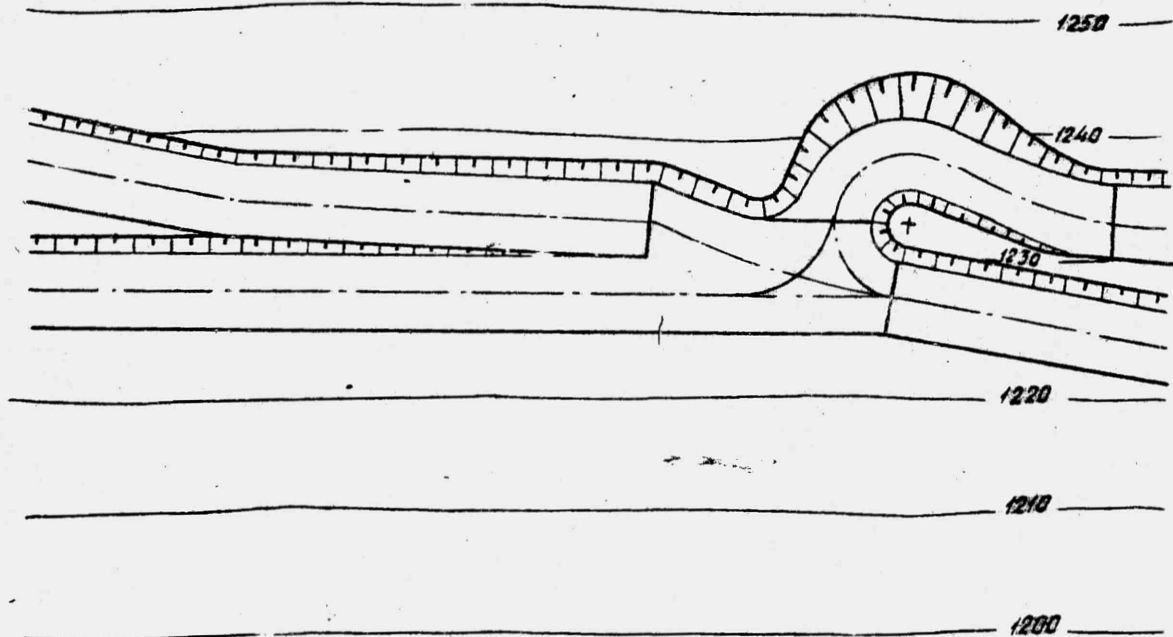


Рис. 3.23. Двухстороннее примыкание на серпантине
к прямому участку трассы

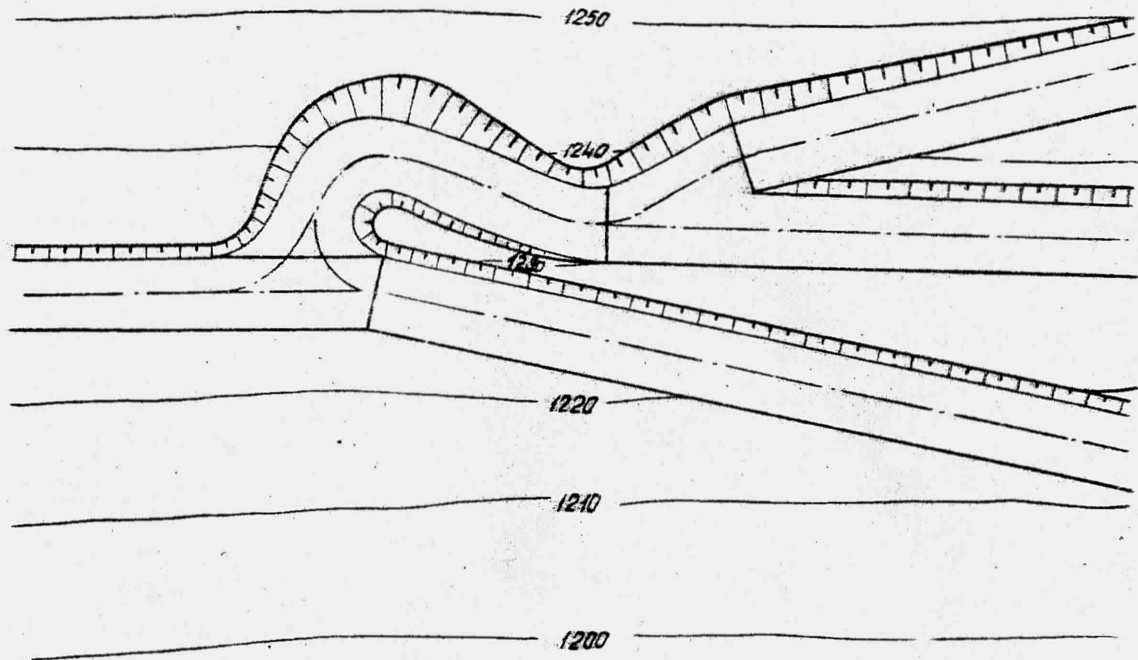


Рис. 3.24. Двухстороннее примыкание на серпантине
в месте поворота трассы

бункерная конструкция рудоската.

Рудоскаты целесообразно располагать в местах поперечных сужений рельефа, естественных углублениях, в ложе водостоксов и камнепадов, узких распутинах. Когда склон ровный и таких мест нет, рудоскат приходится сооружать в специально проходимой крутой траншее. В основании ее делают желоб рудоската.

Площадь поперечного сечения желоба равна (рис. 3.26):

$$S_{ж.р.} = h_{ж} (b_{ж} + h_{ж} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{ж}), \text{ м}^2, \quad (3.20)$$

где $h_{ж}$ — глубина желоба, м ($h_{ж} = 0,5-1,5$ м);

$b_{ж}$ — ширина дна желоба (собственная ширина рудоската), м;

$\alpha_{ж}$ — угол наклона стенок желоба, град ($\alpha_{ж} = 65-75^\circ$).

Чтобы исключить заклинивание кусков передускаемой горной массы в желобе, величина $b_{ж}$ принимается из условия

$$b_{ж} \geq 3d_{\max}, \text{ м}, \quad (3.21)$$

где $d_{\max}$ — максимальный размер куска в горной массе, поступающей в рудоскат, м.

Для уменьшения износа стенок и дна рудоскатов практикуют сплошную или частичную обшивку их стальным листом, а также рельсами. В нижней части рудоската делается выемка — подрывка под углом α_n ($70-75^\circ$) на высоту h_n (8-10 м) для увеличения приемной способности пункта перегрузки (рис. 3.26).

Подсчитав величину $S_{ж.р.}$, зная высоту рудоската H_p (высоту перепуска горной массы) и высоту подрывки h_n , можно определить длину рудоската ℓ_p и объем желоба $V_{ж.р.}$:

$$\ell_p = \frac{H_p - h_n}{\sin \alpha_{ск}}, \text{ м}; \quad (3.22)$$

$$V_{ж.р.} = S_{ж.р.} \cdot \ell_p, \text{ м}^3, \quad (3.23)$$

где $\alpha_{ск}$ — угол наклона рудоската, град. ($\alpha_{ск} = 40-45^\circ$, меньшее значение достигается в рудоскатах, дно которых армировано металлом).

Если угол наклона рудоската $\alpha_{ск}$ не совпадает с углом наклона кобогора φ , то объем крутой траншеи под рудоскат зо-

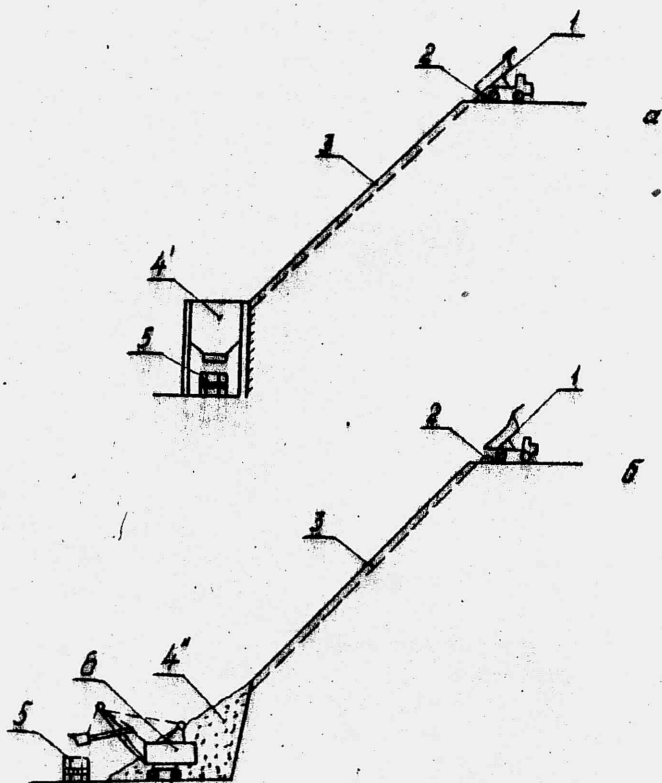


Рис. 3.25. Виды рудоскатов: с загрузочным бункером (а) и безбункерный (б)

1 - автосамосвал, разгружающийся в рудоскат; 2 - предохранительный брус; 3 - желоб рудоската; 4' - загрузочный бункер; 4'' - навал перепущенной горной массы; 5 - автосамосвал под загрузкой; 6 - перегрузочный экскаватор

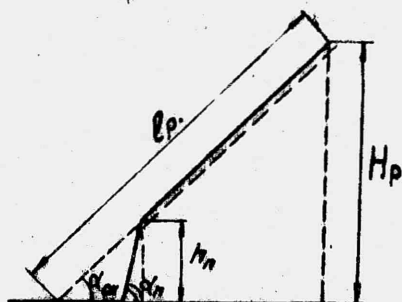
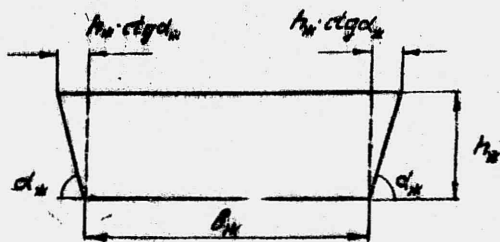


Рис. 3.26. Схема и определение объема желоба рудоската

считывается отдели о для случаев, когда $\varphi < \alpha_{ск}$ и когда $\varphi > \alpha_{ск}$. На ровном склоне он может быть определен аналитически как сумма правильных геометрических фигур.

В первом случае в подошве горы приходится делать выемку для приемной (перегрузочной) площадки и от нее еще подрывку нижней части рудоската (рис. 3.27). Объем указанной выемки совмещается с объемом крутой траншеи (кроме объема подрывки) ввиду близости значений угла $\alpha_{ск}$ и угла устойчивого откоса выемки β . Кроме того, такое совмещение позволяет упростить проходку траншеи. Ширина приемной площадки $B_{пр.п.}$ определяется минимальным радиусом разворота автосамосвалов и составляет 20-30 м.

Объем крутой траншеи под рудоскат при $\varphi < \alpha_{ск}$ складывается из фигур A , $2B$ и C , за вычетом фигур $2D$ (рис. 3.28).

Фигура A — это треугольная призма с площадью основания (заштриховано) $S_A = \frac{H_p(ctg \varphi - ctg \alpha_{ск})}{2} \cdot H_p$ и высотой $B_{пр.п.}$ (фигуру A можно рассматривать и как половину параллелепипеда с площадью основания $B_{пр.п.} \cdot H_p \cdot (ctg \varphi - ctg \alpha_{ск})$ и высотой H_p). Тогда объем ее будет равен

$$V_A = \frac{H_p^2 (ctg \varphi - ctg \alpha_{ск})}{2} \cdot B_{пр.п.}, \text{ м}^3 \quad (3.24)$$

Фигура B есть треугольная пирамида с той же, что и в фигуре A площадью основания $S_B = S_A = \frac{H_p(ctg \varphi - ctg \alpha_{ск})}{2} \cdot H_p$ и высотой $h_x = H_p(ctg \varphi - ctg \alpha_{ск}) \cdot tg \varphi \cdot ctg \beta$ (см. рис. 3.27). Следовательно,

$$2V_B = 2S_B \cdot \frac{1}{3} h_x = \frac{H_p^3 (ctg \varphi - ctg \alpha_{ск})^2 \cdot tg \varphi \cdot ctg \beta}{3}, \text{ м}^3 \quad (3.25)$$

Разность объемов фигур C и $2D$ равняется объему выемки подрывки. По аналогии с фигурой A объем фигуры C (треугольная призма или половина параллелепипеда) составит:

$$V_C = \frac{h_n^2 (ctg \alpha_{ск} - ctg \alpha_n)}{2} \cdot B_{пр.п.}, \text{ м}^3 \quad (3.26)$$

Фигуры D в торцевых частях выемки подрывки представляют собой треугольные пирамиды с площадью основания (заштриховано)

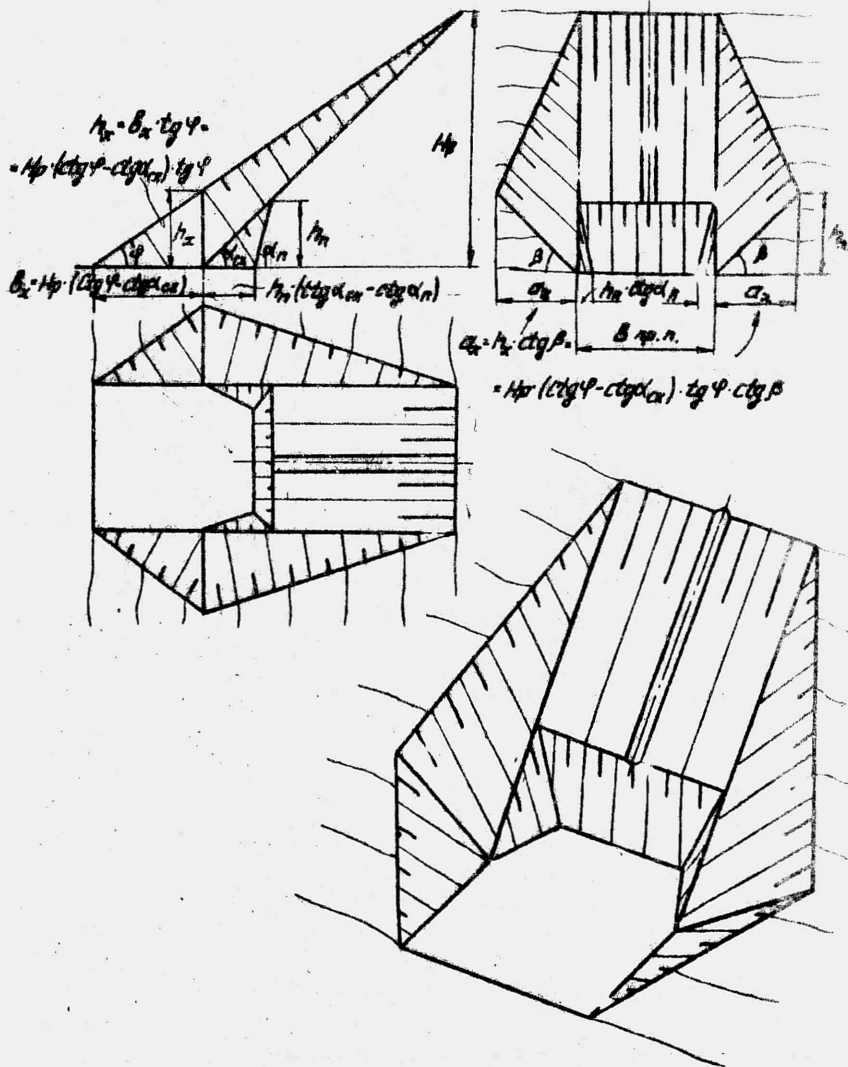


Рис. 3.27. Круглая траншея под рудоскат при $\psi < \alpha_{ск}$

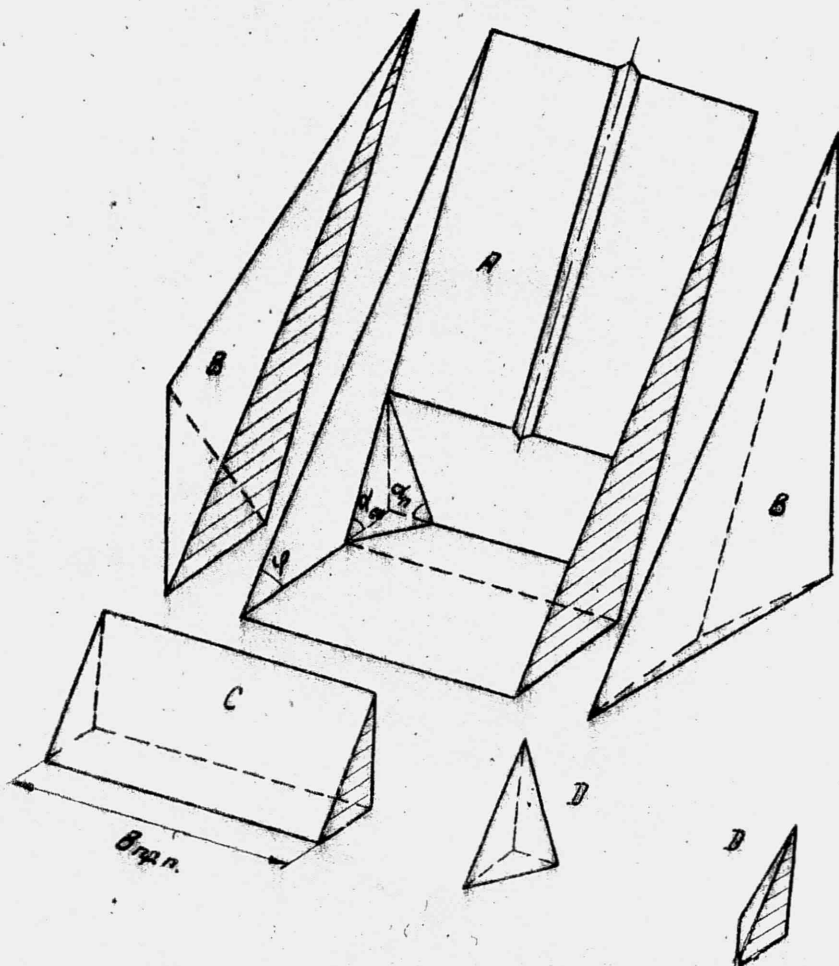


Рис. 3.28. Схема к расчету объема крутой траншеи под рудоскат при $\psi < \alpha_{ск}$

$S_D = \frac{h_n \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_{ck} - \operatorname{ctg} \alpha_n)}{2} \cdot h_n$ и высотой $h_n \cdot \operatorname{ctg} \alpha_n$ (см. также рис. 3.27). Отсюда

$$2V_D = \frac{h_n^3 \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_{ck} - \operatorname{ctg} \alpha_n) \cdot \operatorname{ctg} \alpha_n}{3}, \text{ м}^3 \quad (3.27)$$

В итоге объем крутой траншеи под рудоскат в случае, когда $\varphi < \alpha_{ck}$, будет равен:

$$V'_{\text{тр.р.}} = H_p^2 (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha_{ck}) \left[\frac{B_{\text{н.п.}}}{2} + \frac{H_p (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha_{ck})}{3} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{ctg} \beta \right] + \\ + h_n^2 (\operatorname{ctg} \alpha_{ck} - \operatorname{ctg} \alpha_n) \cdot \left(\frac{B_{\text{н.п.}}}{2} - \frac{h_n \cdot \operatorname{ctg} \alpha_n}{3} \right), \text{ м}^3 \quad (3.28)$$

Объем фигур 2D относительно невелик и в учебных расчетах им можно пренебречь. Расчетная формула еще более упрощается, если $\beta = \alpha_{ck} = 45^\circ$:

$$V'_{\text{тр.р.}} = H_p^2 (\operatorname{ctg} \varphi - 1) \left[\frac{B_{\text{н.п.}}}{2} + \frac{H_p (\operatorname{ctg} \varphi - 1)}{3} \cdot \operatorname{tg} \varphi \right] + \\ + h_n^2 (1 - \operatorname{ctg} \alpha_n) \cdot \frac{B_{\text{н.п.}}}{2}, \text{ м}^3 \quad (3.29)$$

Если косогор имеет такой же угол наклона, что и рудоскат ($\varphi = \alpha_{ck}$), то множитель $(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha_{ck})$ и первое слагаемое в формуле (3.28) обращаются в нуль. Крутая траншея как таковая отсутствует, и строительный объем рудоската складывается только из объема его желоба и объема выемки подрывки (второе слагаемое в той же формуле).

Формула (3.28) определяет объем траншеи под одиночный рудоскат. Если второй рудоскат расположен не дальше 30–40 м от первого, то крутые траншеи обоих могут быть совмещены в одной выработке (рис. 3.29). Объем ее подсчитывается по той же формуле, но при увеличении ширины приемной площадки до 50–70 м. Зоны сброса и

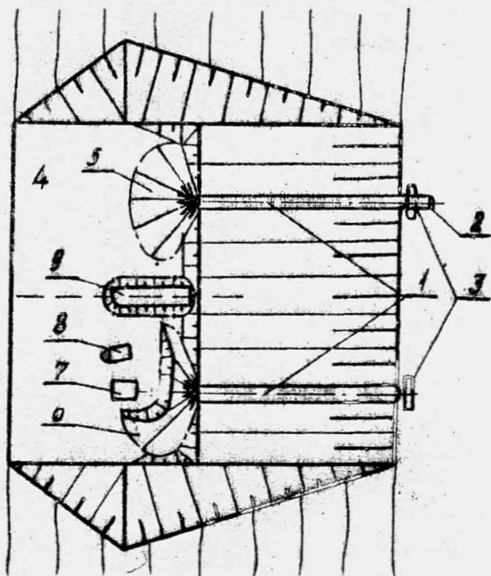


Рис. 3.29. Рудоскаты с совмещенной приемной площадкой

1 - рудоскаты; 2 - разгружающийся автосамосвал;
 3 - предохранительный брус; 4 - приемная (перегрузочная) площадка; 5 - формирующийся навал в зоне перепуска;
 6 - навал, подлежащий отгрузке; 7 - экскаватор (погрузчик); 8 - автосамосвал под погрузкой; 9 - защитный вал, разделяющий зоны перепуска и отгрузки

отгрузки разделяются защитным валом.

В случае, когда косогор круче рудоската ($\varphi > \alpha_{ck}$), последний также размещают в выемке - крутой траншее, но иной конфигурации, чем в предыдущем случае (рис. 3.30). Подрывка у подножия склона на ширину $B_{np.n.}$ делается, если $\varphi < \alpha_n$. Если склон книзу выколаживается, то при подрывке одновременно формирует и приемную площадку.

Объем крутой траншеи подсчитывается здесь аналогично, как сумма объемов геометрических фигур A , $2B$ и C (рис. 3.31).

Фигура A образует щель в массиве под желоб рудоската шириной $b_{тр.р.} = b_{ж} + 2h_{ж} \cdot \text{ctg} \alpha_{ж}$ (ширина желоба поверху - см. рис. 3.26) и представляет собой половину параллелепипеда с высотой $H_p - h_n$ и площадью основания $b_{тр.р.} \cdot b_y = b_{тр.р.} \cdot (H_p - h_n) \cdot (\text{ctg} \alpha_{ck} - \text{ctg} \varphi)$ - см. также рис. 3.30. Откуда

$$V_A = \frac{(H_p - h_n)^2 \cdot (\text{ctg} \alpha_{ck} - \text{ctg} \varphi)}{2} \cdot b_{тр.р.}, \text{ м}^3 \quad (3.30)$$

Формулу (3.30) можно вывести и представив фигуру A как треугольную призму с площадью основания $S_A = b_y \cdot \frac{(H_p - h_n)}{2}$ и высотой $b_{тр.р.}$.

Фигура B - треугольная пирамида с площадью основания $S_B = S_A$ (заштриховано на рис. 3.31) и высотой $a_y = b_y \cdot \text{tg} \alpha_{ck} \cdot \text{ctg} \beta$ (см. рис. 3.30). Тогда

$$2V_B = 2S_B \cdot \frac{1}{3} a_y = \frac{(H_p - h_n)^3 \cdot (\text{ctg} \alpha_{ck} - \text{ctg} \varphi)^2 \cdot \text{tg} \alpha_{ck} \cdot \text{ctg} \beta}{3}, \text{ м}^3 \quad (3.31)$$

Объем фигур C и D рассчитывается так же, как и в предыдущем случае, но с заменой $\text{ctg} \alpha_{ck}$ на $\text{ctg} \varphi$ (так как подрывка теперь подлежит не нижняя часть рудоската, а непосредственно склон). Имеем

$$V_C = \frac{h_n^2 \cdot (\text{ctg} \varphi - \text{ctg} \alpha_n)}{2} \cdot B_{np.n.}, \text{ м}^3 \quad (3.32)$$

$$2V_D = \frac{h_n^3 \cdot (\text{ctg} \varphi - \text{ctg} \alpha_n) \cdot \text{ctg} \alpha_n}{3}, \text{ м}^3 \quad (3.33)$$

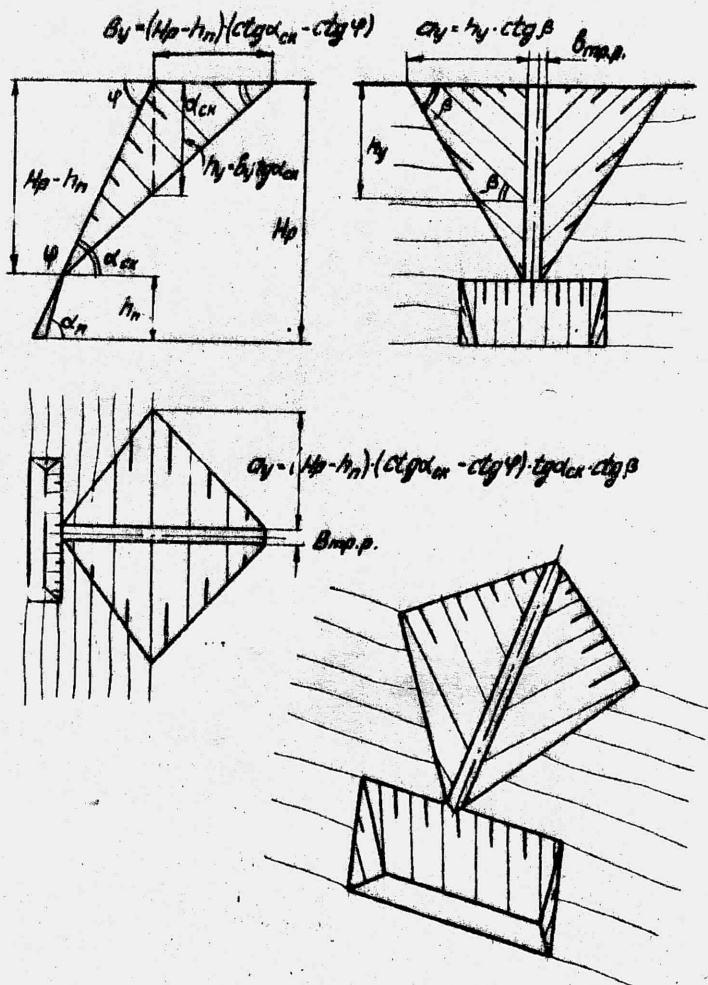


Рис. 3.30. Крутая траншея под рудоскат при $\varphi > \alpha_{cn}$

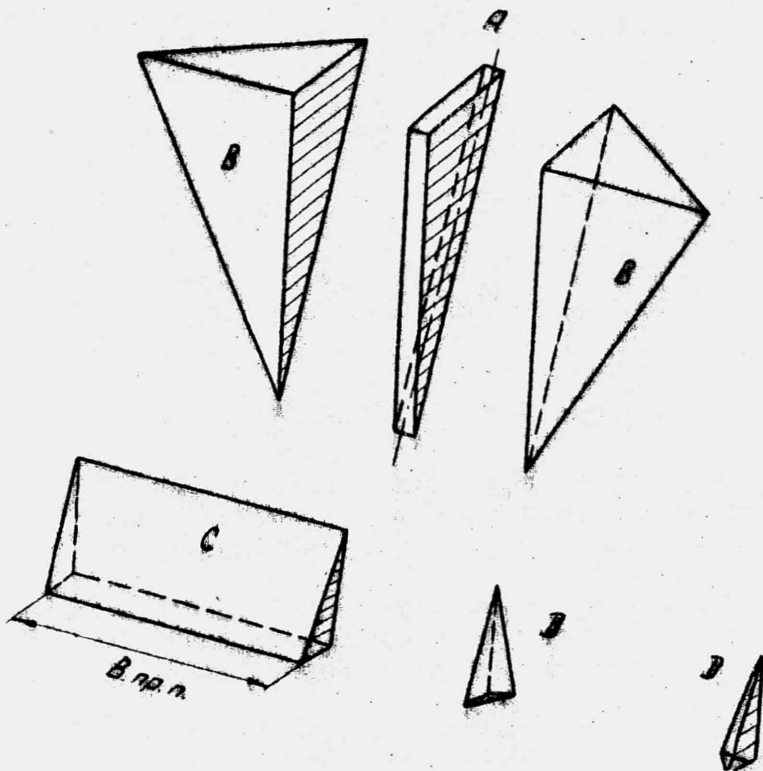


Рис. 3.31. Схема и расчету объема круглой траншеи под рудоскат при $\phi > \alpha_{ск}$

Таким образом, объем крутой траншеи под рудоскат при $\varphi > \alpha_{ck}$ составит

$$V_{mp.p}'' = (H_p - h_n)^2 \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_{ck} - \operatorname{ctg} \varphi) \cdot \left[\frac{b_{mp.p}}{2} + \frac{(H_p - h_n) \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_{ck} - \operatorname{ctg} \varphi) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ck} \operatorname{ctg} \beta}{3} \right] + \\ + h_n^2 \cdot (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha_n) \cdot \left(\frac{B_{np.n}}{2} - \frac{h_n \cdot \operatorname{ctg} \alpha_n}{3} \right), \text{ м}^3 \quad (3.34)$$

Формулу (3.34) можно упростить, если пренебречь малыми объемами V_p и принять $\beta = \alpha_{ck} = 45^\circ$:

$$V_{mp.p}'' = (H_p - h_n)^2 \cdot (1 - \operatorname{ctg} \varphi) \cdot \left[\frac{b_{mp.p}}{2} + \frac{(H_p - h_n) \cdot (1 - \operatorname{ctg} \varphi)}{3} \right] + \\ + h_n^2 \cdot (\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{ctg} \alpha_n) \cdot \frac{B_{np.n}}{2}, \text{ м}^3 \quad (3.35)$$

В случае, когда $\varphi = \alpha_{ck}$, первое слагаемое формулы (3.34) превращается в нуль, и объем $V_{mp.p}''$ становится равным только объему выемки подрывки. Желоб рудоската устраивают непосредственно на склоне.

На крутых косогорах рудоскаты, как правило, рядом не устраивают, устраивая для каждого свою приемную площадку. Общий объем горно-строительных работ по сооружению рудоскатов будет равен сумме объемов $V_{mp.p}''$.

В конце отметим, что объем выемки под рудоскат резко увеличивается при отклонении крутизны косогора в ту и другую сторону от оптимального по условиям перепуска материала угла наклона рудоската ($42-45^\circ$). Как видно из рис. 3.32, данный объем растет более интенсивно на пологих косогорах. Этим обстоятельством определяется довольно узкая область применения рудоскатов на нагорных карьерах.

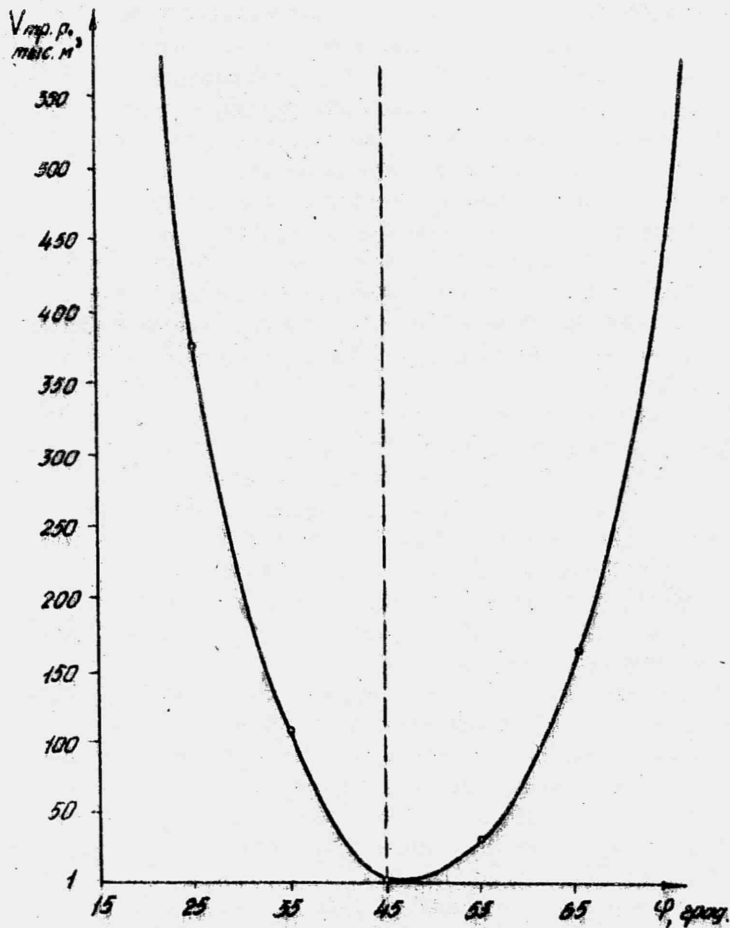


Рис. 3.32. Изменение объема крутой траншеи под рудоскат в зависимости от угла наклона косогора

3.3. Рудоспуски

Силы гравитации на нагорных карьерах используются и для перемещения горной массы по специальным подземным выработкам — рудоспускам (породоспускам). Они бывают вертикальными и наклонными, наиболее распространены вертикальные рудоспуски круглого сечения. Как правило, эти выработки располагают внутри карьера, предпочтительно в центре тяжести рудной залежи.

Число рудоспусков зависит от производительности карьера. большей частью используют не менее двух выработок: один рудоспуск находится в работе, другой — в резерве (или срезается сверху уступом). Для нескольких близкорасположенных (спаренных) рудоспусков сооружают контрольный восстающий со смотровыми ходами к местам наиболее вероятного зависания руды. Данное явление — самое слабое место рудоспусков.

Во избежание завалов диаметр рудоспуска принимается не менее четырехкратного размера максимального куска перепускаемой руды / 23, 28, 31 /. С этой же целью повышенные требования предъявляют и к качеству проходки рудоспуска: в нем не должны быть выступы, сужения и пережимы. Установлено, что выступ в виде сегмента высотой, равной 8% диаметра рудоспуска, останавливает перемещающийся при выпуске поток руды; при высоте сегмента, равной 5% диаметра, невозможным становится возобновление движения руды после перерыва в выпуске / 23 /.

Площадь поперечного сечения рудоспусков на действующих карьерах изменяется в широких пределах: от 4,15 м² (карьер по добыче ртутьсодержащих руд "Хайдаржанский") до 63,6 м² (железорудный карьер Керол, Канада). Глубина рудоспусков также самая различная: от 27 м (меднорудный карьер "Блявинский" на Урале) до 600 м (карьер "Центральный"). Годовая производительность рудоспуска колеблется от 0,5 до 10 млн.т, чаще всего она не превышает 1 млн.т при крупности перепускаемой руды до 400 мм / 31 /.

Конструктивно рудоспуск состоит из следующих элементов: устья, ствола и выпускного устройства (рис. 3.33). В нижней части ствола рудоспуска обзавается аккумулялирующая емкость для уменьшения динамического воздействия падающих кусков на руду в зоне выпуска. Рекомендуемые параметры емкости: ширина — в 2-3 раза, высота — в 6-7 раз больше диаметра рудоспуска / 31 /.

В комплексе с рудоспусками обычно работают автосамосвалы,

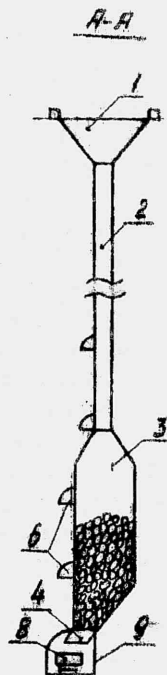
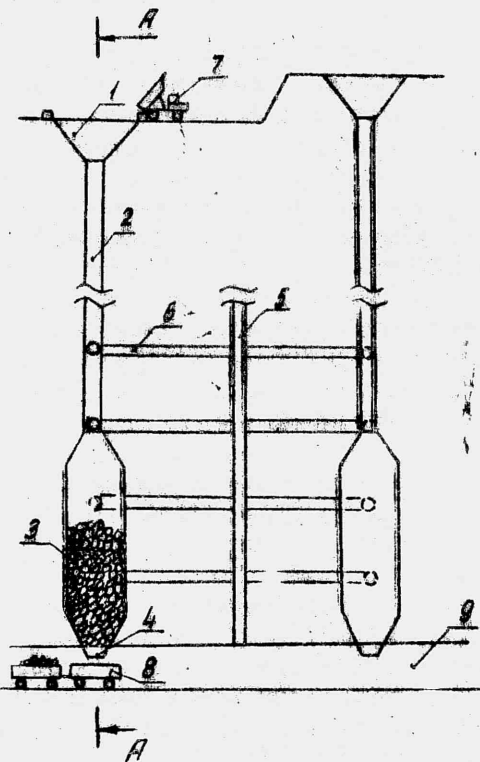


Рис. 3.33. Схема внутрикарьерного рудоспуска

1 - устье рудоспуска; 2 - ствол; 3 - аккумулярующая емкость; 4 - выпускное устройство; 5 - контрольный восстающий; 6 - смотровой ходок; 7 - автосамосвал; 8 - вагон; 9 - штольня

иногда рудоспуск загружается дробленой рудой из стационарной (при расположении рудоспуска вне карьера) или передвижной дробилки.

При использовании на загрузке автосамосвалов устье рудоспуска имеет, как правило, форму воронки, огражденной отбойным металлическим брусьем или породным валом. В случае применения полуприцепов и автопоездов с донной разгрузкой устье рудоспуска перекрывается специальным загрузочным мостом с открывающимися лопастями, благодаря чему транспортное средство может наезжать на рудоспуск и разгружаться в него непосредственно, без маневров. Иногда это делается и для обычных автосамосвалов с задней разгрузкой.

На практике стремятся усовершенствовать конструкцию пунктов загрузки так, чтобы, с одной стороны, наилучшим образом организовать горные работы в зоне действия рудоспусков, а с другой — утилизировать силы гравитации для выполнения вспомогательных операций. Примером могут служить технические решения, принятые на Каджаранском карьере / I /.

Здесь внедрена загрузка руды в рудоспуск одновременно с двух-трех уступов (рис. 3.34). Подход уступов к устью рудоспуска сделан таким образом, что руда в него с верхнего уступа разгружается по короткому рудоскату.

На том же карьере выдвинута идея многоцелевого загрузочного устройства для рудоспуска (рис. 3.35). Устье его перекрывается наклонной колосниковой решеткой I, по которой крупные негабаритные куски при разгрузке автосамосвала скатываются в специальный сборник 4, также оборудованный снизу колосниковой решеткой 3. Основная масса руды, прошедшая через решетку I, падает на поворотную платформу 2, которая, резко откидываясь и пропуская руду в рудоспуск, одновременно поднимает прикрепленный к ней канатом массивный ударник 5. После сыпания руды платформа под воздействием ударника-противовеса захлопывается, а сам ударник, падая, дробит негабаритные куски; последние по скату попадают в рудоспуск / I /.

В последнее время на нагорных карьерах стали применять внутрикарьерные передвижные или полустационарные дробильные агрегаты для дробления руды перед загрузкой ее в рудоспуск. В этом случае у устья рудоспуска устраивается перегрузочный пункт (рис. 3.36).

При перепуске руды по стволу главной проблемой является

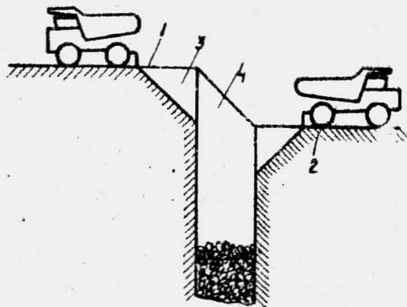


Рис. 3.34. Устье рудоспуска при загрузке его с двух уступов

1 и 2 – верхняя и нижняя разгрузочные площадки;
3 – рудоскат; 4 – рудоспуск

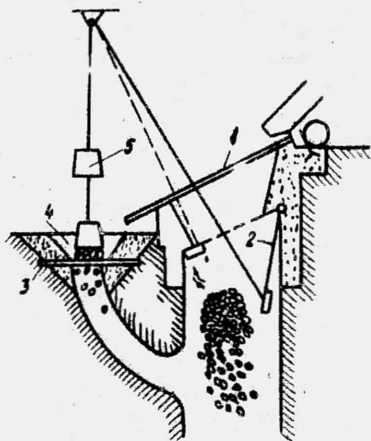


Рис. 3.35. Схема загрузочного устройства с механизированным дроблением негабаритов
Обозначения – в тексте

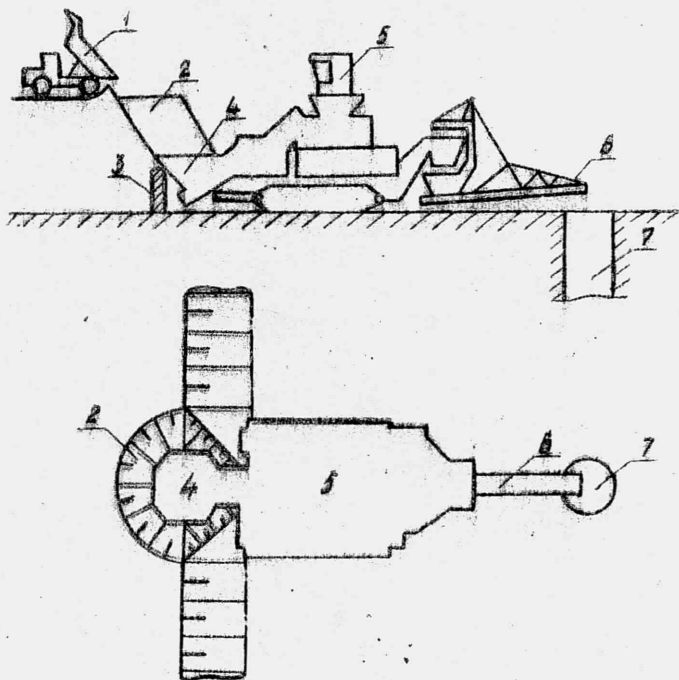


Рис. 3.36. Схема полустационарного дробильного узла
с отгрузкой дробленой руды в рудоспуск
/ 3I /

1 - автосамосвал; 2 - приемок; 3 - подпоярная стенка;
4 - приемный бункер; 5 - дробильный агрегат; 6 - раз-
грузочный конвейер; 7 - рудоспуск

возможность ее зависания с образованием устойчивого свода. Все меры борьбы с этим подразделяются на предупредительные, направленные на недопущение зависания, и аварийные, призванные в кратчайшие сроки ликвидировать образовавшееся зависание.

Аварийные меры крайне неэффективны, связаны с длительными простоями всей рудоспускной системы и значительными материальными затратами. Единственный по существу способ ликвидации зависания в стволе — это взрывание зарядов ВВ, подведенных под свод из ближайшего смотрового ходка. Если зависание образовалось в выпускном устройстве, его часто можно ликвидировать механически, шуровкой.

Предпочтение следует отдавать профилактическим мерам. К числу их относятся / 25 /:

- правильный выбор диаметра рудоспуска относительно крупности перепускаемой руды;
- недопущение выступов и сужений в стволе;
- уменьшение размеров перепускаемых кусков руды;
- расширение нижней части рудоспуска для исключения перепрессовки рудного отолба у выпускных отверстий;
- сокращение перерывов в выпуске руды;
- уменьшение содержания снега в перепускаемой руде.

Последнее условие является решающим. При выявлении причин зависаний в рудоспусках карьера "Центральный" ПО "Апатит" было установлено, что при превышении содержания снега в руде более 5% (особенно во фракциях 0,1-5 мм) вероятность образования устойчивых сводов в стволе резко увеличивается. Поэтому необходима зачистка поверхности рудных забоев и развалов после сильных снежных заносов и отсортировка крупных глыб снега при загрузке руды в рудоспуск / 7 /.

Надежная работа рудоспуска зависит и от конструкции выпускного устройства. Наибольшее распространение получили схемы гравитационного выпуска с использованием различного рода механических затворов, отсекающих поток руды. В качестве их чаще всего применяют пальцевые затворы, изготовленные из рудничных гальсов. Открытие затворов осуществляется дистанционно с помощью пневматических цилиндров. Для повышения производительности пункта загрузки выпускные устройства оборудуют бункерами и пластинчатыми питателями. Сам затвор часто снабжают вибропитателем для ускорения выпуска и предотвращения зависаний руды в выпускном устройстве (рис. 3.37).

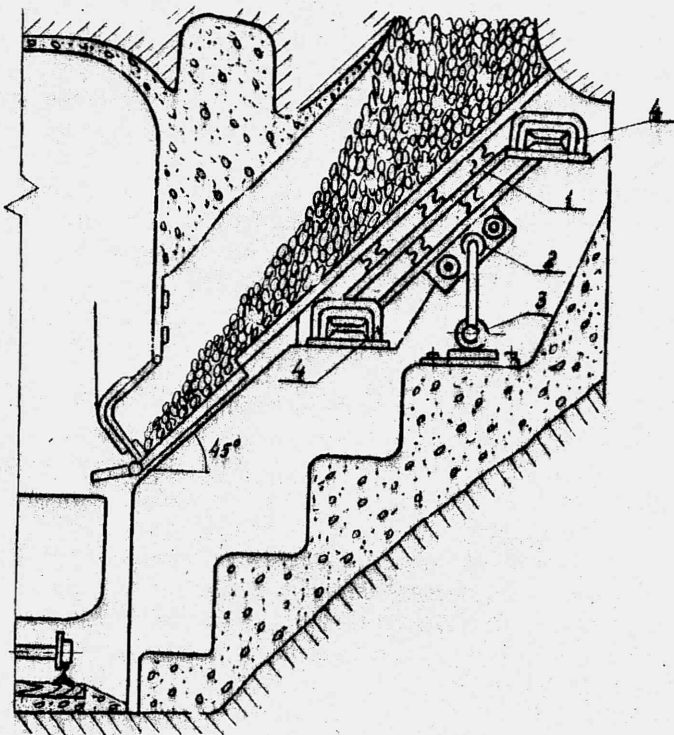


Рис. 3.37. Схема вибролока / 31 /

1 - вибрирующее дно (доток); 2 - вибратор;
3 - электродвигатель; 4 - резиновые амортизаторы

Выпускную щель рекомендуется принимать прямоугольной формы с соотношением высоты к ширине 0,6+0,9. Ширина щели должна не менее чем в 2,5-3 раза превышать средний размер куска выпускаемой руды. Так, рудоспуски на предприятиях ПО "Апатит" при среднем размере кусков 230-240 мм имеют выпускные щели высотой 1,1 м и шириной 1,8 м / 31 /.

При загрузке вагонов происходят просыпы руды под люками, ручная уборка просыпей весьма трудоемка. С целью механизации этой работы на Каджаранском карьере применена особая конструкция погрузочной камеры (рис. 3.38). Рельсовые пути под люками 2 размещаются на колосниковой решетке, перекрывающей бункер - накопитель 3 над ленточным конвейером. Последний по наклонной галерее выходит на закругление погрузочной камеры. Просыпавшаяся руда поступает на конвейер, который по мере необходимости подает ее в одну из вагонеток загружаемого состава / 1 /.

3.4. Штольни и тоннели

При использовании рудоспуска вторым элементом схемы вскрытия является штольня. Это горизонтальная или слабо наклонная выработка с выходом на земную поверхность к перерабатывающему комплексу (пункту перегрузки). У выпускных устройств рудоспуска оборудуется погрузочная камера.

Чаще всего совместно с рудоспуском применяют железнодорожный транспорт узкой или нормальной колеи; штольня, как правило, делается однопутной. Площадь поперечного сечения выработки составляет от 15-20 м² (узкоколейный транспорт) до 30-40 м² (транспорт нормальной колеи). В погрузочной камере устраивают разминки для составов.

Иногда руда в штольне транспортируется автосамосвалами (например, на меднорудном карьере Реппафиорд, Норвегия). В этом случае размеры штольни принимают большими: так, при использовании автосамосвалов грузоподъемностью 24-30 т площадь поперечного сечения штольни достигает 30 м² (одностороннее движение) и 33 м² (двухстороннее встречное движение) / 19 /.

Для вскрытия глубоких горизонтов на карьерах высотного типа начинают все шире применять наклонные тоннели, оборудованные конвейерными подъемниками (рис. 3.39). Так, в рамках реконструкции крупного меднорудного карьера Биггем (США) такой

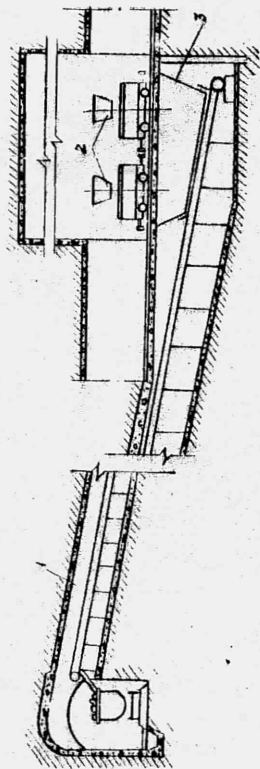


Рис. 3.38. Устройство для уборки просеяной из-под выпускных люков
рудоспуска на Катжанском кагьере

Обозначение — в тексте

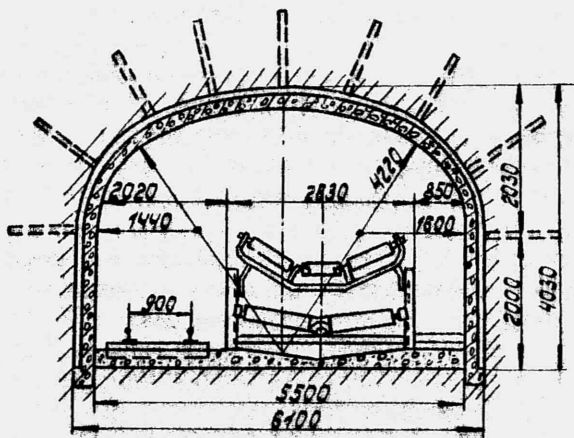


Рис. 3.39. Сечение наклонного тоннеля с конвейерным подъемником в породах средней крепости
/ 31 /

подъемник был размещен в бывшем железнодорожном тоннеле; туда перед подачей на конвейер дробится во внутрикарьерной полустационарной дробилке.

Имеются примеры вскрытия высотных горизонтов карьера, отработывающего месторождение типа "гора-залежь", с помощью восстающих конвейерных тоннелей. В этом случае конвейер работает на спуск в рекуперативном режиме. Такая схема применена на известняковом карьере Лженерозо в Швейцарии (главным образом, по природоохранным соображениям). Известняк здесь дробится в карьере на передвижной дробилке у устья тоннеля.

При разработке месторождений вершинного типа (см. классификацию нагорных месторождений, часть I) отметки пунктов приема горной массы у подошвы возвышенности и таковые рабочих горизонтов могут совпадать или быть близкими, тогда транспортная связь между ними осуществляется по горизонтальным тоннелям (пример - железорудный карьер Аллатиф, Алжир).

В заключение отметим, что вскрытие подземными выработками, как и бестраншейное с использованием сил взрыва и гравитации, имеет на нагорных карьерах большие перспективы.

1. Абегян Ц.Х., Мкртчян Б.И. и др. Повышение эффективности эксплуатации рудоспусков на нагорных карьерах. Горный журнал, 1991, № 3, с. 19-21.
2. Авакян Г.Е. Люди и горы. М., Мысль, 1989, 230 с.
3. Акуратов В.Н. Некоторые данные о лавинном режиме в районе комбината "Апатит". Материалы координационного совещания по проблемам комбината "Апатит". М., ГИХС, 1964, с. 171-184.
4. Бахарев Л.В. и др. Состояние, проблемы, пути их решения и перспективы развития открытых горных работ. Горный журнал. № 9, 1990, с. 18-21.
5. Джаймагамбетов Д.С. Расчет объема капитальной траншеи на консогоре. В сб. научных трудов МТИ, № 36, 1961, с. 75-80.
6. Елин С.Н. и др. Решение сложных технических проблем при разработке апатитовых месторождений открытым способом. Горный журнал. № 10, 1979, с. 10-14.
7. Еремин Г.М. Обоснование и выбор элементов технологии разработки мерзлых руд при комбинированном транспорте с рудоспусками. В сб.: Ресурсосберегающая технология разработки недр. Апатиты, 1987, с. 41-44.
8. Ильин С.А., Нгуен Дык Бинь. Особенности технологии открытой разработки угольных месторождений СРВ. В сб.: Техника и технология открытых горных работ при комплексном освоении минеральных ресурсов. М., МТИ, 1989, с. 31-37.
9. Ильин С.А. Направления исследования и совершенствования технологии открытой разработки месторождений высотного типа. В кн.: Горные науки и промышленность. М., Недра, 1989, с. 205-210.
10. Ильин С.А. Тенденции в области открытой разработки высокогорных месторождений за рубежом. Горный журнал, № 2, 1990, с. 58-60.
11. Ильин С.А. Экологические аспекты открытой разработки нагорных месторождений. В сб.: Развитие теории открытых горных работ. М., МТИ, 1991, с. 137-142.
12. Ильин С.А. Перепуск горной массы по крутому борту карьера. Горный журнал, № 2, 1991, с. 52-55.
13. Кох П.И. Климат и надежность машин. М., Машиностроение, 1981, 175 с.

14. Кочергин А.М. Повышение эффективности разработки высокогорных россыпей. В об.: Разработка россыпных месторождений. М., МГРИ, 1987, с. 39-45.
15. Красносельский Э.Б., Архипов А.В. Особенности производства вскрышных работ на глубоких нагорных карьерах Хибин. В об.: Ресурсосберегающая технология разработки недр. Апатиты, 1987, с. 29-33.
16. Нгуен Дык Бинь. Обоснование порядка отработки нагорно-глубинных угольных месторождений в условиях тропического климата. Кандидатская диссертация. М., МГИ, 1989.
17. Нгуен Тхан Туан. Открытая разработка нагорных месторождений известняка Вьетнама. М., МГИ, 1991, 125 с.
18. Пермиков Р.С., Арсентьев А.И., Оводенко Б.К. Некоторые проблемы интенсификации горных работ на карьерах Заполярья. В об.: Проблемы работы карьеров Севера. Ленинград, ЛПИ, 1968, с. 10-19.
19. Поточная технология открытой разработки скальных горных пород. М., Недра, 1970.
20. Проект Молодежного асбестового горно-обогажительного комбината (I очередь строительства). Уралгипроруда, гл. инж. проекта С.В. Кузьменко. Екатеринбург, 1991.
21. Путятин Б.К., Шарнин В.Г. Строительство и эксплуатация нагорно-глубинных карьеров. М., Недра, 1977, 200 с.
22. Рекомендации по технологическому регламенту для проектирования горных работ на месторождении Кумтор. ВНИИпромцветмет, науч. рук. работы В.Ф. Коробейников. М., 1988.
23. Ржевский В.В., Анистратов Ю.И., Ильин С.А. Открытые горные работы в сложных условиях. М., Недра, 1964, 294 с.
24. Ржевский В.В. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. М., Недра, 1968, 639 с.
25. Ржевский В.В. и др. Карьерные рудоопуски. М., Недра, 1969, 208 с.
26. Ржевский В.В., Ильин С.А. Проблема создания экологически чистых и ресурсосберегающих технологий при открытой разработке нагорных месторождений. Горный журнал, № I, 1991, с.11-13.
27. Секисов Г.В., Таскаев А.А. Состояние и перспективы развития открытой разработки нагорных рудных месторождений Средней Азии. Горный журнал. № I, 1991, с. 13-15.

28. Д. Селдек, Ю. Пфлейдер. Рудоспуски, туннели и шахты. В об. Открытые горные работы. Недра, 1971, с. 285-295.
29. Тушинский Г.К. Условия лавинообразования в Хибинах и его прогнозирование. Материалы координационного совещания по проблемам комбината "Апатит". М., ГИТХС, 1964, с. 167-170.
30. Шаабан Хафез Ахмед-Али Шаабан. Теоретическое обоснование главных параметров карьеров, технологии и механизации горных работ в условиях сухого жаркого климата. Докторская диссертация. М., МИИ, 1988.
31. Щелканов В.А. Подземные выработки на карьерах. М., Недра, 1982, 128 с.
32. *Canadian Mining Journal*. № 11, 1984, p. 48-49.
33. *Mining Magazine*. № 7, 1980, p. 8.
34. *World Mining*. № 8, 1980, p. 48-49.

	Стр.
Предисловие	3
2. Общие сведения об открытой разработке нагорных месторождений	4
2.1. Условия ведения открытых работ в гористой местности	4
2.1.1. Диапазон топографических условий	4
2.1.2. Климатические условия гористых районов	8
2.1.3. Особенности горно-геологических условий нагорных месторождений	11
2.1.4. Природные явления в горах	13
2.1.5. Производственные условия открытой разработки ...	17
2.2. Принципы открытой разработки нагорных месторождений	19
2.2.1. Социально-экономические и экологические аспекты карьерных разработок в гористой местности	19
2.2.2. Направления совершенствования техники, технологии и организации производства на нагорных карьерах	26
3. Элементы вскрывающих выработок нагорных карьеров	36
3.1. Траншеи	36
3.1.1. Разрезные полутраншеи	36
3.1.2. Соединительные полутраншеи	38
3.1.3. Внезачные полутраншеи	38
3.1.4. Пункты примыкания соединительных и внезачных полутраншей	53
3.2. Рудоскаты	56
3.3. Рудоспуски	76
3.4. Штольни и тоннели	83
Литература	87

Сергей Александрович Идлин
ТЕХНОЛОГИЯ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ
НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Учебное пособие

Часть II

Тамплан 1992 г., поз. 18

Редактор Темираева А.Т.

Технический редактор Абросимова Т.Н.

Подписано в печать 20.6.1992 г.

Формат 60х90/16

Объем 5,75 н.л. Тираж 200 экз. Цена I р. 20 коп. Заказ № 1036

Типография Московского горного института. Ленинский проспект, 6