© Ю.В. Субботин, 2006

УДК 622.271.1

Ю.В.Субботин

ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Семинар № 12

На территории Читинской области (Восточное Забайкалье) известно более 100 буроугольных и каменноугольных месторождений и углепроявлений, общие прогнозные ресурсы которых составляют около 7 млрд.т угля. Более 62 % из них относятся к разведанным и предварительно оцененным запасам по категориям А, В, C_1, C_2 и в количестве около 4,4 млрд т угля находятся на Государственном балансе РФ [1]. В настоящее время все эксплуатируемые буроугольные месторождения Читинской области: Харанорское, Татауровское, Уртуйское, Тарбагатайское - разрабатываются открытым способом. На добыче угля, а также при производстве вскрышных работ применяется мощная выемочно-погрузочная и транспортно-отвальная техника. Максимальная производственная мощность некоторых угледобывающих предприятий составляет 9,8 млн.т/год (разрез Харанорский).

Выполнение буровзрывных и выемочно-погрузочных работ на разрезах сопровождается нарушением горного массива. При этом создается значительный приток воды в горные выработки достигающий 10–20 млн $м^3$/год. Для обеспечения нормальных условий работы экскаваторов, горных машин и горного оборудования производится осушение карьерного поля путем принудительной откачки воды из зумпфов и водопонижающих скважин. Для снижения образования сточных вод в карьере проходятся дренажные траншеи, создаются водонепроницаемые экраны, барражные завесы и другие гидротехнические сооружения. В результате водоотлива изменяется гидрологичес-кий режим поверхностных и подземных вод.

Промышленные стоки, сбрасываемые в водотоки, ухудшают качественный состав воды и изменяют ее физические свойства. Поверхностные воды рек и озер загрязняются взвешенными веществами, нефтепродуктами, ионами тяжелых металлов. При этом нарушается состояние кормовой базы рыб и наносится значительный экологический ущерб рыбному хозяйству, а угледобывающие предприятия вынуждены нести экономические издержки, исчисляемые десятками миллионов рублей. Применяемые системы водоснабжения и водоотведения, а также способы осветления и очистки сточных вод не отвечают требованиям экологической безопасности ведения ОГР. Как правило, в рабочих проектах на разработку буроугольных месторождений Восточного Забайкалья предусматривается простейшая, но недостаточно эффективная гравитационная очистка сточных вод в отстойниках.

Весьма сложное положение ОГР в настоящее время наблюдается при разработке Татауровского месторождения бурых углей (Восточный филиал ОАО «СУЭК»). Добыча угля и вскрыша торфов производятся в непосредственной близости от р. Ингоды. Горные работы характеризуются повышенной антропогенной нагрузкой на поверхностные воды. Приток воды в карьер за период с 1999 по 2003 гг. и соответственно общий объем водоотведения

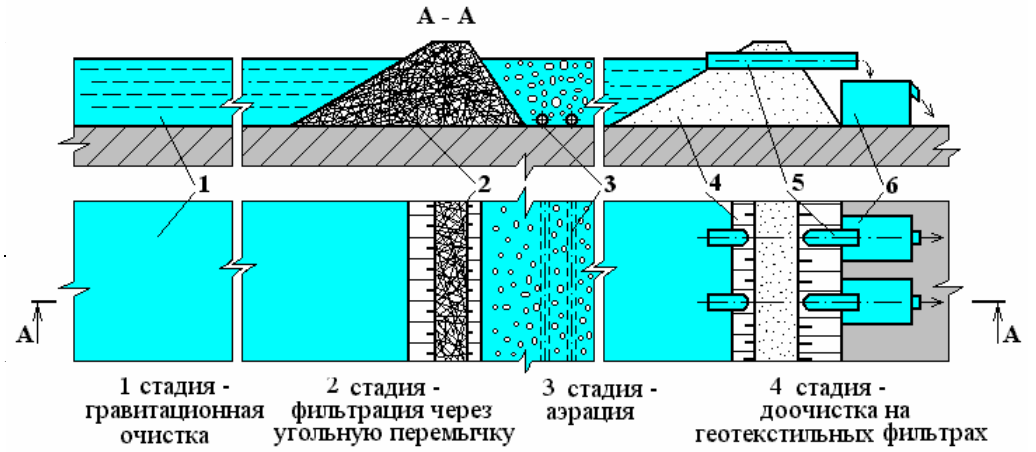


Рис. 1. Комплексный метод очистки сточных вод: *1* – отстойник; *2* – угольная перемычка; *3* – перфорированные трубы для подачи сжатого воздуха; *4* – водоподпорная дамба; *5* – водосбросные трубы; *6* – геотекстильные фильтры с наполнителем из цеолита

	органи-	**ные веще-ства**		**продук-ты**	**рали-зация**			**ты**
7.04.92	СИАК	68,8	18,6	0,25	-	-	22,34	37,65
23.03.98	СИАК	7,7	14,9	0,12	127,0	4,43	15,30	20,20
15.03.01	СИАК	7,6	11,8	0,05	108,9	1,79	5,16	25,60
18.06.02	Западная ГГП	13,0	7,8	0,00	81,6	1,56	5,20	19,70
15.07.03	Западная ГГП	20,0	7,4	0,11	98,9	1,29	2,36	25,75
ПДК		10,0	3,0	0,05	1000	0,30	250,00	500,00

увеличился более чем на 40 % с 11,4 до 20 млн м^3/год (табл. 1).

Карьерные воды Восточного филиала ОАО «СУЭК» поступают в зумпфы северного, центрального и южного водоотлива и затем насосами откачиваются в водоотводную траншею, откуда самотеком поступают в старицу р. Ингоды. Выпуск сточных вод разреза находится на правом берегу р. Ингоды (левой составляющей р. Шилки), которая является рыбохозяйственным водотоком первой категории и используется для сельскохозяйственного, хозяйственно-бытового и хозяйственно-питье-вого водопользования. Очистка сточных вод производится путем естественного отстаивания в водоотводной траншее. Применяемый способ не позволяет обеспечить, требуемую степень очистки, поэтому сточные воды содержат значительное количество взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов, ионов железа, нефтепродуктов и различных солей (табл. 2).

Загрязнение промышленных сточных вод взвешенными веществами происходит в результате контактирования и механического взаимодействия их с тонкодисперсными частицами горных пород. При использовании различных механизмов, горных машин и автотракторной техники карьерные воды загрязняются нефтепродуктами. При контакте горных пород с водой и воздухом происходит техногенная метаморфизация состава природных вод, как правило, сопровождаемая повышением их минерализации и обогащением растворенными и взвешенными формами железа. По данным аналитического контроля содержание взвешенных веществ, железа, нефтепродуктов, БПК$_5$ в сточных водах Восточного филиала ОАО «СУЭК» превышает их предельно допустимые концентрации (см. табл. 2).

В 2004 году для повышения экологической безопасности и снижения негативного техногенного воздействия сточных вод на окружающую природную среду сотрудниками кафедры открытых горных работ ЧитГУ были разработаны мероприятия и предложен комплексный метод очистки сточных вод, включающий четыре стадии (рис. 1): гравитационное осаждение взвешенных частиц (1 стадия); очистка загрязненных вод фильтрующим устройством (2 стадия); аэрация (3 стадия); доочистка сточных вод на геотекстильных фильтрах с наполнителем из цеолита (4 стадия).

Гравитационная очистка (первая стадия) обеспечивается за счет создания отстойника в устьевой части водоотводной траншеи путем сооружения водоподпорной дамбы на месте выпуска сточных вод из водоотводной траншеи (см. рис. 1). В результате отсыпки водоподпорной дамбы длина отстойника с учетом продольного уклона долины составит 1000 м, ширина отстойника – 100–150 м, глубина – 5–7 м.

Время гравитационного осаждения твердых частиц в отстойнике τ (сут.) может быть приравнено ко времени заполнения отстойника водой, которое определяется по формуле:

$$\tau = S_{ср} \cdot H/Q_{др}, \qquad (1)$$

где $S_{ср}$ – средняя площадь "зеркала" отстойника, м^2; H – высота столба воды в, отстойнике, м; $Q_{др}$ – объем карьерных вод, поступающих в отстойник, м^3/час.

При минимальных размерах отстойника и наименьшем уровне столба воды в нем время отстаивания твердых частиц составит 9–10 суток.

Общее время накопления твердых частиц в отстойнике T (лет) определяется по формуле:

$$T = V / [(V_{год} \cdot C)/\gamma_{вв}], \qquad (2)$$

где V – суммарный рабочий объем отстойника м^3; $V_{год}$ – годовой объем карьерных вод, очищенных путем отстаивания в отстойнике, м^3; C – максимально возможная концентрация взвешенных веществ в карьерной воде отстойника, мг/л; $\gamma_{вв}$ – плотность твердых отложений в отстойнике, т/м^3.

При максимальном содержании загрязнений в сточных водах время накопления твердых частиц в отстойнике составит 200–250 лет. Как видно, из-за большого срока накопления взвешенных веществ очистка отстойника от загрязняющих твердых частиц не предусматривается в течение всего срока его эксплуатации. Поэтому в период окончания горных работ, сконцентрированные взвешенные вещества в отстойнике будут захоронены на месте их образования.

Предварительное отстаивание карьерных вод (первая стадия) позволяет снизить содержание взвешенных веществ на 60 % (до 12–20 мг/л), органических веществ по БПК$_5$ на 50 % (до 5–8 мг O_2/л), обеспечивает удаление общего железа на 42 % (до 1–2 мг/л), нефтепродуктов на 15 % (до 0,08 мг/л).

Для проведения второй стадии очистки сточных вод создается пруд-осветлитель длиной 100 м путем сооружения фильтрующей дамбы (перемычки), отсыпаемой из мелкого некондиционного угля по направлению нормали к продольной оси отстойника (см. рис. 1). Уголь обладает сорбционными свойствами и позволяет очищать сточные воды от остаточных органических соединений, в том числе биологически не окисляемых. Применение угольной перемычки обеспечивает снижение концентрации органических соединений в пруде-осветлителе на 70–90 % [1]. Фильтрование сточных вод через угольную перемычку позволяет снизить содержание взвешенных веществ в профильтрованной воде до 8–10 мг/л, железа – до 0,6–0,8 мг/л, нефтепродуктов – до 0,05–0,07 мг/л, БПК$_5$ – до 2,5–3,0 мг O_2/л.

Третью стадию очистки - аэрацию условно очищенных вод в пруде-осветлителе необходимо проводить с целью дальнейшего снижения концентрации общего железа в сточных водах. Её осуществляют с помощью компрессорной ус-

Таблица 3

Характеристики геотекстильных материалов (ГТМ)

Название	Страна изготовитель	Ширина полотна, м	Толщина материала, мм	Коэффициент фильтрации, м/сут
Дорнит	Россия	2,5	4,0	80–150
Нетканый	Россия	2,5	3,0	130
Типар	США	5,0	2,0..3,0	>50
Гейдельбергский	Германия	4,0	1,0..3,0	>50
Террам	Англия	3,0	1,0..2,0	>50
Стратум	Италия	3,0	3,0..6,0	>50

тановки и системы перфорированных труб. Для этого за угольной перемычкой на дно пруда-осветлителя укладывают 2–3 перфорированные трубы длиной 15–20 м, диаметром 25–50 мм. С помощью компрессора в трубы периодически (через 8–10 минут) продолжительностью 2–3 минуты подается сжатый воздух для насыщения воды кислородом. Аэрация позволяет снизить содержание общего железа в сточной воде на 20-30 % (до 0,3–0,4 мг/л) за счет его доокисления и выпадения в осадок.

Четвертую стадию предусматривается проводить при необходимости глубокой доочистки сточных вод. Ее выполняют на фильтрах, и только в том случае, если после проведения трех стадий очистки содержание загрязняющих веществ в сточных водах (нефтепродуктов, ионов железа, глинистых мелкодисперсных частиц размером менее 0,005 мм) будет превышать ПДК.

Материал для изготовления фильтров должен обладать высокими фильтрационными свойствами. Кроме того, он должен быть дешевым, прочным, технологичным при монтаже, эксплуатации и регенерации. Хлопчатобумажные ткани быстро засоряются, разрушаются, поэтому имеют малый срок службы. Более устойчивыми являются шерстяные ткани, но их применение ограничено из-за высокой стоимости. Достаточной прочностью, высокой водопроницаемостью и тонкостью очистки, низкой стоимостью характеризуются некоторые нетканые геотекстильные материалы (ГТМ), изготовляемые на основе синтетических материалов: полиамида, полиэфиров, полипропилена, путем механического скрепления иглопробивным способом. ГТМ имеют высокий коэффициент фильтрации, изменяющийся от 50 до 150 м/сут (табл. 3) [2].

Объемная плотность ГТМ отечественного производства “Дорнит” колеблется от 90 до 150 кг/м^3. Он выполнен из синтетических волокон и имеет однородную мелкопористую структуру. Размеры пор ГТМ “Дорнит” составляют 50–100 мкм как в поперечном, так и продольном направлениях полотен, поэтому его применение для доочистки сточных вод Восточного филиала ОАО «СУЭК» является наиболее приемлемым.

Геотекстильные фильтры, выполненные на основе ГТМ “Дорнит” способны очищать сточные воды от мельчайших взвешенных частиц, химических соединений тяжелых металлов и нефтепродуктов, находящихся как в эмульгированном состоянии, так и в виде плавающих примесей, за счет мелкопористой структуры ГТМ и его высокой адсорбционной способности [3].

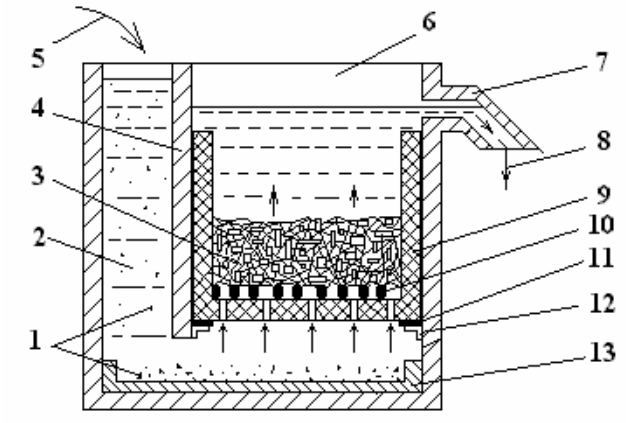
Эффект очистки сточных вод от загрязняющих веществ и примесей возрастает в 2–2,3 раза при использовании в конструкциях ГФ наряду с ГТМ “Дорнит” цеолитсодержащих туфов (цеолитов) с расходом 1–4 кг/м^2 фильтрующей поверхности. Высокий технический результат достигается благодаря тому, что фильтрация загрязненной воды в ГФ происходит в

восходящем потоке фильтрата (снизу вверх) через поры фильтровального материала «Дорнит», в которых происходит осаждение твердых взвешенных частиц размером более 100 мкм. Кроме того, на волокнах ГТМ, а также на цеолите крупностью более 5 мм, обладающих весьма значительными адсорбционными свойствами, происходит адсорбция химических соединений тяжелых металлов, нефтепродуктов и взвешенных частиц размером менее 100 мкм.

Обеспечение движения загрязненной воды через фильтровальный материал и цеолит в восходящем потоке позволяет повысить степень очистки сточных вод за счет более равномерного заполнения пор фильтровального материала и порового пространства в цеолите фильтратом, а также исключить кольматацию фильтровального материала и цеолита крупными фракциями загрязняющих веществ.

Устройство доочистки промышленных стоков на геотекстильных фильтрах (рис. 2) работает эффективно при содержании взвешенных веществ в условно очищенной сточной воде пруда-осветлителя не более 20–30 мг/л, органических веществ – 0,1 %, нефтепродуктов – 1,0–1,5 мг/л.

Конструкция геотекстильного фильтра с наполнителем из цеолита приведена на рис. 3.



Геотекстильный фильтр может включать от одного до трех съемных контейнеров с ГТМ и цеолитом. Корпус геотекстильного фильтра и контейнеры выполнены из листового железа толщиной 6–10 мм и металлического уголка с помощью сварки (см. рис. 3).

Высота геотекстильного фильтра 2,0 м, длина (при наличии трех контейнеров) – 3,6 м, ширина – 1,6 м. Контейнеры могут извлекаться из корпуса фильтра (для регенерации цеолита и геотестильного материала) с помощью автокрана. Высота съемного контейнера 1,5 м, длина - 1,0 м, ширина - 1,5 м. Площадь поперечного сечения одного контейнера составляет 1,5 $м^2$. Общая площадь поперечного сечения ГФ – 4,5 $м^2$. Дно контейнера перфорировано отверстиями диаметром 10–20 мм. ГТМ укладывают на дно контейнера в 5…7 слоев общей толщиной 25–30 мм. Поверх ГТМ насыпают слой цеолита крупностью более 5 мм. Высота слоя цеолита 800 мм. Объем цеолита в одном контейнере равен 1,0–1,2 $м^3$ (1400 кг). Масса цеолита, необходимого для одного ГФ составляет 4200 кг.

Пропускная способность ГФ зависит от типа ГТМ, площади поперечного сечения фильтра, концентрации и дисперсности взвешенных веществ в сточных водах. Эффективная пропускная способность одного ГФ колеблется от 220 до 250 $м^3$/час. Повышение пропускной способности ГФ снижает качество очистки сточных вод. Для глубокой доочистки 20 млн $м^3$/год воды потребуется десять ГФ с наполнителем из цеолита. Суммарный расход цеолита составит 42000 кг, а ГТМ – 200–240 кг.

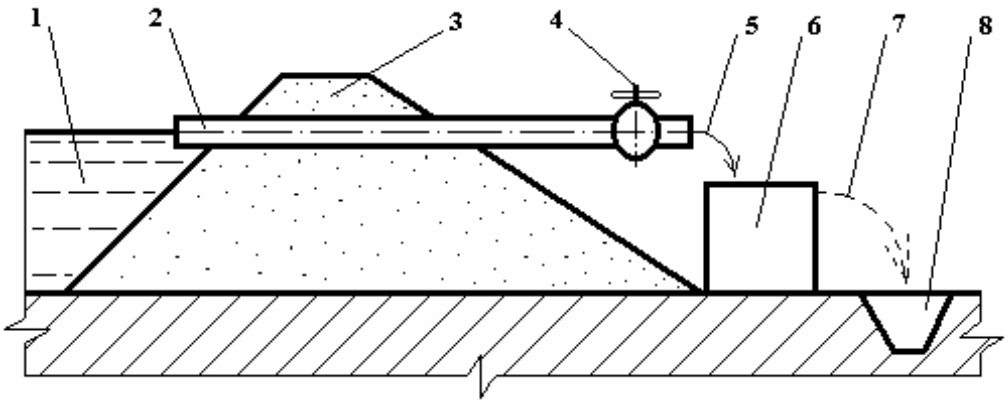


Рис. 2. Схема работы устройства доочистки сточных вод с использованием геотекстильного фильтра (4 стадия): *1* – пруд-осветлитель; *2* – водосбросная труба; *3* – дамба; *4* – вентиль; *5* – вода, подаваемая на доочистку в геотекстильный фильтр; *6* – геотекстильный фильтр с наполнителем из цеолита; *7* – вода, очищенная до норм ПДК; *8* – водоотводная канава, пройденная до старицы р. Ингоды

Геотекстильные фильтры устанавливаются на твердом основании (подсыпка высотой 0,5–0,6 м, выполняется из крупного галечника, диаметр фракций 0,10–0,15 м), расположенном со стороны сухого откоса водоподпорной дамбы. При доочистке вода из пруда-осветлителя подается в приемную камеру ГФ по трубе самотеком. Для обеспечения бесперебойной работы ГФ в течение всего года, включая зимний период, их устанавливают в помещении с обогревом. Глубокая доочистка воды на ГФ с наполнителем из цеолита позволяет снизить содержание загрязняющих веществ в сточных водах Восточного филиала ОАО «СУЭК» ниже установленных норм ПДК: взвешенные вещества – менее 1 мг/л, железо – менее 0,05 мг/л, нефтепродукты– менее 0,03 мг/л, органические вещества по $БПК_5$ – менее 1 мг O_2/л.

Проведение комплекса природоохранных мероприятий по очистке сточных вод является экономически обоснованным и эффективным: общая экономическая эффективность составляет: 5,02 руб/руб, общая экономическая эффективность капитальных вложений равна 1,38 руб/руб в ценах 2004 года, срок окупаемости капитальных вложений составляет 0,72 года.

Предотвращенный экологический ущерб, наносимый р. Ингоде Восточным филиалом ОАО «СУЭК», равен 551887,70 руб/год.

Внедрение фильтрационного способа очистки сточных вод на ГФ с наполнителем из цеолита при разработке угольных месторождений открытым способом позволит обеспечить надежную инженерную защиту поверхностных водотоков от загрязнения и оперативно решить актуальную задачу водоотведения на всех буроугольных разрезах Восточного Забайкалья.

Рис. 3. Конструкция геотекстильного фильтра с наполнителем из цеолита: *1* – загрязняющие вещества; *2* – приемная камера; *3* – цеолит; *4* – перегородка; *5* – вода, поступающая на доочистку; *6* – камера доочистки условно очищенной воды; *7* – водосливной патрубок; *8* – фильтрат; *9* – съемный контейнер с фильтром; *10* – геотекстильный материал; *11* – уплотнительная прокладка; *12* – опора для контейнера; *13* – поддон для улавливания крупных твердых частиц

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Наркелюн Л.Ф., Офицеров В.Ф.* Комплексное использование ископаемых углей. Чита: ЧитГТУ, 2000. - 271 с.

2. *Рашкин А.В., Субботин Ю.В., Герасимов В.М., Овешников Ю.М.* Исследование и разработка способа очистки промышленной воды с использованием геотекстильных фильтров / Материалы Международной научно - практической конф. “Хозяйственно - питьевая и сточные воды: проблемы очистки и использования”, Пенза: МАНЭБ. - 1996. - с.98 - 101.

3. *Патент* РФ № 2094085 на изобретение “Устройство для очистки сточных вод”/ Субботин Ю.В., Рашкин А.В., Герасимов В.М., Овешников Ю.М., Мязин А.В. Приор. изобр. от 25 июля 1996 г, заявка № 96115045. Зарегистрирован в Гос. реестре изобретений 27 октября 1997 г.

Коротко об авторах

Субботин Ю.В. – кандидат технических наук, доцент, докторант ЧитГУ.

© Ю.А. Бахтурин, 2006

УДК 622.271.333:621.86.06

Ю.А. Бахтурин

ФОРМИРОВАНИЕ БОРТА КАРЬЕРА ПРИ АВТОМОБИЛЬНО-КОНВЕЙЕРНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Семинар № 12

Формирование борта карьера с размещением на нём перегрузочных пунктов автомобильно-конвейерно-железнодорожного (а-к-ж.д.) транспорта в большинстве случаев связано с разносом борта или оставлением целиков. При этом объёмы разноса борта и целиков в общем случае не могут быть представлены как аддитивная совокупность соответствующих объёмов для размещения дробильно-перегрузоч-ного пункта, конвейерного подъёмника и комплексов перегрузки, аналитические зависимости для их расчёта носят нетривиальный характер.

Для определения указанных объёмов проведён анализ проектных и научно-технических решений, который позволил выявить основные типы комплексов перегрузки и определить параметры площадок при их внутрикарьерном размещении.

Габариты площадок для внутри карьерного размещения комплексов перегрузки с конвейерного на железнодорожный транспорт (КП) зависят от следующего:

- типа перегрузочного пункта и его конкретного конструктивного исполнения;
- места выхода конвейера на поверхность горизонта расположения перезки;
- углов подхода магистрального конвейера к погрузочным железнодорожным путям в плане и вертикальной плоскости;
- вместимости аккумулирующих устройств;
- высоты перекрытия приходящего конвейера.

Анализ проектных решений и научно-исследовательских работ по применению карьерного а-к-ж.д. транспорта позволяет выделить следующие основные типы КП:

- устройства бункерного типа (табл. 1);
- склады хребтового типа линейной формы:
- комбинация корпусов погрузки и складов (комбинированные КП).

В табл. 2 приведены типы КП по железорудным предприятиям, разработанные проектными институтами.

По конструктивным признакам, определяющим геометрические параметры можно выделить следующие основные устройства бункерного типа:

- с поперечной загрузкой думпкаров (рис. 1, *а*, *г*);
- с продольной загрузкой думпкаров (рис. 1, *б, в, д*);
- полузаглубленного (тоннельного) типа (рис. 1, *д*);
- с механизмами распределения горной массы по ячейкам (рис. 1, *г*).

Хребтовые склады линейного типа, основные компоновочные схемы которых представлены на рис. 2., можно подразделить по числу секций на одно-и многосекционные (рис. 2, *в, д, е, а, б*); по числу погрузочных путей на одно- и двусторонние (рис. 2, *б, а, в, г, д, е*).

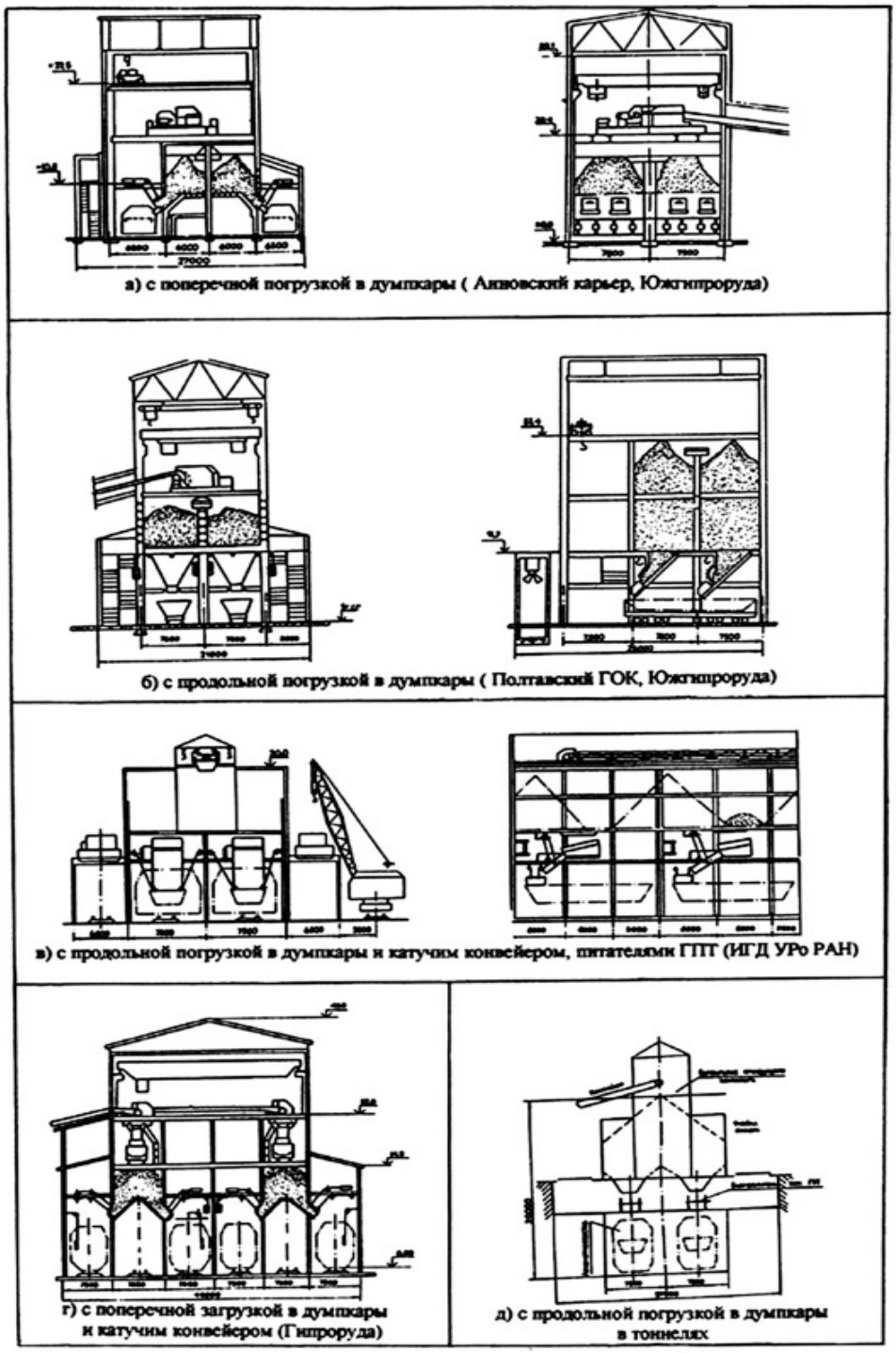


Рис. 1. Схемы комплексов перегрузки в думпкары бункерного типа

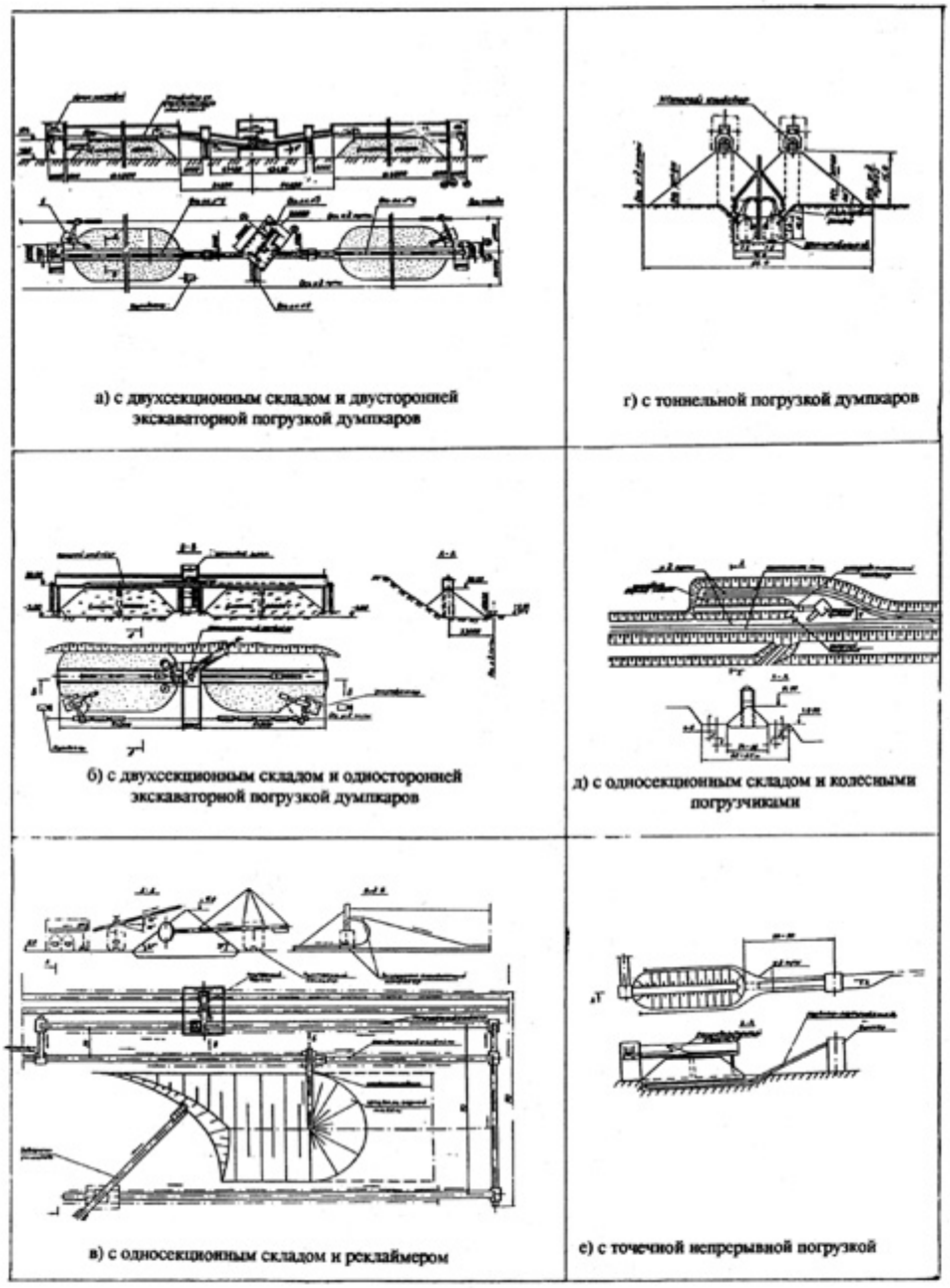


Рис. 2. Схемы комплексов перегрузки в думпкары со складами хребтового типа

По типу применяемого погрузочного оборудования - на склады:

- с экскаваторной погрузкой (рис. 2, *а, б*);
- оборудованные колесными погрузчиками (рис. 2, *д*);
- с погрузкой питателями из штабелей с тоннельным расположением думпкаров (рис. 2, *г*);

Таблица 1

Характеристики корпусов перегрузки горной массы с конвейерного на железнодорожный транспорт

Параметры, характеристики	Ед. изм.	СевГОК		НКГОК		Полтавский ГОК		ЦГОК	Стойленский ГОК
		Анновский к-р	Первомайский к-р	Карьер №3	Карьер №2-бис	Юго-западный борт	Южный борт		
Угол подхода конвейера к ж. д. путям: в плане по вертикали	град	27	90	90	90	65	78	0	0
Число ячеек бункера	шт.	4	4	4	$\frac{2}{2}$	15	15	10	4
Вместимость бункеров	$м^3$	900	1000	900	$\frac{400}{400}$	650	650	1000	
Число погрузочных путей	шт.	2	2	2	2	2	2	2	2
Число загрузочных устройств	шт.	8	8	8	$\frac{4}{4}$	8	8	8	2
Высота приходящего конвейера	м	20,4	22,8	22,8	27,6	26,4	27,6	27,6	26,1

- с конвейером-перегру-жателем и точечной погрузкой (рис. 2, *е*);

По способу формирования штабеля склады можно выделить следующие типы складов:

- эстакадные (рис. 2, *а, б, г, д, е*);

- безэстакадные с применением отвалообразователя или штабелеукладчика (рис. 2, *д*);

Некоторые характеристики, определяющие геометрические параметры площадок для комплексов перегрузки со складами хребтового типа, представлены в табл. 3.

Габариты перегрузочных площадок можно описать тремя величинами: шириной, совокупной длиной штабелей и углами, определяемыми условиями вписывания железнодорожных путей.

В схемах, предусматривающих применение хребтовых складов, может потребоваться удлинение площадок с учетом размещения передаточных конвейеров. Расчёты величины удлинения площадок можно производить по формуле

$$\Delta L = \left[H_P - (B_{пл} - 0,5B_ш - b_1 - b_2 - b_3 - b_5) tg\beta \right] \times$$
$$\times ctg\alpha_П - \sqrt{(R - b_6)^2 - (R - b_3 - 0,5B_Ш + b_4)^2}, \quad (1)$$

где H_p – высота оси головного барабана передаточного конвейера, м; b_1 - расстояние от нижней бровки уступа до оси контактной сети, м; b_2 - расстояние от оси контактной сети до оси железнодорожного пути, м; b_3 - расстояние от оси ж.д. пути до подошвы штабеля, м; b_4 - расстояние от оси конвейера до крайней точки станции приводов, м; b_5 - расстояние от верхней бровки уступа до места выхода оси конвейера на поверхность, м; b_6 – габарит приближения строений, м; β - угол наклона борта карьера, град.

Расчётная схема для определения объёмов разноса борта и целиков при формировании борта карьера с размещением комплексов перегрузки а-к-ж.д. транспорта приведена на рис. 3. По расположению перегрузочных площадок КП относительно основания возможны 2 основных варианта:

Таблица 2

Типы комплексов перегрузки с конвейерного на железнодорожный транспорт на железорудных предприятиях СНГ

Проектный институт	Название карьера	Тип комплекса перегрузки
Центрогипроруда	Стойленский	комбинированный
Кривбасспроект	ЦГОК№1	склад с экскаваторной погрузкой
Южгипроруда	Анновский СевГОКа	комбинированный
Южгипроруда	Первомайский СевГОКа	комбинированный
Южгипроруда	НКГОК №2-бс	комбинированный
Южгипроруда	НКГОК №3	комбинированный
Южгипроруда	НКГОК №1	склад с экскаваторной погрузкой
Южгипроруда	карьер ЮГОКа	склад с экскаваторной погрузкой
Южгипроруда	Полтавского ГОКа, юго-западный борт	комбинированный
Южгипроруда	Полтавского ГОКа, южный борт	комбинированный
Гипроруда	Качарского ГОКа	бункерный

Таблица 3

Характеристики складов перегрузки с конвейерного на железнодорожный транспорт

Название карьера	Производительность, КП, млн т	Конструктивное исполнение	Вместимость, т	Число погрузочных путей
Стойленского ГОКа	20	две двусторонние секции	200000	4
№1 ЦГОКа	10/20*	2-секционный	10000/40000	2
| Анновский СевГОКа	18	1-секционный	25000	1
Первомайский	20	2-секционный	92000	2
№2-бис НКГОКа	20/13	2-секционный	72000/25000	2
№3 НКГОКа	20	2-секционный	220000	2
№1 НКГОКа	14	1-секционный	40000	1
ЮГОКа	18	2-секционный	2000000	1
[Полтавского ГОКа	19	2-секционный	220000	2
[Примечание:* - в числителе - для руды; в знаменателе - для вскрыши				

1. КП располагается со стороны выработанного пространства.

2. КП располагается на площадке, примыкающей к конвейерной выработке.

При этом минимальную длину участка борта для размещения на нем КП и транспортных коммуникаций при использовании а-к-ж.д. транспорта по первому варианту можно определить по формуле

$$L_{\min} = H_1\left(\frac{\sqrt{\sin\beta^2 - \sin\alpha^2}}{\sin\beta\sin\alpha} + ctg\beta'\right) +$$

$$+l_б + \Delta L + L_{Ш} + \left(B_n - \frac{B_б\sqrt{\sin\beta^2 - \sin\alpha^2}}{\sin\beta\cos\alpha}\right)\times$$

$$\times ctg\varphi_1 + B_б ctg\varphi_2 + l_m, \qquad (2)$$

По второму варианту:

$$L_{\min} = \begin{Bmatrix} H_1\left(\frac{\sqrt{\sin\beta^2 - \sin\alpha^2}}{\sin\beta\sin\alpha} + ctg\beta'\right) + l_б + l_m \\ L_{Ш} + 2bctg\varphi + \Delta L + l_m \end{Bmatrix}, \qquad (3)$$

где H_1 – высота конвейерного подъёма, м; α - угол наклона конвейерной линии, град; β' - угол наклона борта в направлении навстречу конвейерной линии, град; $l_б$ - длина горизонтальной площадки от нижней кромки траншеи вдоль борта для размещения натяжных станций конвейера, дробильно-перегрузоч-ных пунктов и т.п., м; l_m – минимальная длина железнодорожного тупика, м; B_n – часть ширины площадки для размещения КП, создаваемая за счёт разноса борта (оставления целика); $B_б$ – часть ширины бермы для размещения конвейерного подъёмника, создаваемая за счет разноса борта (оставления целика); $L_ш$ – длина штабеля, м.

Минимальная длина участка борта для размещения КП и транспортных коммуникаций обеспечивается в первом случае. Однако из условия минимизации объемов разноса борта и целиков предпочтительным является второй вариант, так как в этом случае указанные объемы снижаются

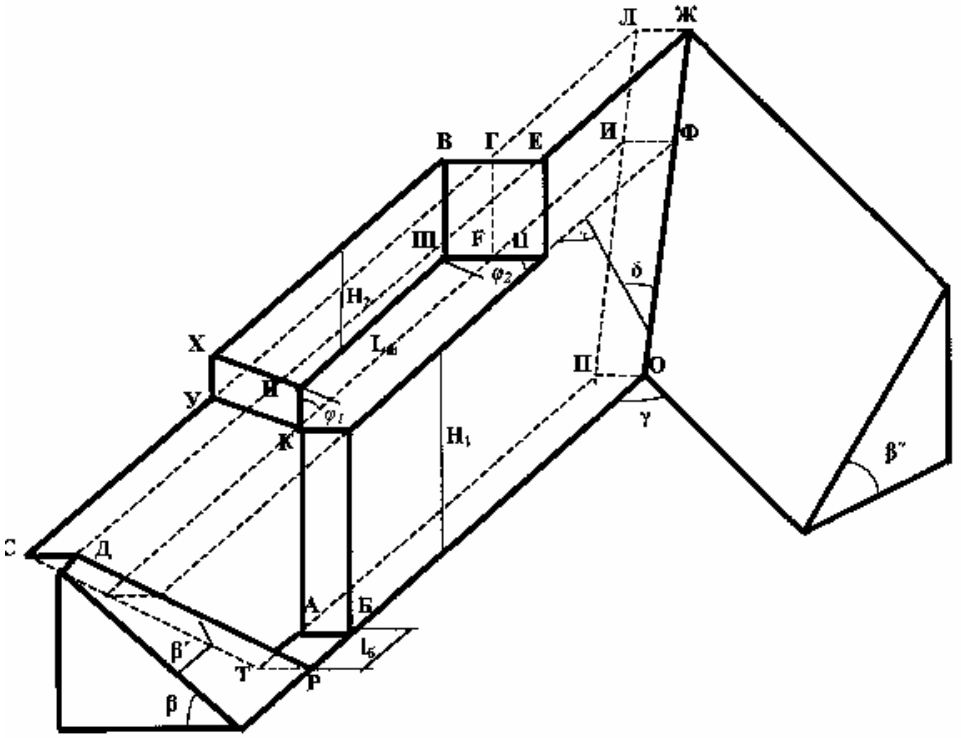


Рис. 3. Схема для определения объёмов разноса борта и целиков при внутрикарьерном размещении комплексов перегрузки а-к-ж.д. транспорта

за счет частичного совмещения объемов разноса борта для создания конвейерной бермы и площадки для размещения КП.

На схеме разнос борта представлен фигурой

ДСУХВЕЦМБРТАКНШ. Полный объем разноса рассчитывается как сумма объемов призм с непараллельными основаниями, представленных на схеме фигурами *СДЕГZQЦF*, *УХВГКНШF* и *ZQМКТРБА,* по формуле

$$V_p = \frac{B_б\sqrt{\sin^2\beta - \sin^2\alpha}}{\cos\alpha\sin\beta}\times$$
$$\times\left\{\frac{H_1^2\sqrt{\sin^2\beta-\sin^2\alpha}+(H_1^2 ctg\beta' + 2H_1 l_б)\sin\alpha\sin\beta}{2\sin\beta\sin\alpha}+\right.$$
$$+H_2\left[H_1\left(\frac{\sqrt{\sin^2\beta-\sin^2\alpha}}{\sin\beta\sin\alpha}+ctg\beta'\right)+l_б+\Delta L+L_{шт}\right]+$$
$$\left.+H_2\left(\frac{H_2 ctg\beta'}{2}+\frac{B_б ctg\varphi_2\sqrt{\sin^2\beta-\sin^2\alpha}}{2\cos\alpha\sin\beta}+\frac{H_2 ctg\beta''}{2\sin\varphi_2}\right)\right\}+$$
$$+H_2\left(B_п-\frac{B_б\sqrt{\sin^2\beta-\sin^2\alpha}}{\cos\alpha\sin\beta}\right)\times$$
$$\times\left[L_{шт}+\Delta L+\left(B_п-\frac{B_б\sqrt{\sin^2\beta-\sin^2\alpha}}{\cos\alpha\sin\beta}\right)\frac{ctg\varphi_1+ctg\varphi_2}{2}+\right.$$
$$\left.+\frac{H_2}{2}\left(\frac{ctg\beta'}{\sin\varphi_1}+\frac{ctg\beta''}{\sin\varphi_2}\right)\right] \qquad (4)$$

где H_2 – глубина расположения КП; β'' - угол наклона торцевого борта в направлении, совпадающим с направлением конвейерной выработки, град.

Рис. 4. Зависимость объёма разноса борта ($V_б$) от глубины размещения КП (H_2):

- для КП с односторонней погрузкой, H_1 = 200, $B_б$ = 20 м, V_c = 25 тыс. кубометров;
- для КП с двусторонней погрузкой, H_1 = 100, $B_б$ = 20 м, V_c = 30 тыс. кубометров;
- для КП с двусторонней погрузкой горной массы, $B_б$ = 0 м, V_c = 30 тыс. кубометров;
- для КП с односторонней погрузкой горной массы, $B_б$ = 0 м, V_c = 25 тыс. кубометров;
- для бункерного КП

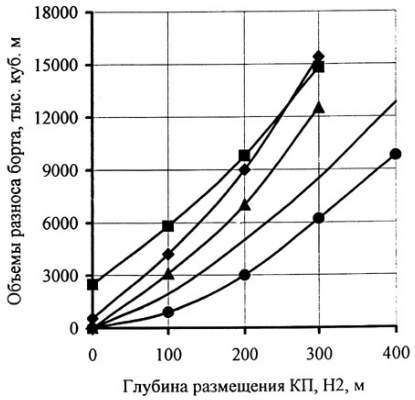


Рис. 5. Зависимость объёмов целиков ($V_ц$) от глубины размещения ДПП ($H_д$) при $l_{пб}$ = 350 м, $L_ш$ = 100 м:

- при двусторонней погрузке, H_2 = 100, м;
- при односторонней погрузке, H_2 = 100, м;
- для КП на поверхности, $B_б$ = 20 м;
- для КП на поверхности, $B_б$ = 20 м;
- при двусторонней погрузке, H_2 = 200, м; = 20 м;
- при односторонней погрузке, H_2 = 200, м; = 20 м;

Объем оставляемого целика *КМРИАВОП* определяется по формуле

$$V_Ц = \frac{B_Ц(H_1^2\sqrt{\sin^2\beta-\sin^2\alpha}+2l_{пб}H_1\sin\alpha\sin\beta-H_1^2\sin\alpha\ tg\delta)}{2\sin\alpha\ \sin\beta}, \qquad (5)$$

где $l_{пб}$ - расстояние на горизонте КП от точки заложения траншеи до точки пересечения бортов, м; δ - угол между линией пересечения бортов *ОЖ* и линией, перпендикулярной к границе перегрузочной площадки *МФ,* град..

Величина δ определяется по формуле

$$tg\delta = \frac{\sqrt{\sin^2(\sin^2\gamma + 2ctg\beta'' ctg\beta\cos\gamma + ctg^2\beta'') - \sin^2\gamma}}{\sin\gamma}, \quad (6)$$

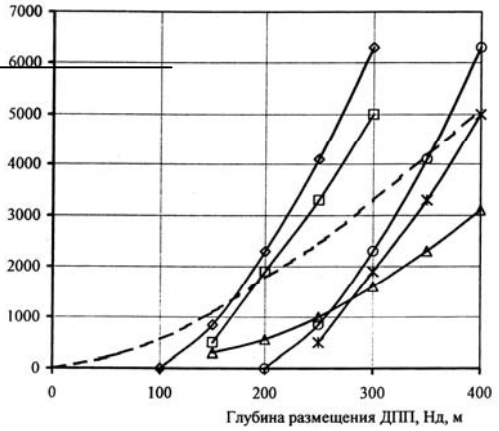
где γ – угол между уступами борта с конвейерным подъёмником и уступами соседнего борта, м.

С учётом применения а-к-ж.д. транспорта вскрыши на карьере Ингулецкого ГОКа [1] проведены расчеты объёмов разноса борта и целиков для различных вариантов размещения КП, значений $B_б$, H_1, вместимости склада (V_c), типа КП при α = 16°, $\beta = \beta' = \beta''$ = 40º. Величина $B_б$ зависит от способа строительства конвейерного подъемника. В [2] предлагаются способы, применение которых позволяет довести ширину основания конвейерной выработки до размеров, определяемых шириной охранительной бермы, углами наклона подъемника и наклона борта без его дополнительного разноса $(B_б = 0)$. Графически зависимости представлены на рис. 4, 5. Даже с учётом возможности строительства конвейерного подъемника без дополнительного разноса борта *(Вб = 0)* внутрикарьерное размещение КП по сравнению с размещением его на поверхности связано со значительными дополнительными объемами выемки вскрыши (рис. 4). Если при H_2 =100-120 м объёмы составляют до 3 млн кубометров, то уже при H_2 = 200 м они в зависимости от типа КП достигают 5-7 и более млн. кубометров. Это существенно отражается на конкурентоспособности а-к-ж.д. транспорта с внутрикарьерным размещением КП.

Как видно из рис. 5 размещение дробильно-перегрузочного пункта (ДПП) на глубине *(Нд)* до 150-165 м при размещении КП на глубине H_2 = 100 м и применении комбинированного КП с двусторонней погрузкой горной массы (активная вместимость (V_c) порядка 30 тыс. кубометров) обеспечивает снижение объемов целика по сравнению с размещением КП на поверхности. Применение комбинированного КП с односторонней погрузкой ($V_c \approx$ 20-22 тыс. кубометров) обеспечивает такое снижение до глубины размещения ДПП около 200 м. При H_2 = 200 м - соответственно до глубины $H_д$ = 350 м для КП с двусторонней и до *Нд* = 400 м для КП с односторонней погрузкой.

Объемы целиков в общем случае ниже соответствующих объемов разноса борта в 1,2-1,7раза. Объёмы разноса борта в варианте с размещением КП на площадке, примыкающей к конвейерной выработке на 20-30 % ниже, чем в варианте их размещения на нерабочем борту карьера со стороны выработанного пространства.

Приведенные зависимости позволяют формализовать процесс расчёта объёмов целиков и дополнительного разноса борта карьера при размещении на нём комплексов перегрузки с конвейерного на железнодорожный транспорт.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бахтурин Ю.А.* Обоснование рациональных технологических параметров автомобильно-конвейерно-железнодорожного транспорта на карьерах: Автореф. дис. …канд. техн. наук / ИГД УрО РАН. - Екатеринбург, 1999. – 20 с.

2. *Яковлев В.Л., Смирнов В.П., Берсенёв В.А.* Устройство дробильно-конвейерных комплексов на глубоких карьерах. – Екатеринбург ИГД УрО РАН, - 2003. – 42 с.

Коротко об авторах

Бахтурин Ю.А. – кандидат технических наук, ИГД УрО РАН.