

6  
А 40

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

Горный инженер Б.П.Момот

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ЩИТОВОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ  
МОЦНЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

на примере Золотушинского рудника

Специальность 311. Подземная разработка и  
эксплуатация угольных, рудных и нерудных  
месторождений

Автореферат  
диссертации, представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук

Фрунзе, 1971 г.

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МЕХАНИКИ ГОРНЫХ ПОРОД

Горный инженер Б.П.Момот

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО ЩИТОВОЙ СИСТЕМЕ РАЗРАБОТКИ  
МОЩНЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

на примере Золотушинского рудника

Специальность ЗИ. Подземная разработка и  
эксплуатация угольных, рудных и нерудных  
месторождений

А в т о р е ф е р а т  
диссертации, представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук

Фрунзе, 1971 г.

В связи с расширением области применения таких высокопроизводительных систем разработки, как этажное и подэтажное обрушение, большую актуальность имеет проблема снижения потерь и разубоживания руды, особенно при разработке ценных ископаемых.

Высокий уровень потерь и разубоживания в этих системах разработки приводит к снижению экономического эффекта от их применения и большому ущербу для народного хозяйства.

Основной причиной высокого уровня потерь и разубоживания является выпуск руды под обрушенными породами. Можно устранить смешивание руды и обрушенных пород, если разделить их передвижным перекрытием. Передвижные перекрытия в рудной промышленности применяются длительное время в системе слоевого обрушения. Однако низкая производительность труда при слоевой системе разработки, несмотря на уровень потерь и разубоживания руды в 3-5%, ведет к постепенному сокращению области ее применения. Основной причиной этого можно считать несовершенство слоевых перекрытий - древесных "матов".

Более совершенные передвижные перекрытия - щиты и гибкие металлические перекрытия применяются в угольной промышленности. Они позволяют получить высокую производительность труда при полном отделении угля от обрушенных пород.

Целесообразность применения их для разработки рудных месторождений подтверждается рядом экспериментальных данных. В настоящее время для разработки рудных месторождений пластового характера мощностью 3,5-6 м на ряде рудников Урала находит применение щитовая система. По сравнению со слоевым обрушением она позволяет увеличить производительность труда в 1,5-1,8 раз при снижении участковой себестоимости руды на 30%.

Для разработки месторождений мощностью 14-30 м щитовая система не применяется.

Для расширения области применения щитовой системы, в связи с большой актуальностью вопроса сокращения потерь и разубоживания руды, в Институте горного дела Сибирского отделения АН СССР автором выполнялось исследование, основной целью которого было иссле-

пространством, определяется высотой слоя и гибкостью щита по простиранию.

Устранение зависимости между шириной щитов и давлением обрушенных пород позволяет обрабатывать месторождения мощностью 30 м одним щитом при большой площади забоя и сокращенном объеме восстанавливаемых выработок.

Предлагаемый способ передвижения перекрытий применяется для гибких металлических перекрытий, но для щитов не был исследован. В связи с волнообразным ходом перемещения щита этот способ назван способом передвижения "волной по простиранию".

Изучение влияния передвижения "волной" на щиты и технологию работ под ними проводилось на Золотушинском руднике. За критерий была принята величина давления на обычные щиты шириной 6 м.

Определение давления производилось тензоплощадками типа ДП-3 конструкции ИГД СО АН СССР. В результате замера давления в течение III суток на щит размерами 15x14 м было установлено:

1. Расположение забоя вкрест простирания полностью меняет расчет щитов на прочность, так как основными несущими элементами щита становятся пояса, а не накатник щита.

2. Давление обрушенных пород на щит над рабочим пространством по величине весьма близко к давлению, рассчитанному по формуле проф. М.М. Протодяконова, и зависит от длины пролета. Для условий Золотушинского рудника оно составляло 8-14 т/м<sup>2</sup>, т.е. не превышало давления на обычные щиты.

3. Длина пролета щита над рабочим пространством зависит от высоты слоя и степени гибкости щита по простиранию. Последняя в основном определяется моментом на изгиб поясов щита.

4. Между величиной давления обрушенных пород на щит и длиной пролета щита существует зависимость, определяемая гибкостью щита по простиранию. Изменение давления на щит стабилизируется изменением длины пролета.

5. В условиях Золотушинского рудника давление на неподвижный щит, лежащий на почве слоя, нарастает с интенсивностью 1 т/м<sup>2</sup>. За три месяца среднее давление на неподвижный щит составило 70 т/м<sup>2</sup>.

6. Давление обрушенных пород на щит возрастает в прямолинейной зависимости по мере удаления от забоя, что связывается с временем давления на неподвижный щит. Непосредственно перед забоем наблюдается волна опорного давления, но оно не превышает давления на наиболее удаленной от забоя части щита.

7. Какая-либо закономерность в распределении давления на щит

вкрест простирания отсутствовала. Вероятно, это связано с проявлением сосредоточенных нагрузок, которые в 2-3 раза превышают среднее давление на щит. Они имеют ту же величину, что и в щитовой системе для угольных месторождений. Отличием была стабильность мест приложения этих нагрузок.

На основе замеров давления обрушенных пород разработана методика расчета одинарных щитов шириной 14-30 м из составного накатника.

Расчет давления на щит производился по формуле проф. М.М. Протодяконова с введением поправки на нарастание давления в периоды между посадками.

Согласно давлению рассчитываются на разрыв пояса щита и их число. Накатник из бревен диаметром 24-30 см в 3-4 ряда только определяет давление между поясами и препятствует просыпанию породы в рабочее пространство.

При щитах шириной 14-30 м производится стыкование накатника в шахматном порядке. Щиты из стыкованного накатника имеют эластичность вкрест простирания.

Для обработки мощных рудных месторождений предложены и проверены в производственных условиях 5 конструкций щитов, равноценных по стоимости материала и затратам на монтаж бессекционным щитам шириной 6 м. От последних они отличаются большей простотой конструкции и применением составного накатника. Лучшей конструкцией можно считать щит "пакетного" типа с поясами из балок швеллерного профиля /рис. I/.

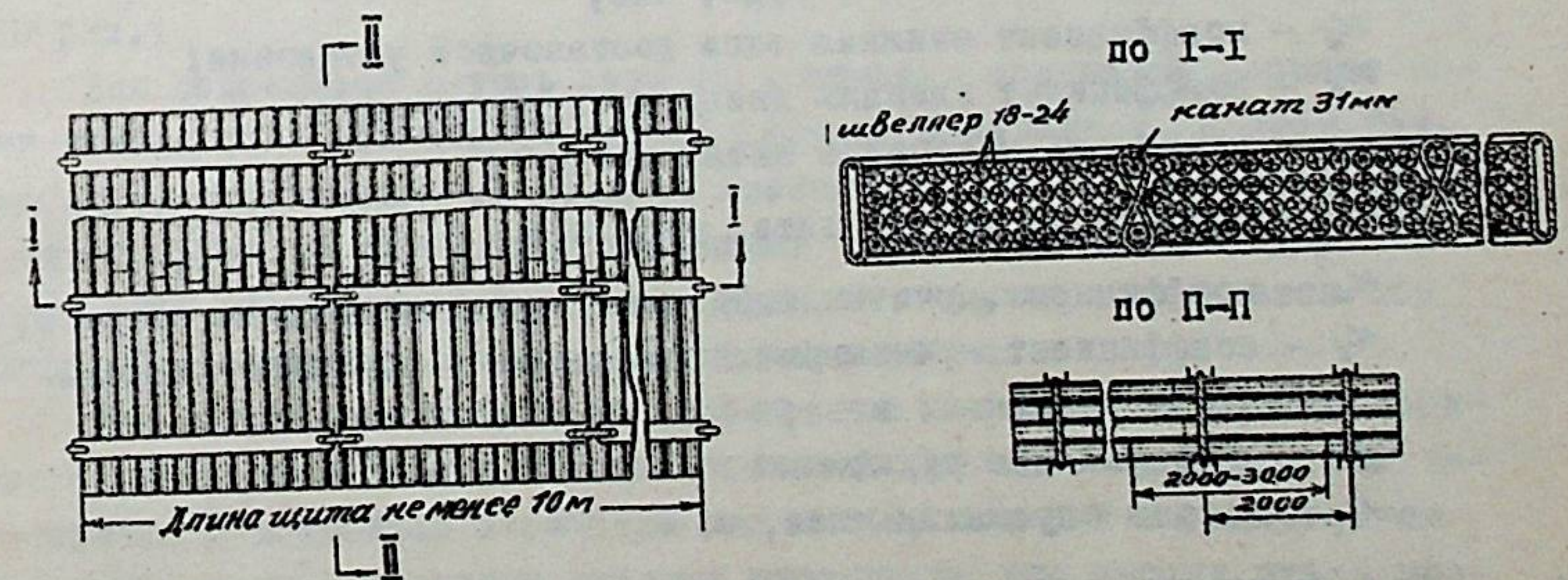


Рис. I. Щит "пакетного" типа

В главе III "Оптимизация параметров щитовой системы разработки мощных рудных месторождений" устанавливается, что определения эффективности щитовой системы разработки мощных рудных месторождений в конкретных горногеологических условиях подходят обычные методы определения экономической эффективности системы разработки. Из известных методик большую точность дают методики, учитывающие весь комплекс затрат от разведки месторождения до получения металла, например, подобная методика применяется в Институте физики и механики горных пород Академии наук Киргизской ССР.

Для выбора оптимального варианта щитовой системы разработки, оптимизации параметров системы и ее элементов предлагается проводить сравнение вариантов по технико-экономической формуле щитовой системы:

$$A_3 = (\kappa'_4 + \kappa''_4 M + \kappa'''_4 N) A_0 + \kappa_5 \kappa_6 R_{тр} t_{тр} + \frac{\kappa_a \kappa_t}{\gamma h} (C_{мц} + C t_{мц}), \text{ руб./т}$$

- где  $A_3$  — участковые затраты на 1 т руды, руб.;
- $\kappa'_4, \kappa''_4, \kappa'''_4$  — коэффициенты влияния площади очистных и подготовительных выработок на производительность отбойки руды;
- $M$  — характеристика варианта щитовой системы по объему горизонтальных подготовительных выработок, м;
- $N$  — характеристика варианта щитовой системы по объему вертикальных подготовительных выработок, м;
- $A_0$  — затраты на отбойку руды в забое 40–80 м<sup>2</sup> в конкретных условиях, руб./т;
- $R_{тр}$  — затраты на доставку руды, руб./час;
- $t_{тр}$  — время доставки 1 т руды, час;
- $\kappa_5$  — коэффициент влияния типа доставочной установки;
- $\kappa_6$  — коэффициент влияния длины пути доставки;
- $C_{мц}$  — стоимость материала щита, руб./м<sup>2</sup>;
- $C t_{мц}$  — затраты на монтаж щита, руб./м<sup>2</sup>;
- $\kappa_a$  — коэффициент, учитывающий длину пролета щита на затраты;
- $\kappa_t$  — коэффициент, учитывающий изменение давления в периоды между посадками щита;
- $\gamma$  — удельный вес руды;
- $h$  — высота опускания щита, м.

При сравнении вариантов щитовой системы для формулы используются производственные или нормативные данные. Введение в формулу коэффициентов площади забоя  $\kappa'_4, \kappa''_4, \kappa'''_4$  и характеристик  $M$  и  $N$

вариантов по объему подготовительных выработок позволяет рассматривать вариант как комплекс очистных и подготовительных выработок разной площади забоя и протяженности. Это позволяет выражать затраты на подготовительные выработки как удорожание основной очистной выемки.

Установлено, что такой метод расчета имеет определенные преимущества при решении ряда вопросов, например, выбора способа доставки руды для конкретных условий. Применение самотечной доставки требует проходки дополнительных восстающих выработок. Затраты на них возрастают с увеличением крепости руды, в то время как на затраты по механической доставке крепость руды не влияет.

Для отработки рудных месторождений мощностью 14–30 м предложено несколько новых вариантов щитовой системы и проводится их сравнительный анализ на основе технико-экономической формулы щитовой системы разработки.

Предложен вариант с очистной выемкой забоем, расположенным вкrest простирания при опускании щита "волной". Сущность его заключается в том, что под щитом при мелкошпуровой отбойке руды отрабатывается слой высотой 3 м. Подвигание забоя производится по простиранию. Площадь забоя 40–80 м<sup>2</sup>. Доставка руды скрепером вдоль забоя, а затем по слоевому штреку, пройденному по простиранию под щитом к восстающему рядом со щитом.

По сравнению с известными вариантами щитовая система позволяет отрабатывать рудные тела мощностью 20–30 м одним забоем под сплошным щитом при сокращении объема восстающих выработок в 5–10 раз.

Для сокращения потерь руды по контактам описанный вариант может применяться комбинированно со слоевым обрушением. В этом случае параметры щитовой системы не изменяются, но слоевой штрек проходит рядом со щитом. Это позволяет иметь 2–3% потерь руды по блоку, так как центральная часть рудного тела отрабатывается под щитом, а контактные зоны — слоевым обрушением.

Для сокращения затрат на скреперную доставку предложен вариант с подготовкой блока этапной траншеей /рис.2/. Сущность его заключается в послышной отработке под щитом, который передвигается "волной". Вместо проходки слоевых штреков на всю высоту этажа проводится траншея по простиранию шириной 2 м. Поддерживается траншея замагазинированной рудой. Она проводится посередине блока, разделяя забой на две лавы. Очистная выемка производится при мелко-

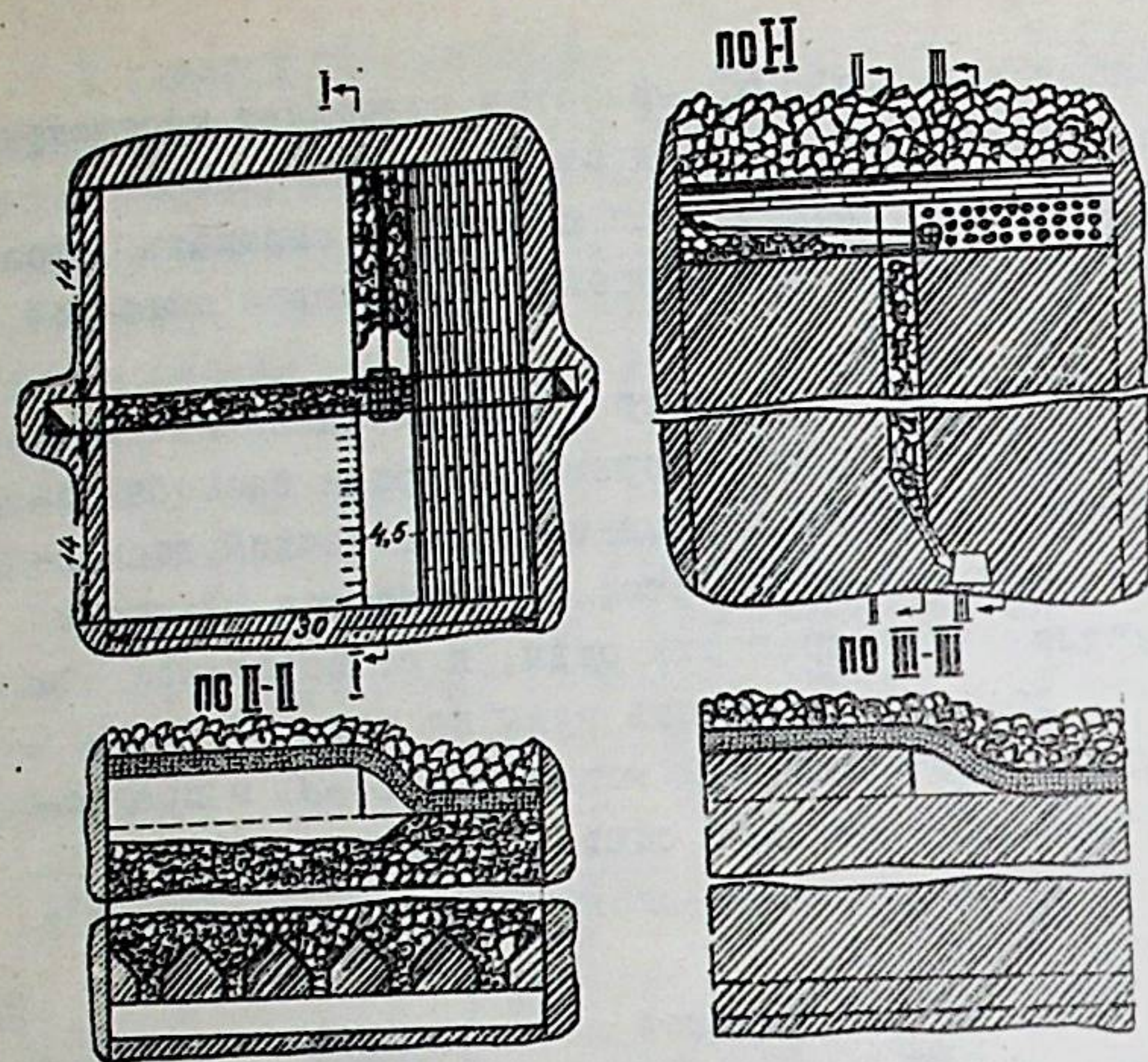


Рис. 2. Вариант щитовой системы с подготовкой блока этапной траншеей

В главе IV "Производственные эксперименты по щитовой системе разработки" описываются испытания по щитовой отработке мощных рудных месторождений на Золотушинском руднике Алтайского края.

Основной целью их было опробование новой технологии отработки мощных рудных месторождений одинарными щитами шириной 14-30 м.

В связи с полным отсутствием данных по отработке месторождений мощностью 14-30 м щитовой системой в задачи производственных испытаний входило:

- 1/ испытание новых конструкций щитов и выбор конструкции для условий Золотушинского рудника;
- 2/ исследование нового способа передвижения щитов "волной";
- 3/ определение параметров рабочего пространства под щитом в зависимости от гибкости щита, давления на него обрушенных пород, скорости и подвигания забоя;
- 4/ испытание новых вариантов щитовой системы для определения ее эффективности для рассматриваемых условий.

Золотушинское полиметаллическое месторождение представляет собой рудную зону сложного строения из отдельных рудных тел непостоянной конфигурации. Мощность отдельных рудных тел составляет до 50 м. Руды и породы слабоустойчивые, местами сильно трещиноватые,

шпуровой отбойке руды. Руда доставляется одной скреперной установкой из обеих лав.

Применение этапной траншеи уменьшает расход на восстающие, сокращает затраты на доставку и делает работу участка независимой от общешахтного транспорта.

70% запасов месторождения относится к богатым медно-свинцово-цинковым рудам.

Из-за сложности рудных тел, слабой устойчивости руд на руднике применяют слоевое обрушение. В основном применяется вариант с одинарными слоевыми заходками - 88%. Производительность труда по слоевому обрушению в период экспериментов составляла в среднем по руднику 3,15-3,25 и только в лучших слоевых забоях - 4 м<sup>3</sup>/смену.

Прогнозирующий приближенный расчет для условий рудника показал, что по сравнению со слоевым обрушением щитовая система позволяет снизить себестоимость руды на 1,17-1,5 руб./т за счет снижения расхода лесоматериалов и увеличения производительности очистной выемки в два раза.

Всего на руднике было проведено 10 экспериментов по отработке мощных рудных месторождений линзообразной формы с неправильными контактами.

В период экспериментов было проверено пять новых конструкций щитов из составного накатника шириной 14-22 м: щит типа "со сдвоенной балкой"; щит со швеллерно-тросовыми поясами; четыре щита - с поясами из тросов двух конструкций и четыре - с поясами из балок швеллерного профиля "пакетного" типа. В результате испытаний установлено, что при высоте слоя в 3 м щиты с тросовыми поясами обеспечивают рабочее пространство шириной 2-4 м, со швеллерно-тросовыми - 3-5 м и с поясами из балок швеллерного профиля - 5-7 м. На основании этого ширина рабочего пространства может быть выбрана, исходя из конструкции щита. Замеры давления обрушенных пород на щит и визуальные наблюдения подтвердили правильность принятой методики расчета щитов на прочность.

Установлено, что ширина рабочего пространства меняется в зависимости от скорости подвигания забоя или изменения хода сдвигания обрушенных пород. Изменение ширины рабочего пространства приводит к стабилизации давления обрушенных пород на одном уровне. Выяснено, что при остановке горных работ под щитом требуемая ширина рабочего пространства сохраняется в течение двух недель, и этот срок может быть увеличен при постановке стоек под пояса щита в рабочем пространстве.

По прочности испытанные щиты равноценны, а по затратам близки бессекционным щитам шириной 6 м сходной конструкции.

В производственных условиях на Золотушинском руднике было испытано три новых варианта щитовой системы разработки.

Испытания варианта с очистной выемкой забоем, расположенным вкрест простирания, показали, что при расположении слоевого штрека под щитом вариант может применяться только при месторождениях с правильными элементами залегания. В связи со сложным строением линзообразных рудных тел в восьми экспериментах применялся второй вариант с отработкой забоем вкрест простирания, но при слоевом штреке, пройденном по простиранию рядом со щитом. Этот вариант позволял иметь потери и разубоживание в 2-3% по блоку, при комбинированном применении щитовых и слоевых забоев.

Третьим, новым, вариантом был вариант для рудных месторождений большей мощности с траншейной подготовкой. Щитом из составного накатника была закрыта рудная площадь в  $550 \text{ м}^2 / 25 \times 22 \text{ м}$ . По простиранию посередине блока была пройдена снизу вверх траншея шириной 2 м с магазинированием отбитой руды. Проходка траншеи позволила повысить производительность труда при подготовке блока, так как производительность труда при выемке траншеи составляет до  $5 \text{ м}^3$  в смену. Траншея разделила забой на две лавы длиной в 9 и 13 м. Очистная выемка велась при мелкошпуровом бурении при глубине шпуров 1,5-1,8 м. В смену под щит выходило 3 рабочих. Из них один убирал руду скрепером из одного забоя, а двое обуривали забой в другой лаве.

Большой запас руды в траншее делает работы в щитовом забое независимыми от шахтного транспорта. Вариант является наиболее производительным. Производительность труда рабочих забойной группы в некоторые дни была в три раза выше, чем при слоевом обрушении.

Данные по экспериментам приводятся в табл. I.

### Основные выводы

1. Новое направление в щитовой системе - послойная разработка рудных месторождений мощностью 14-30 м одинарными щитами из составного накатника с передвижением их "волной по простиранию" позволяет значительно расширить область применения щитовой системы разработки.

2. Основной причиной ограничения ширины щита является нарастание давления на щит с увеличением его ширины. Экспериментально доказано, что при расположении забоя под щитом вкрест простирания эта зависимость изменяется и бессекционные одинарные щиты могут иметь ширину 14-30 м.

Таблица I  
Результаты исследований по щитовой системе разработки на Золотухинском руднике

№ щита	Номер блока	Конструкция щита		Заграты на монтаж		Производительность труда		Участковая себестоимость руды				
		тип пояса	длина м	ширина, м	руб/м <sup>2</sup>	руб/т	смен/м <sup>2</sup>	м <sup>3</sup> /смену	т/смену	%	руб./т	%
1	4/6	Швеллерный со сдвоенной балкой	17	10	7,0	0,32	3,7	5,49	18,1	131	2,51	75
2	1/30	Тросовой	20	16,5	6,4	0,13	0,83	4,17	13,8	100	3,35	100
3	1/28	То же	24,5	20	6,6	0,17	1,0	4,7	15,5	112	2,98	89
4	1/10	Швеллерный	25	22	4,5	0,26	0,75	6,7	22,1	153	2,04	61
5	1/9	То же	18	18	3,7	0,25	0,72	7,1	23,4	162	1,90	57
6	1/0	То же	18	14	4,4	0,14	0,74	8,13	26,8	194	1,81	54
7	2/7с	То же	14	14	3,9	0,11	0,625	7,7	25,4	184	2,01	60
8	2/7ю	Тросовой	12	12	-	-	-	6,0	19,8	143	2,20	63
9	1/12	Швеллерный	17	15	4,12	0,18	0,63	9,15	29,2	212	1,71	51
10	1/18	Тросовой	20	16	2,6	0,08	-	6,5	21,5	156	2,22	66
Среднее по 10 блокам			19,5	15,7	4,82	0,17	0,82	6,0	19,8	144	2,20	63
Слоевое обрушение		Слоевое "мат" из дерева	-	-	-	-	4,2	4,2	13,8	100	3,35	100

Примечание: общая экономия по 10 блокам составила 103,6 тыс.рублей.

3. Испытано пять конструкций щитов из составного накатника шириной 14-30 м. Экспериментально доказано, что они равноценны щитам шириной 6 м, применяемым в угольной промышленности, что позволяет упростить очистную выемку и вести ее забоями большой площади.

4. Изучение нового для щитовой системы способа передвижения щитов "волной по простиранию" методом тензометрии позволило установить, что возможно задавать давление на щит путем изменения длины пролета щита.

5. Производственные испытания щитовой системы на рудных месторождениях мощностью 14-30 м позволили установить, что за счет сокращения объема восстающих выработок и увеличения площади очистного забоя производительность труда возрастает в 1,5-2 раза и во столько же раз снижается себестоимость руды.

Получено более 100 тыс. рублей экономии, что послужило основанием для внедрения щитовой системы разработки на Золотушинском руднике.

#### Заключение

В заключении производится описание технологии очистной выемки щитами из составного накатника для условий Золотушинского рудника. Устанавливается, что дальнейшее повышение производительности труда по системе может быть достигнуто за счет увеличения мощности доставочного и бурового оборудования при испытанных вариантах системы.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Щитовая система для разработки рудных месторождений. Труды ИГД СО АН СССР, вып. 4, М., Госгортехиздат, 1961.

2. Первый опыт применения щитовых перекрытий на Золотушинском руднике. В сб. "Разработка месторождений полезных ископаемых". Изд-во "Наука", Сибирское отделение, Новосибирск, 1964. /Соавторы Захаров П.Н., Тарасенко В.Д., Щепанов П.А./

3. Испытание щитовых перекрытий на Золотушинском руднике. Добыча и обогащение руд цветных металлов, Алма-Ата, 1964, № II. /Соавтор Тарасенко В.Д./

4. Варианты щитовой системы разработки для рудных месторождений. В сб. "Совершенствование систем разработки со щитовыми пере-

крытиями". Изд-во "Наука", Сибирское отделение, Новосибирск, 1965.

5. Снижение затрат при щитовой системе разработки. В сб. "Совершенствование систем разработки со щитовыми перекрытиями". Изд-во "Наука", Сибирское отделение, Новосибирск, 1965.

6. Результаты исследования взаимодействия щитового перекрытия с обрушенными породами на мощном рудном месторождении. В сб. "Разработка мощных крутопадающих пластов в Кузбассе". М., изд-во "Недра", 1968. /Соавторы Дзюбенко В.Т., Дьяков Б.В., Лукьянов К.В./

7. Замер давления обрушенных пород на щит на Золотушинском руднике. Горный журнал, 1969, № 6. /Соавторы Дзюбенко В.Т., Дьяков Б.В., Лукьянов К.В., Тарасенко В.Д./

8. Анализ технико-экономической модели щитовой системы разработки рудных месторождений. В сб. "Экономическая оценка результатов исследований". Изд-во "Наука", Сибирское отделение, Новосибирск, 1970.

9. Способ разбучивания вертикальных и наклонных выработок. Авторское свидетельство № 142983 с приоритетом от 7 апреля 1961 г. /совместно с Дзюбенко В.Т., Жарковым М.М., Ставером А.М./