

6  
A45

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР  
ОТДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

На правах рукописи

Б. А. Чеботарев

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ  
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ОТБОЙКЕ НА МАЛЫЙ  
ОБЪЕМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

(на примере рудника имени XXII съезда КПСС  
Зыряновского свинцового комбината)

Специальность № 311  
Подземная разработка и эксплуатация угольных,  
рудных и нерудных месторождений

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Фрунзе 1970

АКАДЕМИЯ НАУК КИРГИЗСКОЙ ССР  
Отделение естественных и технических наук

На правах рукописи

О  
Б.А. ЧЕБОТАРЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ  
БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ОТБОЙКЕ НА МАЛЫЙ  
ОБЪЕМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

(на примере рудника имени XXII съезда КПСС  
Зырянского свинцового комбината)

Специальность № 311

Подземная разработка и эксплуатация угольных,  
рудных и нерудных месторождений

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

ФРУНЗЕ - 1970

## В В Е Д Е Н И Е

Программа создания материально-технической базы коммунизма в нашей стране и решения XXIII съезда КПСС предусматривают значительное увеличение добычи руд черных, цветных и редких металлов, дальнейшее повышение рентабельности разработки месторождений. Намеченные высокие темпы развития черной и цветной металлургии требуют резкого увеличения объема добычи руды.

Для осуществления этих задач, наряду с введением в эксплуатацию новых месторождений, необходимо всемерно совершенствовать существующие способы разработки и отдельные технологические процессы добычи полезных ископаемых.

При подземной разработке месторождений наиболее перспективным направлением совершенствования систем с обрушением руд и вмещающих пород, позволяющим значительно улучшить технико-экономические показатели работы предприятий, является метод одностадийной выемки.

Всесоюзной межрудничной школой по обмену опытом применения разработки с массовым обрушением, проходившей в период с 19 марта по 12 апреля 1965 года на Норильском горнометаллургическом, Лениногорском полиметаллическом и Зыряновском свинцовом комбинатах, отмечено, что производительность труда на горных предприятиях цветной металлургии за период с 1959 по 1964 г. выросла более чем в 1,5 раза; коллективы ряда предприятий превзошли уровень производства, запланированный на конец семилетки. Совершенствовалась прогрессивная система разработки с массовым обрушением в направлениях снижения удельных объемов горно-проходческих

работ, улучшения качества дробления руды, повышения показателей извлечения.

В связи с тем, что до 70% трудовых затрат приходится на отбойку и выпуск руды, наиболее перспективным направлением снижения этих затрат является изыскание путей повышения КПД взрыва. Одним из таких направлений можно считать отбойку на ранее обрушенную горную массу, т.е. отбойку руды на малый объем компенсационного пространства или "захим". Значительный рост производительности труда при этом методе (до 60%) обусловлен прежде всего равномерным дроблением и незначительным выходом негабаритных фракций (до 8-10%).

Поскольку этот вопрос изучен недостаточно, был обобщен и проанализирован опыт передовых предприятий и в большем объеме поставлены лабораторные и промышленные испытания. Работы выполнены на руднике имени ХХП съезда КПСС. Результаты исследований внедрены при отработке блоков 6 и 7 горизонтов.

Диссертационная работа состоит из введения и четырех глав и изложена на 136 страницах машинописного текста, 34 таблицах, 27 рисунках.

#### Г л а в а I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рудник имени ХХП съезда КПСС отрабатывает Маслянский промышленную зону и Заводскую залежь, представленными сплошными сульфидными и вкрапленными рудами в микрокварцитах, серицито-хлоритовых сланцах и карбонатах. Суммарная мощность дна Баканского крыла Маслянской промышленной зоны колеблется от 10 до 125 м. Угол падения 65-80°.

Породы и руды имеют разнообразную, но преимущественно высокую устойчивость. Крепость от 16-18 (микрокварциты) до 10-12 (порфириты, сплошные сульфиды, сланцы). Основными разновидностями пород являются микрокварциты (57%) и серицито-хлоритовые сланцы (31%).

С 1955 г. основной системой разработки являлась система принудительного этажного обрушения с отбойкой на компенсационные камеры. Производительность труда составляла 3,3 - 5,0 м<sup>3</sup>/чел.смену, а себестоимость 1 т. руды из очистной выемки - 3,3 + 3,9 руб. Внедрение станков шарошечного и пневмоударного бурения, вместо применявшегося ранее дробового, позволило перейти на отбойку веерными скважинами и сократить объем трудоемких нарезных работ.

Сгущение сетки скважин и связанное с этим увеличение удельного расхода ВВ на отбойку повысило производительность труда на скреперовании руды из блоков. Однако, показатели производительности, отнесенные в целом к блоку, резко отличались от показателей при отработке камер. Так, при одинаковых параметрах буровзрывных работ производительность на выпуске камерных запасов составляла 95-126, тогда как по блоку она находилась на уровне 65-77 т/чел.смену.

Параметры бурения в этот период составляли: при пневмоударном (диаметр скважин 100 мм) сетка 2x2 м, при шарошечном (диаметр скважин 150 мм) сетка 2,5x3,0 м; удельный расход ВВ на отбойку 0,600 - 0,660 кг/т.

Наичная с 1959 г. темпы роста производительности труда замедлились. Требовалось изыскание более совершенных систем разработки и связанных с этим оптимальных параметров буровзрыв-

ных работ.

Анализ применения системы принудительного этажного обрушения в 2 стадии позволил вскрыть существенные недостатки:

- а) высокие материальные и трудовые затраты на подготовительно-нарезных работах;
- б) значительный выход негабаритной руды (25-30%), повышенная опасность труда при выпуске, высокая запыленность и загазованность;
- в) большой срок отработки блоков и, следовательно, большие трудовые и материальные затраты.

Изучение достижений отечественной и зарубежной практики показало, что одностадийная выемка руды снижает объем горно-проходческих работ в блоке, улучшает качество дробления руды, уменьшает сроки отработки блоков, повышает производительность труда.

Кроме того, было установлено, что при отбойке на зажим, в условиях малого объема компенсационного пространства, результаты дробления руды удовлетворительные. Однако, механическое перенесение параметров буровзрывных работ при двухстадийной отработке на одностадийную с отбойкой на малый объем компенсационного пространства не позволяет использовать все преимущества этого варианта отбойки.

Сравнительно небольшой срок применения отбойки на малый объем компенсационного пространства имеет ряд предположений особенности механизма дробления. Л.И. Бурцев, Д.Р. Каплунов, например, указывают, что при взрывах в зажиме происходит увеличение объема мелкой фракции.

А.Н. Овсянников отмечает, что наилучшее дробление достигается при величине компенсации равной 50 + 70% отбиваемого слоя.

Л.И. Барон, Б.Л. Розинер указывают, что повышенный выход негабарита происходит при отбойке первого ряда скважин за счет нарушений, произошедших под влиянием предыдущего взрыва.

А.И. Пустовалов устанавливает, что при отбойке в зажиме одного ряда скважин во вновь образованном контакте образуется щель шириной 1м.

Некоторые положения, излагаемые отдельными авторами противоречивы и спорны, имеются различные мнения о механизме действия взрыва в зажатой среде и оптимальной величине компенсационного пространства. Не установлена связь образования компенсационного пространства и качества дробления от диаметра заряда и удельного расхода ВВ на отбойку.

В связи с этим возникли следующие задачи исследований:

1. Изучить основные закономерности перемещения и уплотнения ранее отбитой руды в зависимости от диаметра заряда и удельного расхода ВВ на отбойку, а также определить шаг обрушения;

2. Исследовать зависимость качества дробления руды при отбойке зарядами различного диаметра при различном удельном расходе ВВ;

3. Определить оптимальные параметры БВР для условий рудника имени ХХП съезда КПСС;

4. Выявить экономическую эффективность отбойки руды на малый объем компенсационного пространства.

Г л а в а П. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ ОТБОЙКЕ НА МАЛЫЙ ОБЪЕМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Отброс руды от забоя на значительное расстояние при отбойке в открытом очистном пространстве указывает на большие затраты энергии на перемещение. Подсчеты показывают, что эти затраты достигают 18-20% от потенциальной энергии ВВ. Аналогичные данные приводятся в работах А.Н.Ханукаева, В.А.Ассонова, А.В. Коваженкова.

Энергия летящих кусков может быть использована для дополнительного дробления при отбойке на малый объем компенсационного пространства, т.е. при нахождении у забоя ранее обрушенной руды. Величина перемещения отбитой руды влияет на качество дробления.

Исследование процесса перемещения ранее отбитой руды явилось одним из основных вопросов и проводилось непосредственно под давлением налегающих обрушенных пород. Для наблюдения процесса перемещения в отбитую руду забивались проколоты из специально пройденных для этой цели выработок.

Действие взрыва на ранее отбитую массу моделировалось по методу, разработанному профессором В.Р.Именитовым.

Разрушаемый массив воспроизводился на модели эквивалентным материалом (песчано-цементная смесь, состав 6:1).

Моделируемая отбойка производилась в специальных металлических ящиках - взрывных стендах. Образование "скважин"

достигалось установкой проволок во время заливки взрывного стенда песчано-цементным раствором. Диаметр "скважин" 3,4 и 5мм. Механические свойства, сетка скважин и величина зарядов определялись по принципу подобия. Для определения гранулометрического состава в очистном пространстве применен метод фотометрии.

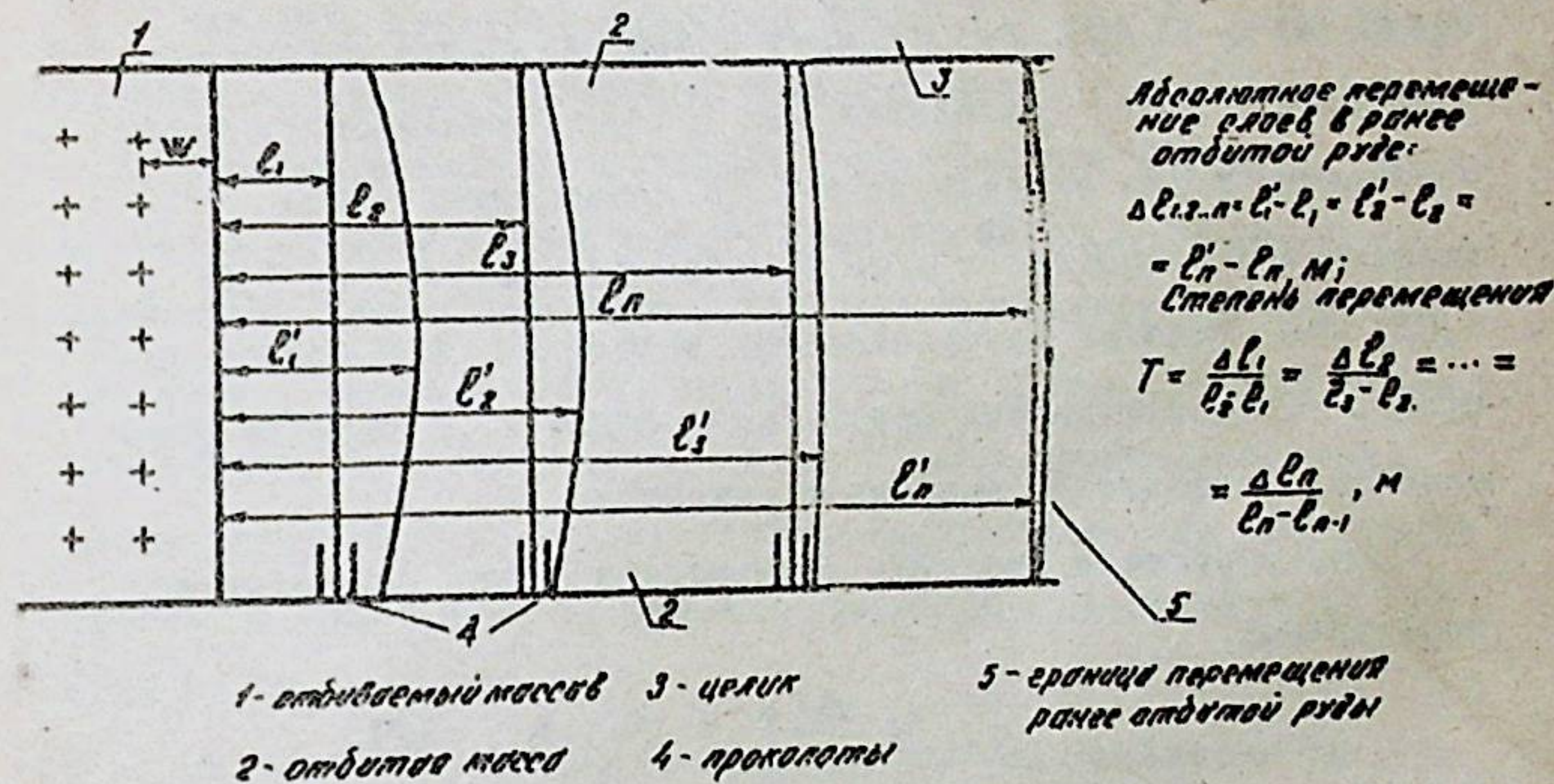


Рис. I. Перемещение проколот в зависимости от расстояния до забоя (контакта).

На рис. I показано перемещение отбитых слоев руды, расположенных на различном расстоянии от забоя.

Абсолютное перемещение слоя у забоя  $\Delta l_k$  определится из выражения: х)

$$\Delta l_k = \Delta l_1 + T_1 (l_k - l_1) = \Delta l_1 + T_1 l_k, \text{ м} \quad (4a)$$

где  $\Delta l_1$  - перемещение проколота в ближнем от забоя слое, м;  
 $l_1$  - расстояние от проколота первого слоя до забоя, м;  
 $T_1$  - степень нарастания перемещения в первом от забоя слое.

Глубина перемещения в ранее отбитой руде определяется формулой:

$$L = l_n + \frac{\Delta l_n}{T_n}, \text{ м} \quad (5)$$

где  $l_n$  - наиболее удаленный проколот от забоя, м.

х) нумерация формул принята в последовательности, изложенной в диссертации.

Экспериментами в лабораторных условиях было установлено, что с увеличением удельного расхода ВВ на отбойку абсолютная величина перемещения возрастает лишь до некоторого предела. При многорядном взрывании основные перемещения обусловлены действием взрыва первого ряда скважин; последующие ряды зарядов лишь несколько уплотняют руду. Глубина перемещения не превышает 6-10 ЛНС. Коэффициент разрыхления при однорядном взрывании у забоя наибольший (до 1,58). С увеличением числа взрываемых рядов скважин до 6-7 (с применением ЭДКЗ) коэффициент разрыхления руды у забоя уменьшается до 1,07 + 1,08, что требует дополнительных затрат ВВ в процессе выпуска. При коэффициенте разрыхления более 1,12 отбитая руда свободно истекает из выпускных отверстий.

Шаг обрушения (толщина отбиваемого слоя) определяется выражением:

$$B = \frac{\Delta \ell_k}{K_1 - K_0} - W; \text{ м, (21)}$$

где  $K_1$  - заданный коэффициент разрыхления отбиваемой руды;

$K_0$  - коэффициент разрыхления руды в массиве - 1;

$W$  - ЛНС первого ряда, м.

Задаваясь указанным значением коэффициента разрыхления ( $K_1 = 1,12$ ), при котором имеет место свободное истечение, можно определить шаг обрушения, а по шагу обрушения - число отбиваемых рядов скважин.

При проведении экспериментов в производственных условиях ставилась задача: определить численные значения перемещений вертикальных слоев руды и соответствующие этим слоям коэффициенты разрыхления в функции от удельного расхода ВВ

Качество дробления определяли замером негабаритных кусков на горизонте скреперования. Перемещение проколот (трубы длиной 3,5-4,0 м), забитых непосредственно в ранее обрушенную руду, принято равным абсолютному перемещению вертикального слоя руды. ○

Взрывали скважины диаметром 100 и 150 мм. ВВ - аммонал и детонит в патронах диаметром соответственно 90 и 130 мм.

Экспериментами установлено, что большему удельному расходу ВВ на отбойку соответствует большее значение перемещения контакта. Расходу аммонала 0,568 кг/т соответствует перемещение слоя у забоя - 2,5 м; расходу 0,640 кг/т - 2,7 м. Увеличение расхода (детонит) до 0,720 кг/т увеличивает перемещение забоя (контакта) до 2,9 м. Глубина перемещения при увеличении удельного расхода ВВ на отбойку изменяется незначительно (от 17,6 до 19,0 м) (рис. 2).

На основе полученных данных определены коэффициенты разрыхления в отбитой руде. При постоянной высоте и мощности рудного тела (блока) коэффициент разрыхления отбиваемой руды составит:

$$K_p = \frac{B + \Delta \ell_k}{B};$$

где  $B$  - толщина отбиваемого слоя, м;

$\Delta \ell_k$  - перемещение забоя (контакта), м.

При небольшой толщине слоя отбойки (6 + 9 м) коэффициент разрыхления отбиваемой руды очень велик и с увеличением удельного расхода ВВ достигает 1,48 + 1,58.

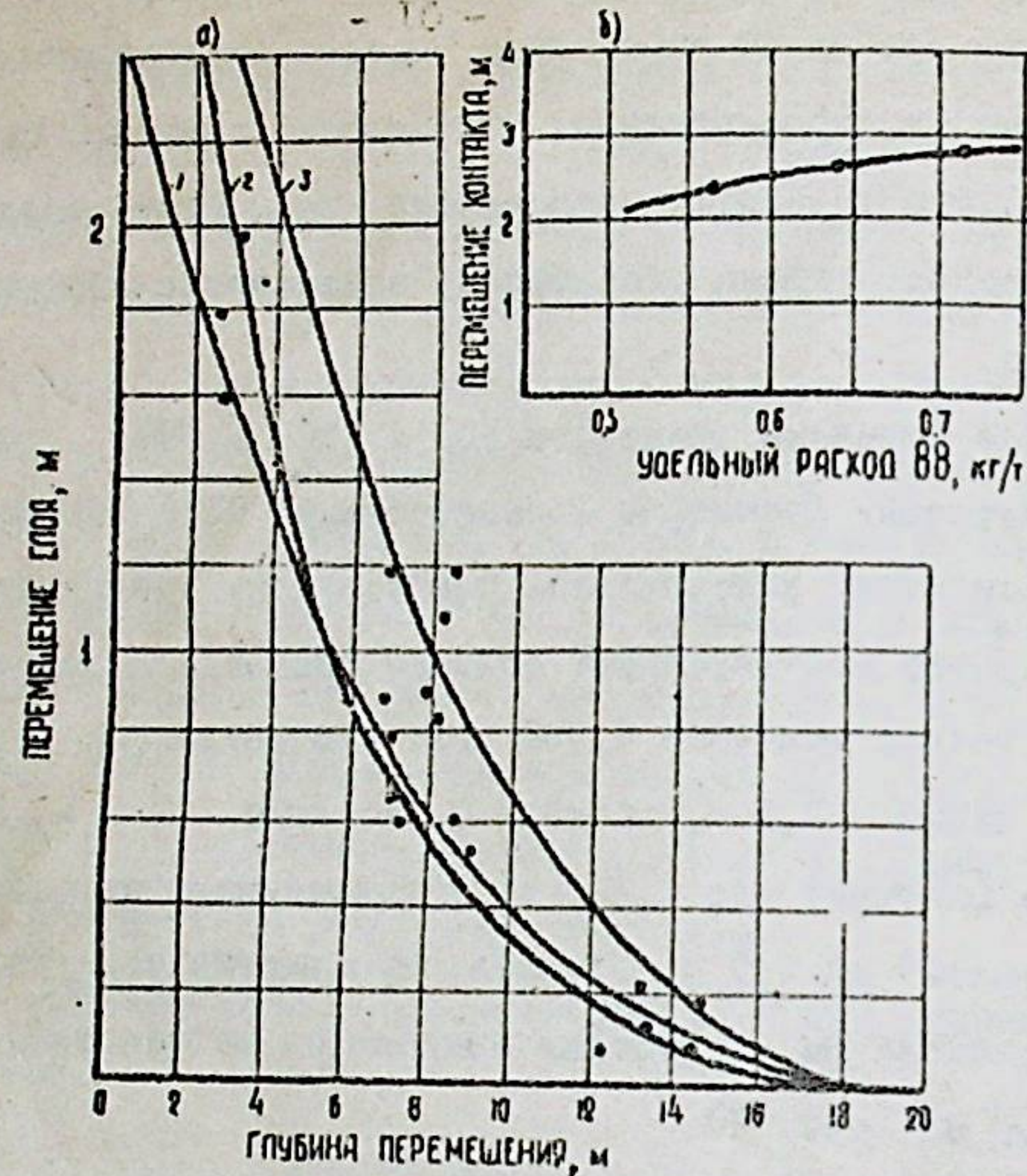


Рис. 2. а) Перемещение слоев руды в зависимости от расстояния до забоя (глубина перемещения)  
 1-  $q = 0,568$ , 2-  $q = 0,640$ , 3-  $q = 0,720$  кг/т;  
 б) Перемещение контакта в зависимости от удельного расхода ВВ на отбойку.

Результаты экспериментов и анализ наблюдений

показывает:

1. Коэффициент разрыхления отбиваемого слоя колеблется в пределах 1,11-1,58 и зависит от количества взрываемых рядов скважин, при этом большему числу рядов соответствует меньший коэффициент разрыхления;

2. Коэффициент разрыхления ранее отбитой руды меньше и составляет 1,11-1,21. При коэффициенте разрыхления руды менее 1,11 на выпуск ее требуются дополнительные затраты ВВ и труда;

3. Перемещение ранее обрушенной руды у забоя зависит от удельного расхода ВВ и составляет от 0,8 до 1 ЛНС (достигая 2,9 м);

4. Дальность перемещения проколот в ранее отбитой руде равна 17-23,4 м и зависит от удельного расхода ВВ (диаметра заряда, сетки скважин).

Величина перемещения не превышает 6-10 ЛНС.

#### Г Л А В А Ш. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ОТБОЙКЕ НА МАЛЫЙ ОБЪЕМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

Одним из важнейших параметров буровзрывных работ, от которого зависят другие, является диаметр скважинного заряда. Экспериментальные работы по выявлению оптимального диаметра были проведены в блоках 6 и 7 горизонтов.

Скважины диаметром 70, 80, 100, 150 мм бурили в вертикальной плоскости параллельно обнаженной поверхности. ЛНС изменяли от 1,2 до 4,5 м. В качестве ВВ применяли скальный аммонит 1 КВ, детонит ДБА, ДЮА и водостойчивый аммонал. После каждого взрыва определяли гранулометрический состав руды, а также объем негабаритной руды, выпущенной за смену. Расход ВВ на вторичное дробление определяли отношением расхода ВВ на объем руды, выпущенной за смену.

Бурение скважин диаметром 70 и 80 мм осуществляли соответственно станками БУ-70 и КЦМ-4, а диаметром 100 и 150 мм - станками ЛПС-3 и БИ-145. Результаты наблюдений занесены в табл. I. Для сравнения приведены данные при отбойке на открытое очистное пространство. Из табл. I видно, что при отбойке скважинами диаметром 70-80 мм и ЛНС равной 34-38  $R_0$  (1,2-1,5 м) негабарит отсутствует. Дробление



Таблица I.

Сравнительные данные по дроблению руды и производительности на скреперовании при отбойке скважинами различного диаметра и ЛНС на малый объем компенсационного пространства и на открытое очистное пространство.

Блок, горизонт	Объем взорванной и выпущенной руды, тыс. т.	Диаметр скважин, мм	Крепление по родам, мм	ЛНС	Расположение скважин	Удельный расход ВВ, кг/т		Производительность на скреперовании, т/смену	Выход негабарита, %	Стоимость руды, руб
						на отбойку	на второе ричное дробление			
<b>Отбойка с малым объемом компенсации</b>										
5 гор. 5	53,2	150	14-16	3,6	веерное	0,43	0,216	82	16	2,28
5 гор. 6	20,8	150	12-14	3,2	веерное	0,65	0,210	101	12	2,03
9 гор. 5	12,0	100	12-14	2,2	веерное	0,54	0,140	123	10	-
17 гор. 6	271,0	150	12-14	4,0	веерное	0,37	0,237	78	17	2,10
4 гор. 5	7,2	100	14-16	2,2	веерное	0,64	0,100	120	7	2,12
	12,0	80	14-16	1,5	веерное	0,50	нет	200	нет	2,47
<b>Отбойка на открытое очистное пространство</b>										
1 гор. 4	406,0	100	14-15	2,2	паралельное	0,48	0,350	64	27	3,89
5 гор. 5	101,1	150	14-15	2,8	веерное	0,73	0,291	66	20	2,96
7 гор. 6	248,0	150	12-14	3,0	веерное	0,60	0,220	77	16	2,16

руды при этом равномерное. Однако, недостатком является низкая производительность бурения, что ведет к удорожанию общей стоимости (2,47 руб/т).

При отбойке скважинами диаметром 100 мм выход негабарита составляет 10%, поэтому производительность скрепериста и рабочего по блоку ниже, чем при отбойке зарядами диаметром 70-80 мм.

Сравнивая отбойку на малый объем компенсационного пространство с отбойкой на открытое очистное пространство видно, что при равных ЛНС (2,2 м) выход негабарита в первом случае в 2,7 раза меньше, чем во втором, а производительность скрепериста 123, вместо 64 т/смену.

При отбойке скважинами диаметром 150 мм и ЛНС равной 43+52 R<sub>0</sub> (3,2 м) выход негабарита составил 12+17%, а производительность скрепериста 82+101 т/смену, что в 1,05+1,25 раза больше, чем при отбойке на открытое очистное пространство, хотя в последнем случае ЛНС в радиусах заряда составила всего 37+40.

Несмотря на то, что при отбойке скважинными зарядами диаметром 150 мм производительность скрепериста и рабочего по блоку, по сравнению с отбойкой скважинами меньшего диаметра падает, стоимость 1 т. руды является наименьшей - 1,92 + 2,1 руб. (2,47 руб/т при диаметре 70-80 мм), что объясняется меньшей стоимостью бурения станками БШ-145 (0,35 руб/т вместо 0,65 руб/т). Стоимость отбойки на открытое очистное пространство скважинами диаметром 150 мм составляет 2,16-3,3 руб/т, что в 1,12-1,58 раза больше, чем при отбойке на малый объем компенсационного пространства.

Значительные затраты труда приходятся на бурение и

скреперование.

В табл. 2 приведены данные трудовых затрат по системе.

Таблица 2

№ п/п	Вид затрат	Затраты труда в %
1.	Подготовительно-нарезные работы	30+32
2.	Бурение глубоких скважин	34+36
3.	Взрывание	5+5,5
4.	Скреперная доставка	31+26,5

Стоимость бурения, взрывания и скреперования, а также общие трудовые затраты в чел.сменах на 100 т руды в зависимости от диаметра и сетки скважин приведены на рис. 3.

### ВЛИЯНИЕ СЕТКИ СКВАЖИН НА СТОИМОСТЬ 1 т РУДЫ

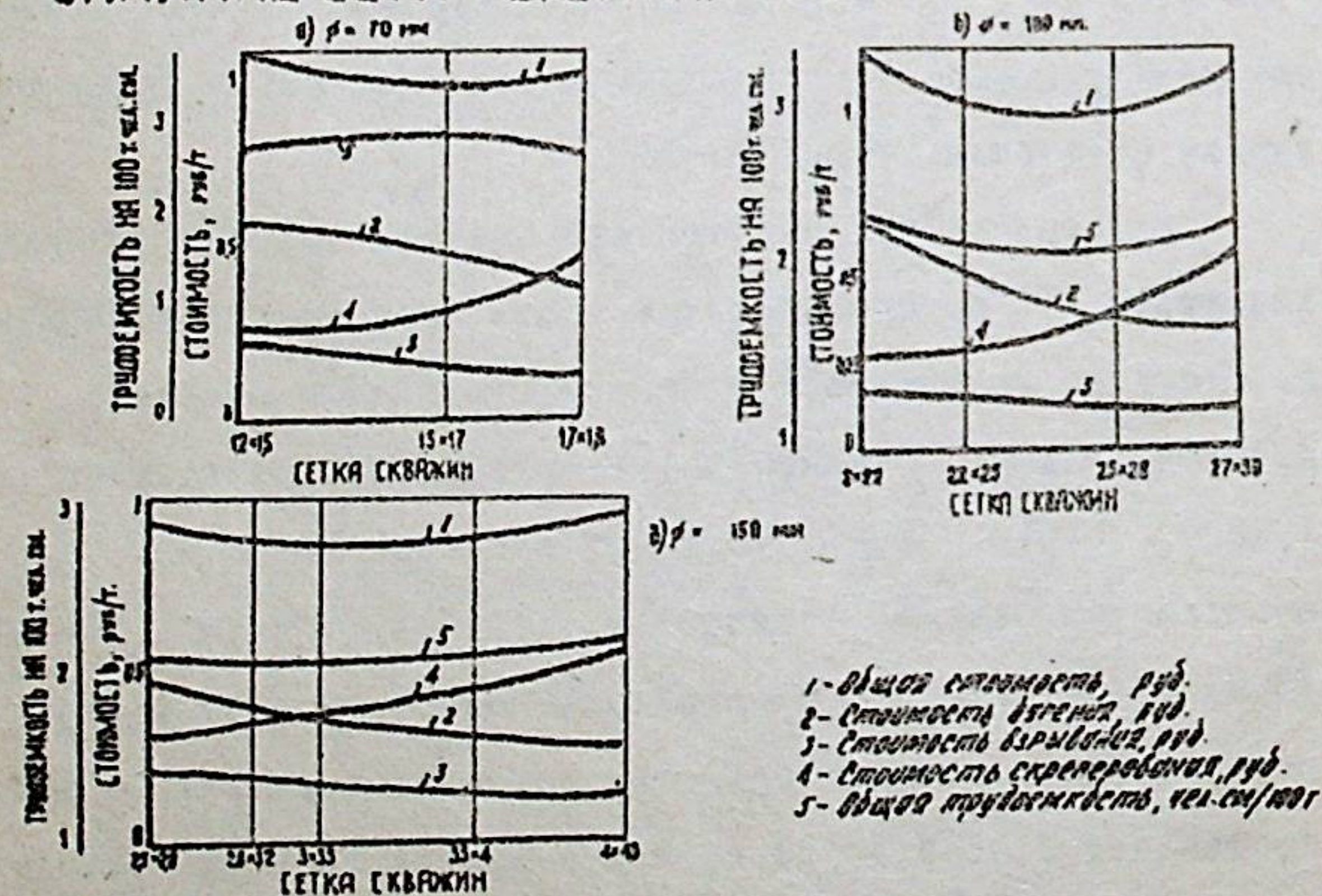


Рис. 3. Влияние диаметра и сетки скважин на стоимость 1 т руды.

Суммарная стоимость отбойки и скреперования 1 т руды обозначена кривой 1, а стоимость по переменным расходам - кривыми 2, 3 и 4. Кривая 5 отображает трудоемкость на 100 т руды. При меньшей трудоемкости (2,17 чел.смену при диаметре 150 и 2,77 при диаметре 100 и на 100 т руды) общая стоимость при отбойке зарядами диаметром 150 мм на 25% меньше. Сопоставление стоимостей дано для оптимальной сетки, установленной для каждого диаметра.

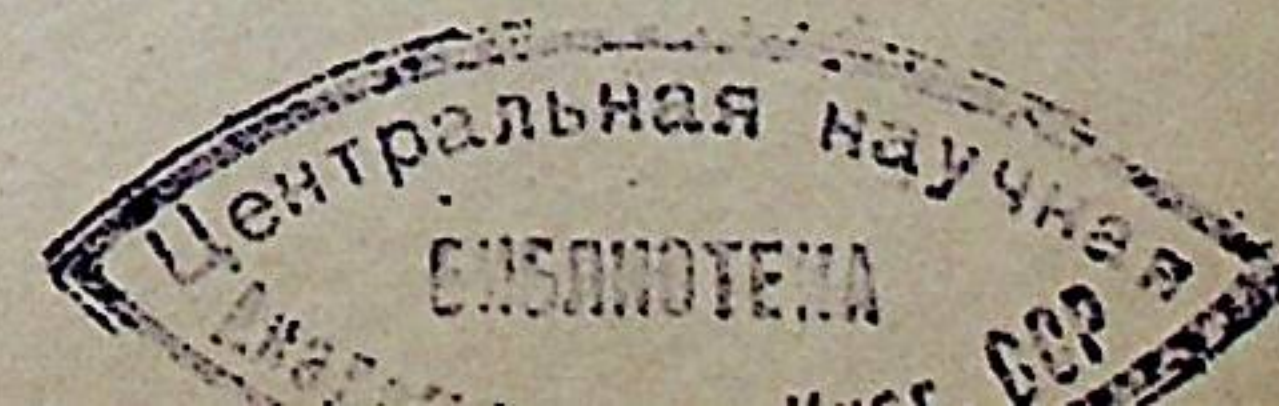
Из изложенного следует, что наилучшие показатели могут быть достигнуты при отбойке скважинными зарядами диаметром 150 мм. Это хорошо иллюстрируется экспериментальными графиками на рис. 4. При диаметре 100 мм даже незначительное увеличение ЛНС от оптимального значения приводит к резкому возрастанию выхода негабарита. На нижнем графике приведены экспериментальные данные по влиянию процента выхода негабарита на производительность скрепера.

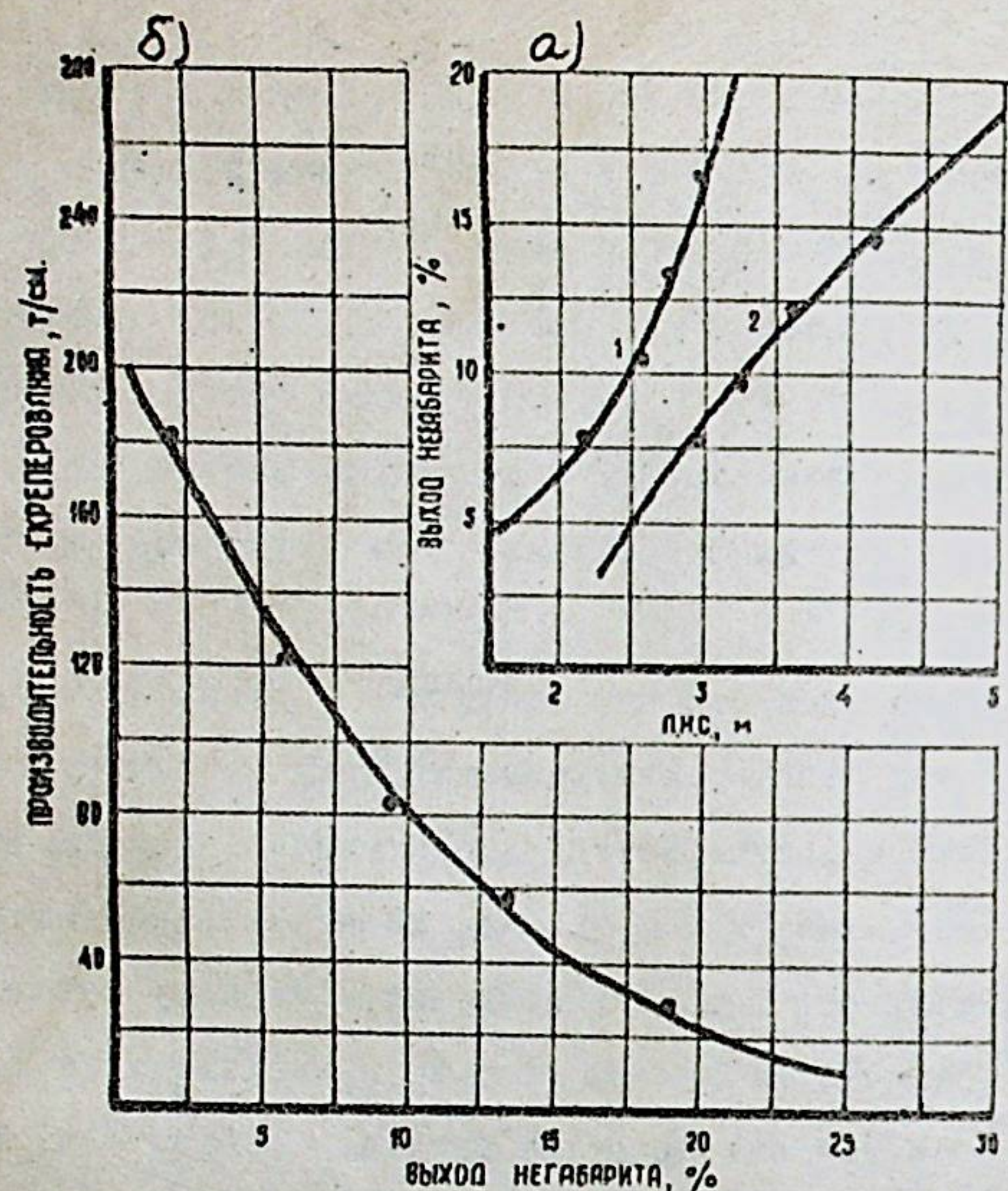
Наименьшей стоимости 1 т руды при отбойке скважинными зарядами диаметром 150 мм соответствует выход негабарита 12% (при производительности скрепера 95-101 т/смену).

Согласно графику (рис. 4) такой выход негабарита имеет место при ЛНС равной 3,6 м или 48 R<sub>0</sub> (W = 48 R<sub>0</sub>). Это значение и рекомендуется в качестве оптимального с отклонением ± 5 R<sub>0</sub>.

Значение ЛНС могут быть вычислены также по эмпирической формуле, учитывающей вместимость 1 п.м скважины, коэффициент разрыхления ранее отбитой руды и коэффициент крепости пород

$$W = 3,9 \sqrt{\frac{Q \cdot K_p}{f}} \cdot m \quad (19)$$





1.- скважины диаметром 100 мм; 2.- скважины диаметром 150 мм.

Рис. 4 а) влияние ЛНС на выход негабарита  
(1 и 2 - скважины диаметром 100 и 150 мм)

б) производительность скреперования в  
зависимости от выхода негабарита.

где  $f$  - крепость пород;  
 $K_p$  - коэффициент разрыхления ранее отбитой руды;  
 $Q$  - количество ВВ вмещаемое в I м скважины, кг;  
 3,9 - коэффициент, учитывающий остальные свойства пород, помимо крепости и размерность величин.

В результате анализа и обработки полученных данных при отбойке на малый объем компенсационного пространства в блоках 3,5,9,10,11,13,17 горизонтов 5, 6 и 7 установлено, что

наилучшему дроблению руды при оптимальной величине ЛНС соответствует расстояние между скважинами в ряду I+I,2 ЛНС.

Исходя из установленного выше значения коэффициента разрыхления I, II+I, I2, оптимальное число отбиваемых рядов скважин равно 6-7. Оптимальные значения интервалов замедления оказались равными 25 мсек.

Испытания показали, что наилучшее дробление достигается применением скального аммонита и детонитов. Однако, их высокая стоимость (900-660 руб/т) приводит к резкому удорожанию работ, не компенсируя несколько больший выход руды с I м скважины, поэтому в качестве основного ВВ рекомендуется аммонит (240 руб/т). Аммонит № 6 ввиду высокой гигроскопичности не рекомендуется.

Хорошие результаты получены при испытании зерногранулитов АС-4, АС-8, позволяющих механизировать трудоемкие работы по зарядке скважин. Стоимость их низка (140-185 руб/т), но окончательные выводы могут быть даны при накоплении достаточного опыта.

#### Г л а в а IV. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОЙКИ НА МАЛЫЙ ОБЪЕМ КОМПЕНСАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА.

Эффективность вариантов отбойки на малый объем компенсационного пространства при одинаковых показателях потерь и разубоживания руды могут быть оценены по производительности труда и стоимости добычи I т руды. Эти данные приведены в табл. I. Из таблицы видно, что производительность труда при отбойке на малый объем компенсационного пространства составляет  $5,83 + 6,80$  м<sup>3</sup>/чел.смену, а стоимость добычи руды  $1,92+2,96$  руб/т, что соответственно на  $44 + 78\%$  больше и на  $13+31\%$  меньше отбойки на открытое

очистное пространство.

Производительность труда при отбойке на малый объем компенсационного пространства выросла также за счет снижения объемов нарезных работ.

Увеличение объемов руды, разбуриваемых станками шарошечного бурения (диаметр скважин 150 мм) позволило применить разреженную сетку скважин, что снизило стоимость 1 т. руды на 22+25 коп. при годовой экономии около 300 т.руб. Новый вариант отбойки улучшает санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих за счет уменьшения взрывных работ при вторичном дроблении.

За период внедрения системы принудительного этажного обрушения с отбойкой на малый объем компенсационного пространства с применением оптимальных параметров буровзрывных работ 450 взрывами отбито около 7 млн. тонн руды.

Внедрение системы принудительного этажного обрушения с отбойкой на малый объем компенсационного пространства явилось одним из факторов общего роста производительности труда за последние 6-7 лет в 2,5 раза и общего снижения стоимости добываемой руды на 30%. Выполненные исследования предполагают возможность распространения метода на другие рудники с аналогичными горногеологическими условиями.

#### ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

I. Система принудительного этажного обрушения с отбойкой на малый объем компенсационного пространства применима как в весьма крепких рудах, так и в рудах средней крепости.

Внедрение ее обеспечивает повышение производительности труда на 30% и снижение стоимости добычи руды на 20%.

2. Повышение эффективности достигается за счет снижения объемов горно-проходческих работ до 20%, уменьшения выхода негабарита в 1,3+1,5 раза и увеличения производительности на скреперовании на 30+40%, а также за счет улучшения санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих благодаря уменьшению объема взрывных работ при вторичном дроблении и сокращении сроков отработки блоков.

3. Установлены аналитические зависимости величины перемещения ранее отбитой руды, глубины перемещения и шага обрушения в зависимости от удельного расхода ВВ на отбойку и коэффициента разрыхления ранее отбитой руды. Установлен рациональный диаметр скважинных зарядов (150 мм) при ограниченном (до 10-12%) выходе негабаритов с достаточной (до 100 т/чел.смену) производительностью на скреперовании руды.

4. Определена стоимость 1 т руды в зависимости от диаметра заряда, позволяющая применять скважинные заряды различного диаметра при изменении горногеологических условий.

5. Установлена зависимость перемещения ранее отбитой руды у контакта с забоем от удельного расхода ВВ. Доказана целесообразность увеличения удельного расхода ВВ на отбойку в первом ряду скважин при многорядном взрывании для освобождения большего компенсационного пространства и уменьшения удельного расхода ВВ в последующих рядах, без ухудшения при этом качества дробления.

6. Установлены средние значения коэффициентов разрыхления ранее отбитой и отбиваемой руды, при которых руда свободно истекает через выпускные отверстия (лучки).

Установлен также коэффициент разрыхления руды (1,07-1,08), при котором образуются "целики" спрессованной руды, требующей при ее выпуске дополнительного расхода ВВ и затрат рабочей силы.

7. Результаты исследований настоящей работы внедрены на руднике имени XXII съезда КПСС. Ежегодный объем добычи руды системой принудительного этажного обрушения с отбойкой на малый объем компенсационного пространства составляет в настоящее время 70-80% от общей добычи по руднику.

8. Общий экономический эффект за период испытаний от внедрения рекомендаций по руднику составил 2 млн.руб. или в среднем около 300 тыс.руб. в год.

9. Основные положения настоящей диссертации могут быть использованы при проектировании буровзрывных работ для отработки месторождений с аналогичными горногеологическими условиями.

Работа докладывалась на НТС Всесоюзного научно-исследовательского горно-металлургического института цветных металлов (ВНИИЦветмет), НТО Зряновского свинцового и Лениногорского полиметаллического комбинатов.

Основные положения диссертации опубликованы в статьях:  
1. И.Е.Ерофеев, Б.А.Чеботарев. Способы предупреждения подрыва глубоких скважин при массовых взрывах. Горный журнал, № 2, 1962 г.

2. В.А.Гребенюк, И.Е.Ерофеев, А.И.Пустовалов, Б.А.Чеботарев. Применение рассредоточенных зарядов при проходке горных выработок. Горный журнал, № 1, 1962 г.

3. Б.А.Чеботарев, В.С.Свердлов. Влияние горных выработок, пройденных в сфере действия скважинных зарядов, на результаты взрывных работ. Добыча и обогащение руд цветных металлов, № 6, 1963 г.

4. Б.А.Чеботарев, В.С.Свердлов. Влияние порядка отбойки руды на производительность доставки. Добыча и обогащение руд цветных металлов, № 2, 1964 г.

5. Б.А.Чеботарев. Совершенствование буровзрывных работ на руднике имени XXII съезда КПСС. Горный журнал, № 2, 1964 г.

6. А.Н.Ханукаев, А.И.Пустовалов, Б.А.Чеботарев. Техничко-экономические показатели при отбойке на малый объем компенсационного пространства. Сборник НИИ Цветной металлургии, (в печати).