

6
А-64

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ПЕРМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Аспирант ПРАВИН А.Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТОК

(На примере Верхнекамского калийного месторождения)

Диссертация написана на русском языке

Специальность 05.311 – Подземная разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Пермь • 1972

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ПЕРМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Аспирант ПРАВИН А.Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВЫРАБОТОК

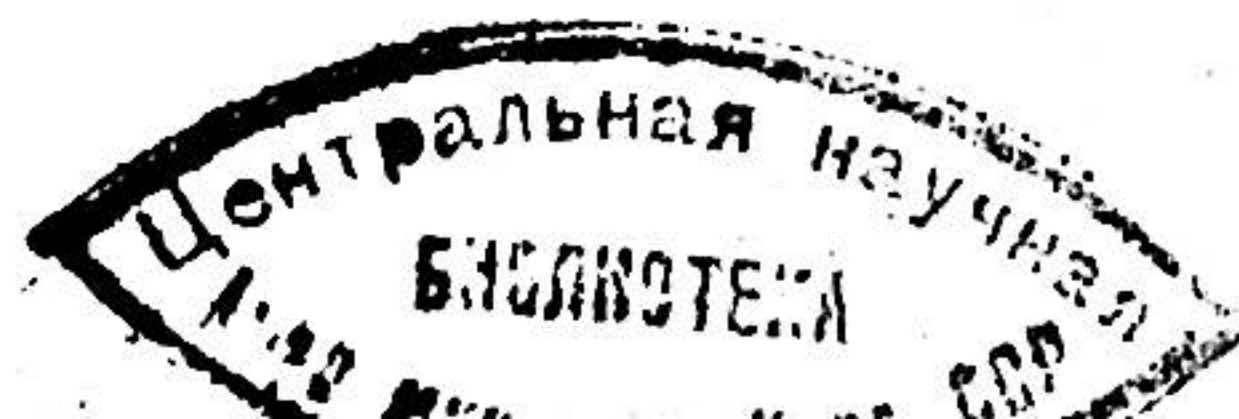
(На примере Верхнекамского калийного месторождения)

Диссертация написана на русском языке

Специальность 05.311 – Подземная разработка
и эксплуатация угольных, рудных и нерудных
месторождений

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Пермь - 1972



Работа выполнена в Пермском политехническом институте.

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
П.А.ЛЫХИН.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Доктор технических наук, профессор А.Н.ХАНУКАЕВ - Ленинград-
ский горный институт им.Г.В.Плеханова.

Кандидат технических наук И.С.ЦУКЕРМАН - Пермский научно-
исследовательский угольный институт.

Ведущее предприятие - комбинат "Уралкалий".

Автореферат разослан " " февраля 1972 года.

Защита состоится на заседании Ученого Совета горного и хи-
мико-технологического факультетов Пермского политехнического ин-
ститута 23 марта 1972 г. (г.Пермь, Комсомольский проспект, 29,а).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь Совета,
кандидат технических наук,
доцент



К.Г.СИНОПАЛЬНИКОВ

Решениями XXIV съезда КПСС предусматривается широкое разви-
тие химической промышленности и, в частности, развитие промышлен-
ности минеральных удобрений. Планируемое увеличение минеральных
удобрений в 1975 году до 90 млн.тонн предполагает введение в эк-
сплуатацию новых участков месторождений, среди которых одно из
первых мест занимают калийные. Сокращение сроков проведения раз-
ведочных выработок, строительства рудников и подготовки очистного
фронта на вновь осваиваемых месторождениях и реконструкции дейст-
вующих калийных рудников является актуальной проблемой. Большой
объем капитальных, подготовительных и разведочных выработок про-
ходится с помощью буровзрывных работ и комбайнами.

В настоящее время буровзрывной способ проходки более распро-
странен. Так, около 70% горных выработок Верхнекамских рудников,
96% - Прикарпатских и 100% разведочных выработок Индлерского мес-
торождения проходят буровзрывным способом. В перспективе этот
способ будет также занимать значительное место при проведении вы-
работок, так как разбросанность горных участков на рудниках, пе-
риодичность и небольшая длина непрерывно проходимой выработки де-
лают буровзрывной способ проходки экономически более выгодным по
сравнению с комбайнами (при длине непрерывно проходимой выработ-
ки до 800 м). Выбросоопасность и сложная гипсометрия некоторых
пластов, различные сечения выработок создают дополнительные труд-
ности в использовании проходческих комбайнов как на Верхнекамских,
так и на других калийных месторождениях.

Буровзрывной способ проведения выработок характеризуется низ-
кими технико-экономическими показателями и значительными затрата-
ми труда и времени на буровзрывные работы, объем которых в проход-
ческом цикле на калийных рудниках составляет более 60%.

Целью данной работы явилось изыскание методов повышения про-
изводительности труда, скорости проходки и снижения стоимости про-
ведения горизонтальных горных выработок буровзрывным способом в
солевых породах путем совершенствования параметров буровзрывных
работ.

Исследование проводилось комплексным методом. Проведены изучение, анализ и обобщение данных практики и теоретических разработок. Выполнены экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях по методикам, разработанным автором. Сделано теоретическое обоснование рекомендуемых параметров. Обработка результатов осуществлена методом математической статистики. Выполнен технико-экономический анализ показателей буровзрывных работ.

Эксперименты и наблюдения выполнялись на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей, в забоях шахт подземной разведки Индерского месторождения и в лабораториях Пермского политехнического института.

Рекомендации внедрены на рудниках Верхнекамского и Индерского месторождений и дают экономический эффект более 100 тыс. руб. в год.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, перечня литературы и приложений.

В первой главе дается анализ данных по проведению выработок буровзрывным способом на калийных рудниках Советского Союза и за рубежом. Рассмотрены пути совершенствования параметров буровзрывных работ и сформулированы задачи исследования.

Наиболее широкое распространение на калийных рудниках имеют схемы расположения шпуров с наклонными врубами, менее — с прямыми. Среднее подвигание забоя за взрыв составляет 1,5–1,6 м при коэффициенте использования шпуров (к.и.ш.) 0,55–0,65. Удельный расход ВВ и объем бурения достигают, соответственно, 3,0–3,5 кг/м³ и 4,5–5,0 м/м³. Себестоимость одного метра выработки относительно высокая, а производительность труда проходчика невысока: 0,4–0,5 м/см. Для условий калийных рудников такие результаты нельзя считать удовлетворительными.

Анализ существующих направлений совершенствования буровзрывных работ показал, что для повышения эффективности последних необходимо совершенствовать врубы и комплекты шпуров при шпуровой отбойке, исследовать эффективность применения незаряжаемых врубовых скважин и способов управления действием взрыва шпуровых зарядов.

Существующие теоретические и экспериментальные данные не позволяют дать научно-обоснованных рекомендаций по совершенство-

нию буровзрывных работ на калийных рудниках, так как не выявлены принципы конструирования врубов в некрепких вязко-пластичных породах; совершенно не исследованы зависимости изменения основных параметров буровзрывных работ от увеличения глубины комплекта шпуров; не известны оптимальный диаметр врубовой скважины, расстояние первого шпура от стенки скважины различного диаметра, величина заряда врубовых шпуров и скорости бурения комплекта шпуров и врубовых скважин; недостаточно исследованы и обоснованы рекомендации по эффективному использованию различных способов управления действием взрыва в вязко-пластичных солевых породах.

На основании анализа были поставлены задачи исследования.

1. Совершенствование комплектов шпуров при шпуровом методе отбойки с учетом влияния увеличения глубины шпуров на параметры врубов, изменение удельного расхода ВВ и объема бурения.

2. Исследование комплектов шпуров с незаряжаемыми врубовыми скважинами.

3. Повышение эффективности взрывных работ за счет совершенствования управления действием взрыва путем установления оптимальных интервалов замедления при короткозамедленном взрывании и рационального места расположения инциатора в шпуровом заряде ВВ.

4. Обоснование рекомендуемых параметров буровзрывных работ.

Во второй главе приводится общая методика установления оптимальных параметров буровзрывных работ, содержание и результаты исследований по изысканию эффективных конструкций врубов. Выявлено влияние глубины шпуров на изменение основных параметров буровзрывных работ при проведении выработок методами шпуровой отбойки.

Схемы расположения шпуров с наклонными и прямыми врубами испытывались при различной глубине шпуров, постоянном сечении выработок и к.и.ш. (табл. I). В экспериментах последовательно увеличивалась глубина шпуров. Путем совершенствования схемы расположения шпуров в забое, увеличения удельного расхода ВВ и количества шпуров в комплекте достигалось высокое значение к.и.ш.

С наклонными врубами в забоях сечением 18 м² произведено 155 опытных взрывов и достигнуто максимальное подвигание забоя за взрыв 2,55 м при к.и.ш. 0,70.

Лучшие результаты были получены при использовании прямых врубов, с которыми произведено 276 экспериментальных взрывов. В экспериментах в широких пределах менялись площади врубов, число шпу-

Таблица I

Усредненные результаты опытных взрывов

Глубина шпуров, м	Врубы, мм	Число скважин во врубе	Число шпуров в комплекте	Суммарная длина шпуров, м	Расход ВВ на цикл, кг	Подвигание забоя за взрыв, м	К.и.ш.
2	Без скважин	-	28	59	37,0	1,85	0,92
	Со скважинами диаметром: 80	I	40	80	47,8	1,90	0,95
	160	I	36	72	40,8	1,85	0,92
	215	I	34	68	40,4	1,95	0,97
	420	I	28	57	32,0	1,90	0,95
3	Без скважин	-	50	150	82,2	2,55	0,85
	Со скважинами диаметром: 80	2	41	123	82,4	2,70	0,90
	160	I	40	120	81,6	2,80	0,93
	215	I	36	108	67,2	2,70	0,90
	420	I	30	91	58,8	2,75	0,92
4	Без скважин	-	28	85	54,4	2,85	0,95
	Со скважинами диаметром: 80	4	53	210	111,2	3,00	0,79
	160	2	41	164	115,0	3,65	0,91
	215	I	41	164	112,0	3,80	0,95
	420	I	40	160	111,2	3,65	0,91
5	Без скважин	-	34	136	96,0	3,70	0,93
	Со скважинами диаметром: 420	I	38	190	137,6	4,73	0,94
	500	I	36	180	129,6	4,60	0,92

- 7 -

ров в них и расстояния между шпурами. Были исследованы прямые врубы с центральным удлиненным шпуром. Испытывались также комплекты шпуров со целевыми врубами; эксперименты проводились с вертикальным и горизонтальным расположением шпуров в щели, а расстояние между соседними шпурами в щели менялось от 0,1 до 0,3 м. Взрывчатым веществом заряжалось от 10 до 100% шпуров вруба, перебуренная часть шпура или весь шпур, все шпуры щели или через один, чередуя заряженный шпур с холостым. Взрывание осуществлялось мгновенно или с замедлением в 25-75 мсек. Применение прямых врубов позволило увеличить подвигание забоев за взрыв до 3,0 м и повысить к.и.ш. до 0,79. По сравнению с наклонными врубами удельный расход ВВ и объем бурения возросли на 30-40%.

Выявлено, что удельный расход ВВ и объем бурения с увеличением глубины шпуров возрастают. Это возрастание прослеживается как в выработках с поперечным сечением $6,5 \text{ м}^2$, так и в забоях сечением $12-18 \text{ м}^2$ (рис. I). Однако удельные расходы при одинаковой глубине комплекта шпуров с уменьшением сечения выработок от 18 до $6,5 \text{ м}^2$ увеличиваются примерно в 2 раза.

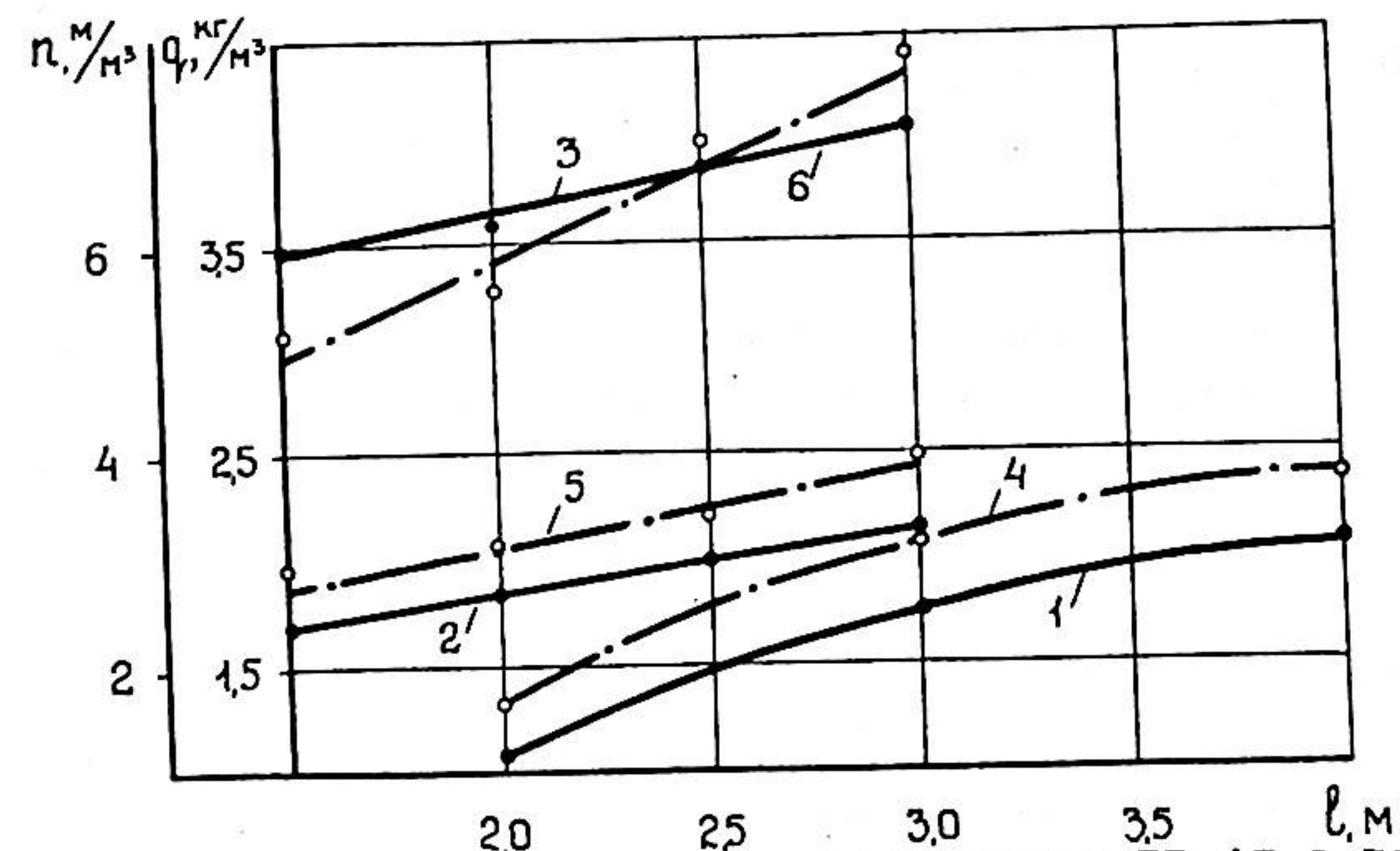


Рис. I. Зависимость удельного расхода ВВ (1, 2, 3) и объема бурения (4, 5, 6) от глубины комплекта шпуров при сечении выработок 18 м^2 (1, 4); 12 м^2 (2, 5) и $6,5 \text{ м}^2$ (3, 6)

Экспериментальными исследованиями также установлено, что возможности увеличения подвигания выработок за взрыв при шпуровой отбойке ограничены. В вязко-пластичных солевых породах яв-

ление запрессовки, приводящее к потере детонационной способности близко расположенных зарядов ВВ, не позволяет рационально разместить и сконцентрировать заряды в шпурах. Для исключения этого явления шпуры рекомендуется располагать не ближе 0,25 м друг от друга. Это минимальное расстояние необходимо учитывать при конструировании различных врубов и комплектов шпуров.

Установлено, что применение метода шпуровой отбойки рационально при глубине комплекта шпуров до 2,5 м.

Третья глава посвящена исследованию параметров буровзрывных работ при проведении выработок методом шпуровой отбойки с врубовыми скважинами. Рассматривается влияние ограниченной обнаженной поверхности на эффективность разрушения массива пород.

Исследования проводились в шахтных условиях в выработках сечением 18 м². Испытывались комплекты шпуров с врубовыми скважинами диаметром 80, 160, 215, 420, 500 мм и глубиной шпуров 2, 3, 4 и 5 м. Применялись симметричные и несимметричные (спиральные) вruby. Число скважин во врубе, в зависимости от их диаметра, изменялось от 1 до 4, соответственно, менялось в широких пределах и число шпуров во врубках (от 10 до 30). Всего было произведено 190 взрывов и пройдено около 600 м выработок.

Применение врубовых скважин позволило увеличить подбитие выработок за взрыв до 4,5-5,0 м при высоком значении к.и.ш. и незначительном повышении числа шпуров в комплекте (табл.1). Выявленное ранее возрастание удельного расхода ВВ и объема бурения с увеличением глубины комплекта шпуров сохраняется. Однако с увеличением диаметра врубовой скважины с 80 до 500 мм при постоянной глубине шпуров происходит постепенное снижение этих показателей в среднем на 42% (рис.2).

Анализ изменения удельного расхода ВВ и объема бурения в зависимости от глубины шпуров при проведении выработок методами шпуровой отбойки и с врубовыми скважинами показал, что в солевых породах с увеличением глубины шпуров более 2,5 м целесообразно использовать во врубе незаряжаемые скважины (табл.2).

Эксперименты показали, что для достижения устойчивого подбития забоя за взрыв не менее 3 м при высоком к.и.ш. следует применять скважины диаметром не менее 215 мм. С уменьшением диаметра скважин их число во врубе возрастает до 4. С увеличением - уменьшается число шпуров во врубе и значительно упрощается схема вруба, а показатели буровзрывных работ не снижаются.

Таблица 2

Удельные расходы при различных диаметрах врубовых скважин и глубине комплекта шпуров

Глубина шпура, м	ВВ, кг/м ³		Объем бурения, м/м ³	
	диаметр скважин, мм		диаметр скважин, мм	
	без скважин	80 : 160 : 215 : 420 : 500	без скважин	80 : 160 : 215 : 420 : 500
2	1,10	1,40 1,23 1,15 0,94 0,91	1,76	2,87 2,70 2,79 3,19 3,30
3	1,79	1,69 1,62 1,38 1,19 1,06	3,26	3,71 2,98 3,28 3,52 3,64
4	2,06	1,75 1,64 1,69 1,44 1,33	3,90	4,74 3,57 3,41 3,79 3,92
5			1,62	1,56 3,47 3,68

Результаты взрывания комплектов шпуров находятся в большой зависимости от таких параметров вруба, как расстояние первого шпура от стенки скважины, величины и конструкции заряда в нем и последовательности взрывания зарядов.

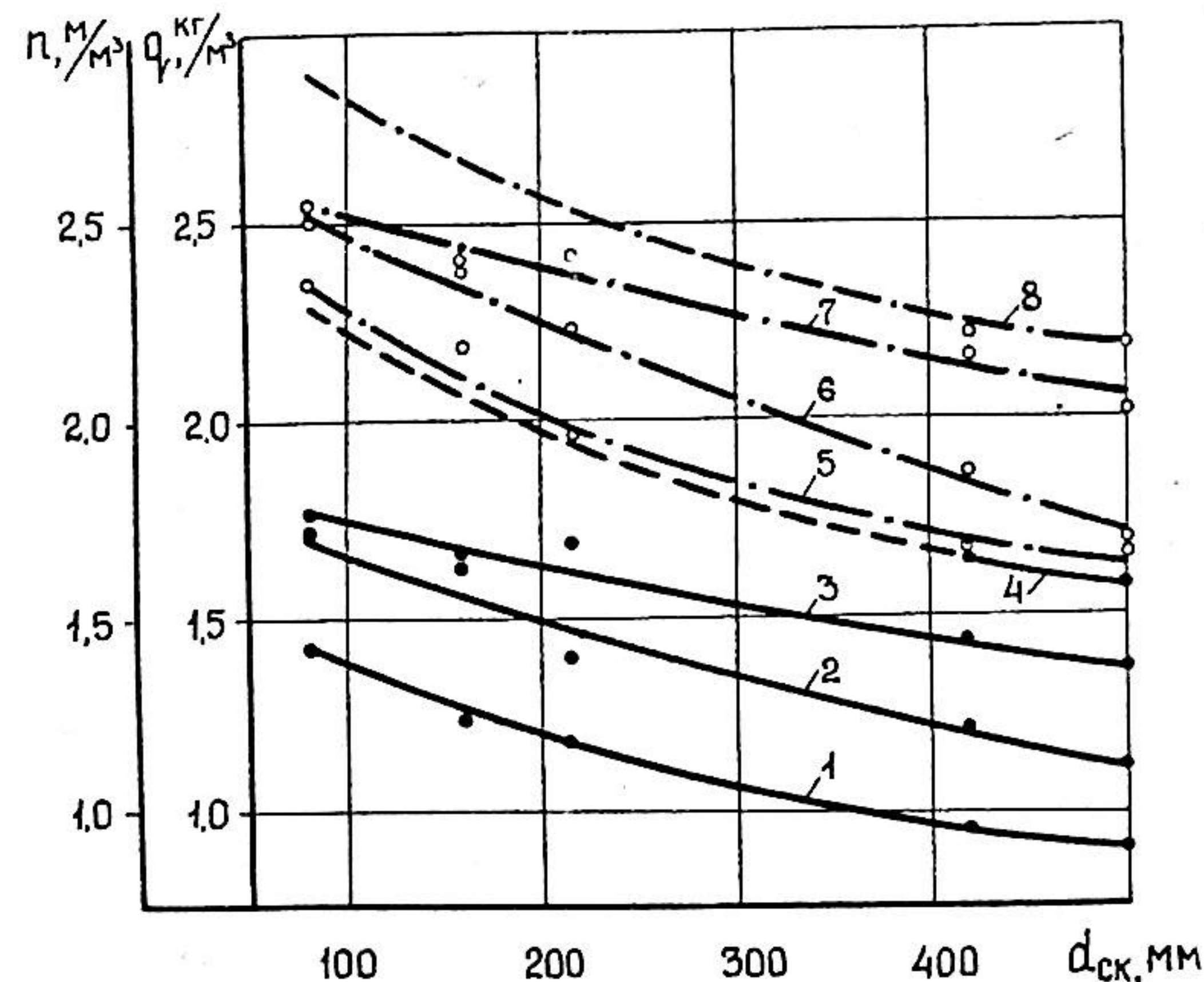


Рис.2. Зависимость удельного расхода ВВ и объема бурения от диаметра врубовых скважин при глубине шпуров 2 м (1,5), 3 м (2,6), 4 м (3,7) и 5 м (4,8)

Имеющиеся рекомендации по оптимальному расстоянию первого шпура от стенки скважины не относятся к солевым породам и весьма противоречивы. В связи с этим нами проведены специальные исследования по методике, предусматривающей бурение скважин различного диаметра и одного шпура глубиной 2,5 м, располагаемого на разном расстоянии от врубовой скважины. По данным этих исследований максимальное расстояние первого шпура от стенки скважин диаметром 80, 215, 420 и 500 мм, соответственно равно 0,2; 0,25; 0,35 и 0,40 м. Рекомендуемое расстояние W с учетом отклонения шпуров при бурении может быть определено из выражения

$$W = 0,31 d_{ск} + 0,09, \quad (1)$$

где $d_{ск}$ — диаметр врубовой скважины, м.

Установление целесообразной длины цилиндрического заряда врубовых шпуров, взрывааемых на скважину, и выявление зависимости этой длины от диаметра врубовых скважин проводилось с помощью моделирования на установке ЭГДА (электродинамических аналогов) и в натурных условиях. Исследованиями выявлено, что рациональная длина заряда врубовых шпуров, особенно длина незаряжаемой части шпура, находится в зависимости от величины обнаженной поверхности. Для скважин диаметром от 80 до 500 мм длина незаряжаемой части шпура изменяется от 0,2 до 0,7 м.

Анализ экспериментальных данных позволил определить оптимальный к.и.ш. При взрывании комплектов шпуров методом шпуровой отбойки он равен 0,8, а при использовании врубовых скважин — более 0,8. Рациональной линией наименьшего сопротивления (л.н.с.) между вспомогательными шпурами в этих условиях следует считать 0,65 м. С увеличением этого расстояния наблюдается снижение к.и.ш. и повышение удельного расхода ВВ и объема бурения. Установлено также, что использование нескольких ступеней замедления при взрывании шпуров на врубовые скважины ведет к улучшению показателей взрыва и лучшему выбросу породы из скважин.

В работе изучалось влияние ограниченной обнаженной поверхности на формирование отраженных волн взрыва, участвующих в разрушении. Этот частный вопрос теории взрыва особенно характерен для взрывания врубов со скважинами. Для выявления качественной картины этого процесса проведены исследования на моделях из ангидрита размером 0,4х0,4х0,2 м. Объектом моделирования являлась часть забоя горной выработки с врубовой скважиной и первым шпуrom, взрываемым на скважину. Параметры моделирования определялись общими и частными критериями подобия. В экспериментах менялся только один фактор — кривизна обнаженной поверхности (диаметр скважины), а остальные были постоянными. Источником упругих волн служил взрыв микрочарда постоянной величины. В качестве регистрирующей аппаратуры использовались пьезоэлектрические датчики типа ИС-313 А и двухканальный электронный осциллограф "Солартрон" со специально изготовленной приставкой однократного запуска осциллографа.

Проведено более 200 опытных взрывов, анализ которых показал, что с ростом размеров обнаженной поверхности в 2,3 раза интенсивность отраженной волны увеличивается на 25-30%.

Установлена идентичность зависимости увеличения интенсивности отраженной волны по данным моделирования и изменения л.н.с. по результатам производственных экспериментов от относительных размеров обнаженной поверхности. Это подтверждает участие энергии отраженных волн в разрушении породы, пропорциональное энергии волн сжатия, падающей на обнаженную поверхность.

Результаты этих исследований позволили рекомендовать принципиальные схемы расположения шпуров, рациональные типы врубов и другие параметры буровзрывных работ, значительно увеличивающие продвижение выработок за взрыв.

В четвертой главе рассматриваются возможности повышения эффективности буровзрывных работ за счет совершенствования управления действием взрыва путем установления оптимальных интервалов замедления при короткозамедленном взрывании (КЗВ) и рационального места расположения инициатора в шпуровом заряде ВВ.

Существующие методики расчета величины интервала замедления являются приемлемыми только для конкретных условий ведения взрывных работ. Поэтому нами были проведены исследования по определению оптимального интервала замедления при КЗВ с учетом физико-механических свойств солевых пород и линии наименьшего сопротивления (л.н.с.) между зарядами ВВ. Анализ свойств пород показал, что небольшие скорости смещения массива и образования трещин, невысокие упругие характеристики и повышенная пластичность калийных солей обуславливают более медленный процесс разрушения и отделения породы от массива по сравнению с разрушением крепких пород.

Методика исследования предусматривала бурение ряда шпуров, последовательно взрываемых на обнаженную плоскость. В экспериментах, при постоянном заряде ВВ и неизменных других параметрах взрыва, менялась л.н.с. от 0,25 до 0,85 м. В каждой серии взрывов, при заданной л.н.с., исследовались интервалы замедления 0, 5, 25, 50, 75, 100, 150, 250 и 500 мсек, а также 15 мсек в серии взрывов с л.н.с. 0,25 м. Всего было произведено 277 опытных взрывов. Исследуемый интервал замедления обеспечивался включением во взрывную сеть электронного прибора, а также электродетонаторами мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия.

В результате выявлены оптимальные интервалы замедления при различных л.н.с. между зарядами (рис.3). С увеличением л.н.с. от 0,25 до 0,85 м рациональный интервал замедления увеличивается с

15-25 до 100 мсек. Во всех случаях увеличение времени замедления больше оптимального существенного влияния на к.и.ш. не оказывает. Эти исследования подтвердили, что оптимальный интервал замедления зависит от свойств пород и л.н.с. между зарядами.

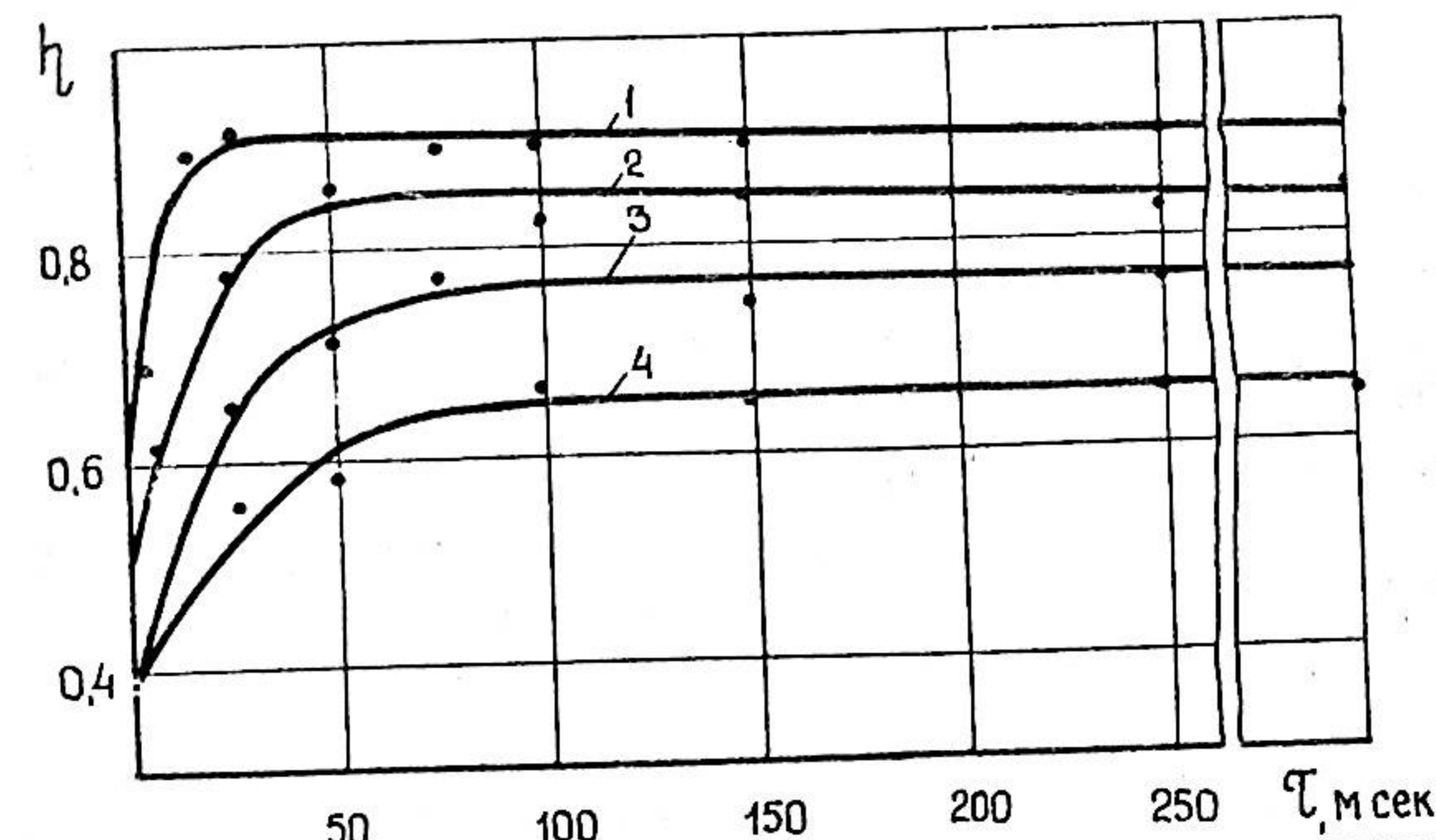


Рис.3. Зависимость к.и.ш. от интервала замедления при л.н.с. между шпурами 0,25 м (1), 0,45 (2), 0,65 (3) и 0,85 м (4)

Проверка интервалов замедления, установленных опытным путем, была произведена серией взрывов с полным комплектом шпуров. Результаты взрывов хорошо совпали с экспериментальными данными. В обоих случаях применение оптимального интервала замедления при заданной л.н.с. увеличило к.и.ш. в среднем на 16-18%.

В повышении эффективности взрывных работ управлением действия взрыва значительная роль отводится рациональному месту расположения патрона-боевика в шпуровом заряде, то есть прямому или обратному инициированию зарядов. Положительный эффект обратного инициирования объясняется обычно более полной детонацией ВВ, а также более длительным взаимодействием продуктов взрыва ВВ с породой. Однако нельзя не принимать во внимание различные условия формирования волн напряжений в породе при прямом и обратном инициировании.

При сравнении прямого и обратного инициирования для равноотстоящих от заряда ВВ точек на обнаженной поверхности и в массиве породы при прочих равных условиях количество энергии, проходящее через эти точки при взрыве ВВ, должно быть одинаковым. Однако ус-

ловия прохождения энергии через эти точки могут быть различными. При прямом инициировании меньшие значения амплитуд волн напряжений могут оказаться недостаточными для изменения упругих свойств породы и ее разрушения. Наоборот, при обратном инициировании кратковременное, но с большей амплитудой, действие волн напряжений будет способствовать более эффективному разрушению породы.

Описанная картина амплитудных характеристик подтверждается результатами эксперимента, проведенного в натурных условиях с помощью регистрирующей аппаратуры. Обработка данных осциллограмм показала, что амплитуда волн напряжения при выходе ее на обнаженную поверхность значительно больше при обратном, чем при прямом инициировании зарядов.

Изменение амплитудных характеристик волн напряжений может быть описано аналитически через относительные скорости смещения. Рассматривался наиболее распространенный в практике случай, при котором скорости волн напряжений v несколько больше скорости волн детонации v_d (аналогично условиям при взрывании в калийных породах). Нами показано, что скорость смещения массива U'_q в точке на обнаженной поверхности, находящейся на расстоянии δ от устья шпура, при прямом инициировании определяется из выражения

$$U'_{qn} = \frac{e^{-\alpha \sqrt{v_d^2 t^2 + \delta^2}}}{\sqrt{v_d^2 t^2 + \delta^2} + \frac{v_d^2 t}{v}}, \quad (2)$$

а при обратном

$$U_{qo} = \frac{e^{-\alpha \sqrt{(l-v_d t)^2 + \delta^2}}}{\sqrt{(l-v_d t)^2 + \delta^2} - \frac{v_d}{v} (l-v_d t)}, \quad (3)$$

где e — основание натурального логарифма;
 α — коэффициент затухания;
 t — время;
 l — длина шпура.

Сравнивая уравнения (2) и (3), нетрудно прийти к выводу, что обратное инициирование приводит к увеличению интенсивности волн напряжений при выходе их на обнаженную поверхность.

На основании анализа уравнений (2) и (3) установлено, что при обратном инициировании скорость смещения среды вблизи обнаженной поверхности не постоянна по времени и имеет максимум, абсолютное значение которого изменяется в зависимости от расстояния до источника взрыва. Выявлено также, что в области, прилегающей к забою шпуров, интенсивность волн напряжений значительно ниже при обратном инициировании, чем при прямом. Эти особенности формирования волн взрыва могут найти применение при конструировании врубов. Для повышения эффективности энергии взрыва шпуровых зарядов вруба и более равномерного разрушения породы целесообразно совместное использование прямого и обратного способов инициирования зарядов ВВ в различных шпурах.

Рассмотренная выше качественная картина, показывающая возможность повышения эффективности взрыва за счет более рационального расположения патрона-боевика в шпуровом заряде, была подтверждена при взрывании шпуров в натурных условиях. Так, с удалением точки инициирования от начала заряда на 1,3 м, к.и.ш. увеличивается в среднем на 18%. Эффективность обратного инициирования повышается с увеличением глубины шпуров, а следовательно, и длины заряда ВВ. С увеличением длины заряда с 1,3 до 2,85 м и обратном их инициировании, достигается повышение к.и.ш. на 10% (рис.4).

Пятая глава посвящена вопросам практического использования результатов исследований при проведении выработок в солевых породах. Опытнo-промышленное внедрение производилось в забоях рудника Первого Березниковского калийного рудоуправления и Индёрского месторождения.

Рекомендованные параметры буровзрывных работ с наклонным врубом позволили снизить удельный расход ВВ и объем бурения

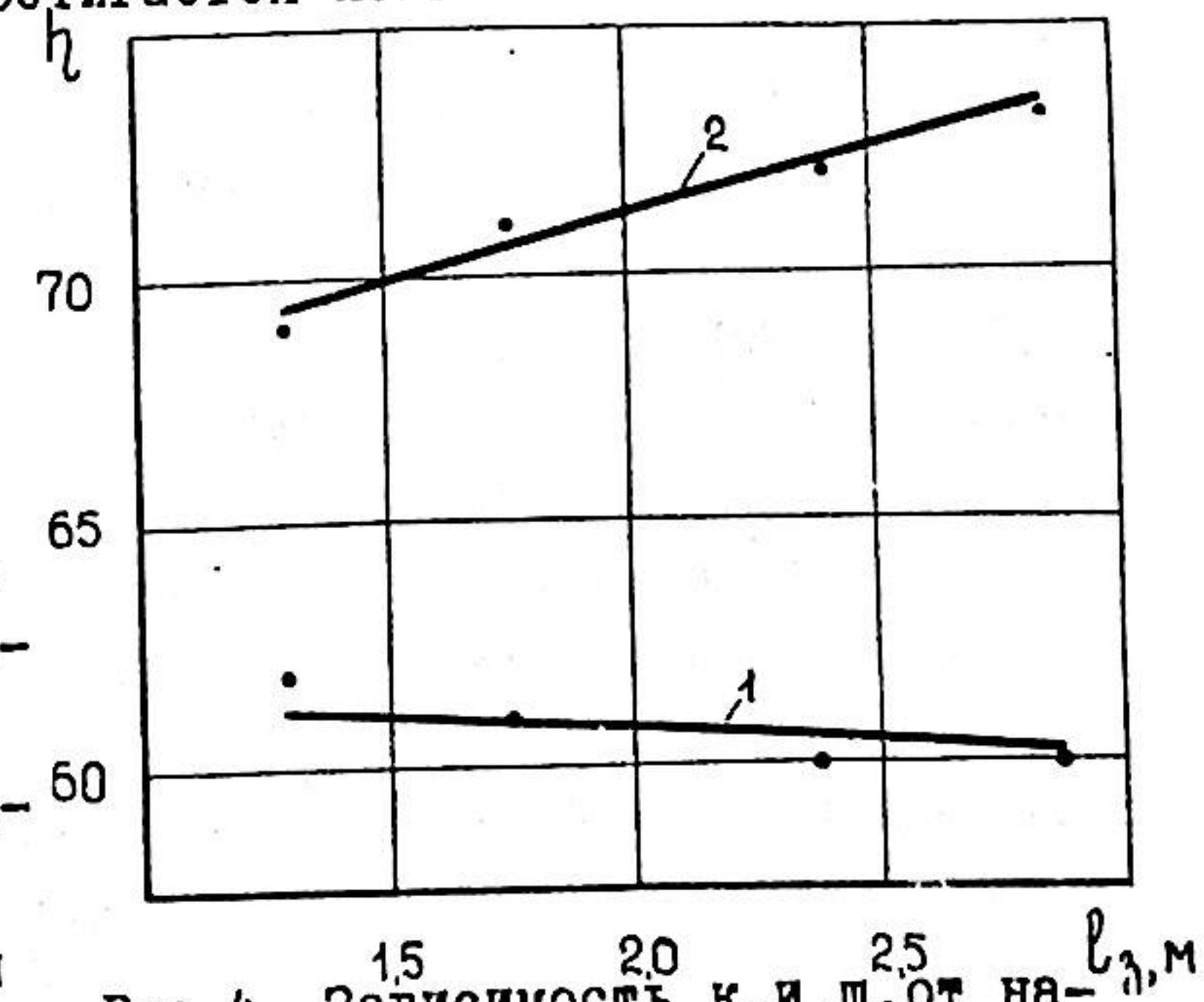


Рис.4. Зависимость к.и.ш. от направления инициирования и длины шпурового заряда: 1 — прямое инициирование; 2 — обратное

в среднем на 24%. При этом подвигание выработок за взрыв увеличилось с 1,55 до 1,65 м, а производительность труда проходчика возросла на 10%.

Из прямых врубов наиболее рациональной является разработанная для данных условий схема с цилиндрическим врубом с одним центральным заряжаемым шпуром. При взрыве центрального шпура образуются скважина диаметром 160-200 мм за счет смещения массива в полости 10-15 незаряжаемых шпуров, располагаемых по окружности вокруг центрального. Этот вруб был внедрен при проведении выработок небольшого сечения и дал среднее подвигание забоев за взрыв 2,5 м. Производительность труда проходчика возросла с 0,62 до 0,88 м в смену. Однако, по сравнению с наклонными врубами, наблюдался рост удельного расхода ВВ и объема бурения соответственно, до 2,44 кг/м³ и 4,85 м/м³. Для точного обурирования вруба и увеличения средней скорости бурения был сконструирован специальный шаблон.

Результаты исследований позволили рекомендовать схему расположения шпуров в забое, их количество, расход ВВ и другие параметры буровзрывных работ при проведении выработок на Индерском месторождении. Внедрение этих рекомендаций снизило стоимость проведения выработок и увеличило скорость их подвигания на 20%, а годовой экономический эффект составил 50 тыс. рублей.

Опытно-промышленное внедрение рекомендуемых интервалов замедления между зарядами ВВ при взрывании на руднике БКРУ-I повысило производительность труда проходчика на 13%, снизило удельный расход ВВ и объем бурения в среднем на 15%, а стоимость проведения одного метра выработки - на 16%. Взрывание зарядов ВВ с обратным инициированием при проведении выемочного штрека по сильвинитовому пласту Кр.П повысило подвигание забоя за взрыв при одновременном улучшении основных технико-экономических показателей буровзрывных работ на 20%.

Оптимальная глубина шпуров (соответствующая минимальным трудовым затратам) устанавливалась на основании анализа данных хронометражных наблюдений. Относительное (приходящееся на 1 м выработки) изменение времени заряжания, взрывания, уборки породы, проветривания и подготовительно-заключительных процессов с увеличением глубины шпуров уменьшается, а бурения - повышается. Установленные зависимости относительного изменения времени процессов

проходческого цикла позволили определить оптимальную глубину комплекта шпуров при различных методах отбойки.

При проведении выработок методом шпуровой отбойки оптимальная глубина шпуров находится в пределах 2,5-2,6 м (рис.5), при использовании врубовых скважин она изменяется в зависимости от диаметра скважин. При применении скважин небольшого диаметра (до 160 мм) оптимальная глубина шпуров равна в среднем 3 м (рис.6), при скважинах диаметром 215 мм - 4 м, а при скважинах 420 и 500 мм - находятся в пределах 5 м и более.

Исследована зависимость рациональности применения шпурового метода отбойки и метода с использованием врубовых скважин различного диаметра от увеличения глубины шпуров по критерию трудоемкости процесса бурения (рис.7). Оптимальным считался тот комплект шпуров (со скважиной определенного диаметра или без нее), удельное время бурения которого минимальное. Исследования показали, что по критерию трудоемкости при глубине шпуров 2 м целесообразно применять комплекты шпуров без врубовых скважин, при глубине шпуров 3 м - с врубовой скважиной диаметром 160 мм, при 4 м - со скважиной диаметром 215 мм, при 5 м - с диаметром 420 мм.

Разработана методика расчета средне-технической скорости бурения врубовых скважин, при которой их применение становится рациональным. При организации работ без совмещения бурения комплекта шпуров и скважины, необходимая скорость бурения $V_{ск}$ равна:

$$V_{ск} = \frac{1}{(\Delta T'_{цикл} - \Delta t'_{ок} - K_3 T'_{цикл}) 2,1}, \text{ м/мин.} \quad (4)$$

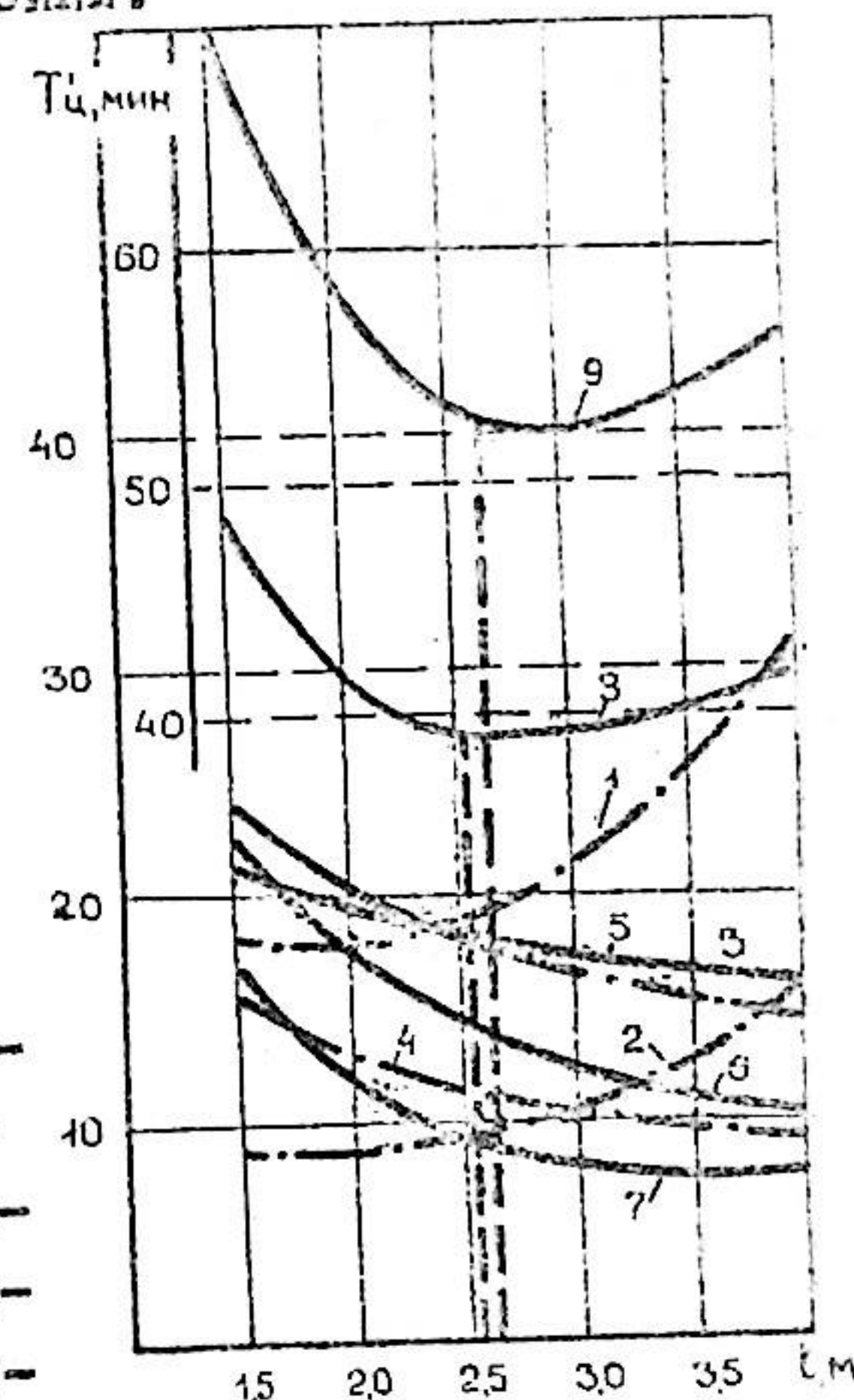


Рис.5. Оптимальная глубина шпуров, определяемая по данным исследований методом шпуровой отбойки. 1,2 - бурение при одном и двух бурильщиках; 3,4 - заряжание и взрывание при одном и двух заряжающих; 6 - подготовительно-заключительные и вспомогательные процессы; 7 - проветривание; 8 - суммарная кривая по зависимостям 2,4,5,6,7; 9 - суммарная кривая по зависимостям 1,3,5,6,7

где $\Delta T'_{\text{цикл}}$ - экономия времени в цикле, отнесенная к 1 м пройденной выработки, мин/м;
 $\Delta t'_{\text{ок}}$ - время бурения дополнительного количества шпуров, мин/м;
 Q_1 - к.и.ш. при использовании врубных скважин;
 $T'_{\text{цикл}}$ - затраты времени на проходческий цикл при начальной глубине шпуров, отнесенные на 1 м выработки, мин/м;
 K_3 - относительный коэффициент трудоемкости использования комплекта шпуров со скважинами

$$K_3 = \frac{\Delta T'_{\text{цикл}} - \Delta t'_{\text{ок}}}{T'_{\text{цикл}}}$$

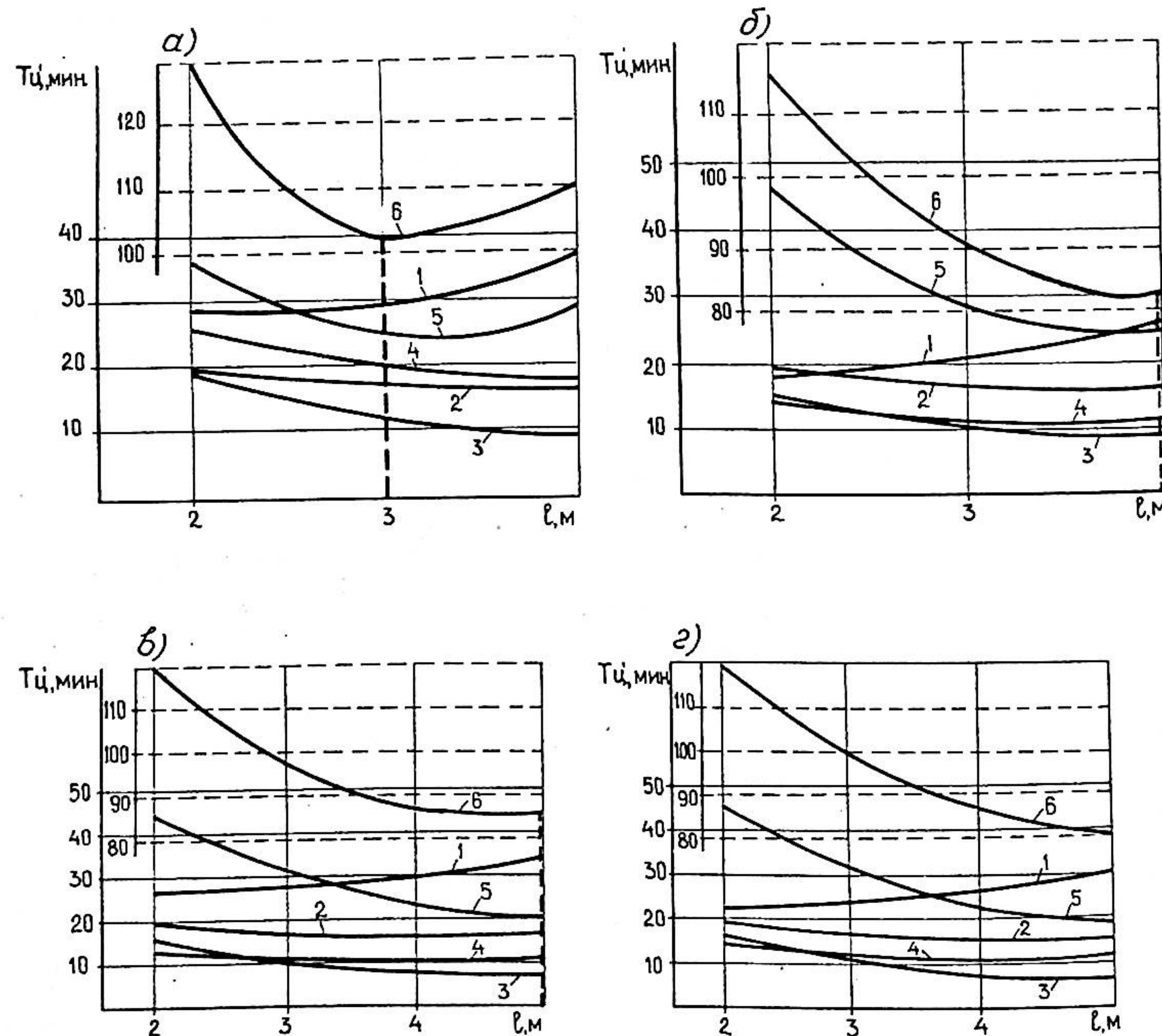


Рис.6. Оптимальная глубина шпуров, определяемая по данным исследований комплектов шпуров со скважинами диаметром 160 мм (а), 215 мм (б), 420 мм (в), 500 мм (г): 1 - бурение; 2 - скреперование; 3 - проветривание; 4 - зарядание и взрывание; 5 - подготовительно-заключительные и вспомогательные процессы; 6 - суммарная кривая по зависимостям 1,2,3,4,5

При частичном совмещении процесса бурения скважины и комплекта шпуров средняя скорость бурения скважин определяется выражением:

$$V_3 = \frac{V_2}{N - \Delta N}, \text{ м/мин, (5)}$$

где V_2 - средняя скорость бурения комплекта шпуров, определяемая с учетом времени на вспомогательные процессы, м/мин;

N - число шпуров в комплекте;

ΔN - число шпуров, пробуриваемых без совмещения во времени с бурением скважины.

При внедрении всех рекомендаций по совершенствованию буровзрывных работ при проведении выработок в солевых породах ожидаемый экономический эффект составит более 200 тыс.рублей в год, стоимость проведения выработок снизится на 25-30%, а производительность труда проходчиков повысится на 25-40%.

ВЫВОДЫ

1. В условиях проведения выработок в солевых породах исследованы параметры комплектов шпуров при методе шпуровой отбойки с наклонными и прямыми врубами в результате чего рекомендованы схемы расположения шпуров, рациональные врубы и методы, обеспечивающие максимальный к.и.ш. и уменьшение трудоемкости буровзрывных работ. Установлена зависимость изменения удельного расхода ВВ и объема бурения с увеличением глубины шпуров, которая сохраняется при проведении выработок различного сечения.

2. Впервые в широком диапазоне (по диаметру скважин и глубине шпуров) проведены исследования с применением незаряжаемых врубовых

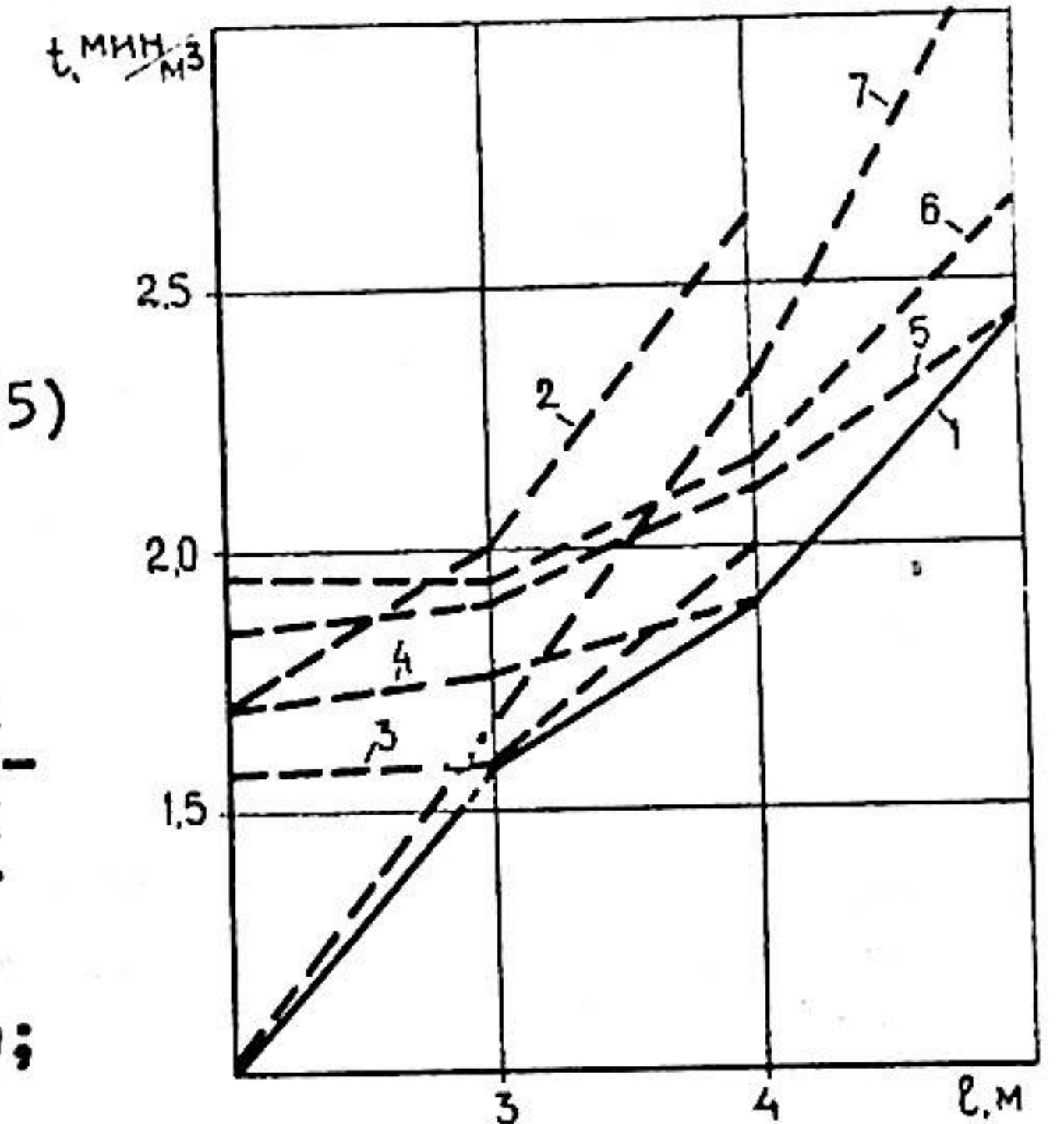


Рис.7. Зависимость удельной трудоемкости от глубины комплекта шпуров: 1 - граничная кривая области рационального применения скважин различного диаметра; 2,3,4,5,6 - удельная трудоемкость по бурению комплектов шпуров со скважинами диаметром соответственно, 80, 160, 215, 420, 500 мм

скважин различного диаметра и установлены закономерности изменения удельного расхода ВВ и объема бурения от увеличения глубины комплекта шпуров с 2 до 5 м. Выявлено, что с ростом диаметра скважины с 80 до 500 мм при постоянной глубине шпуров происходит улучшение этих показателей на 30-55%. Применение скважин увеличивает подвигание забоев за взрыв и снижает стоимость проведения выработки по сравнению со шпуровой отбойкой на 25-30%.

3. Определены оптимальное расстояние первого шпура от стенки скважины, величина заряда ВВ, его конструкция, расстояние между шпурами, их взаимное расположение во врубе и в комплекте. На основании этого рекомендуются наиболее рациональные параметры конструкции вруба при использовании скважин различного диаметра и различной глубины комплекта шпуров.

4. В результате исследований рекомендованы методики определения исходных данных (рациональные диаметры скважин и скорости бурения), которые могут быть использованы при проектировании буровых машин.

5. Разработаны методики исследования оптимального интервала замедления при КЗВ и влияния местоположения инициатора в заряде ВВ на эффект взрыва в производственных условиях. Установлены рациональные интервалы замедления между зарядами ВВ при их взрывании в солевых породах с различными л.н.с. Выявлено, что более совершенное управление действием взрыва улучшает технико-экономические показатели на 15-20%.

Теоретически рассмотрены некоторые вопросы механизма разрушения горных пород взрывом при прямом и обратном инициировании шпуровых зарядов.

6. Предложена методика по определению влияния ограниченной обнаженной поверхности (скважины) различного диаметра на разрушение породы взрывом и обоснована закономерность ее использования при проведении этих исследований. Установлено, что кривизна обнаженной поверхности влияет на формирование участвующих в разрушении отраженных волн взрыва. С ее увеличением максимальные растягивающие напряжения в массиве значительно возрастают.

7. Экономический эффект от внедрения рекомендаций по совершенствованию буровзрывных работ при проведении выработок в солевых породах составляет более 100 тыс. рублей в год.

8. Результаты исследований могут быть использованы на калийных рудниках и при проведении выработок по породам с аналогичными свойствами, а также конструкторскими и проектными организациями.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Использование сейсмо-акустических методов исследования при моделировании. Сб. "Совершенствование разработки месторождений Западного Урала", № 30, Пермь, 1967 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Зильбершмидтом В.Г.).

2. Исследование скорости прохождения продольных волн в калийных солях. Тезисы докладов Всесоюзной межвузовской научной конференции с участием научно-исследовательских институтов. М., 1967 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

3. Расчет оптимального проходческого цикла по хронометражным данным практики. Сб. "Вопросы технологии добычи полезных ископаемых и прочность горных пород", № 32, Пермь, 1968 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

4. Особенности взрывания зарядов глубоких шпуров на одну обнаженную плоскость в пластичных породах Верхнекамского месторождения калийных солей. Сб. "Вопросы технологии добычи полезных ископаемых и прочность горных пород", № 32, Пермь, 1968 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

5. Использование ЭВМ для анализа проходческого цикла "Изв. вузов. Горный журнал" № 8, 1968 (в соавторстве с Лыхиним П.А. и Черепановым Ю.А.).

6. Зависимость удельного расхода шпурометров от глубины заложения заряда ВВ и его величины при мелкошпуровом бурении и использовании врубовой скважины. "Изв. вузов. Горный журнал", № 2, 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Зильбершмидтом В.Г., Макаровым Н.И.).

7. Влияние удаления зарядной камеры от ограниченной обнаженной поверхности на параметры взрыва. Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции вузов СССР с участием научно-исследовательских институтов. М., 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Зильбершмидтом В.Г., Артемовым В.Г.).

8. Врубные скважины при проведении горизонтальных выработок в солевых породах. "Шахтное строительство", № 6, 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

9. Эффективность использования машин по бурению опережающих скважин. ЦНИИТЭИугля, сб. "Проектирование и строительство угольных предприятий", № 3 (123), М., 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

10. Определение оптимальных замедлений взрывания в пластичных породах Верхнекамского месторождения. Инф.бюллетень "Промышленность горнохимического сырья и природных солей". вып. I, М., 1969 (в соавторстве с Петровым Н.Г., Лыхиним П.А.).

11. Расстояние первого шпура от врубовой скважины. Сб. "Совершенствование разработки месторождений Западного Урала" № 60, Пермь, 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Сивковым Е.С.).

12. Интенсификация проведения подготовительных горных выработок буровзрывным способом на калийных рудниках. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции молодых геологов (краткие сообщения). Изд-во "Химия", Л., 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

13. Влияние взрыва на прочность солевых пород. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции молодых геологов (краткие сообщения). Изд-во "Химия", Л., 1969 (в соавторстве с Артемовым В.Г., Зильбершмидтом В.Г., Лыхиним П.А.).

14. Опытное определение оптимального интервала КЗВ в солевых породах. Материалы Всесоюзной научно-технической конференции молодых геологов (краткие сообщения). Изд-во "Химия", Л., 1969 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Зильбершмидтом В.Г.).

15. Динамическая прочность массива горных пород. "Изв. вузов. Горный журнал", № I, 1970 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Артемовым В.Г. и Зильбершмидтом В.Г.).

16. Оценка степени разрушения массива при взрывании величиной электрических параметров. "Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых", № I, Новосибирск, 1970 (в соавторстве с Артемовым В.Г., Зильбершмидтом В.Г., Лыхиним П.А.).

17. Опытное определение оптимального интервала замедления. "Горный журнал", № 8, 1970 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Зильбершмидтом В.Г., Папковым И.П.).

18. Технологическая оценка машин для изготовления врубовых скважин и щелей при проведении горных выработок. Сб. "Технология

и безопасность горных работ", № 68, Пермь, 1970 (в соавторстве с Лыхиним П.А.).

19. Л.н.с. удлиненного цилиндрического заряда как функции сопротивления разрушению горной породы на контуре ограниченной обнаженной поверхности и в массиве. Сб. "Технология и безопасность горных работ" № 68, Пермь, 1970 (в соавторстве с Лыхиним П.А., Артемовым В.Г.).

20. Использование врубовых скважин малого диаметра при проведении выработок на калийных рудниках. Сб. "Исследование по вопросам горного дела", № 104, Пермь, 1971 (в соавторстве с Зильбершмидтом В.Г. и Папковым И.П.).