

6  
А-30

Кузбасский политехнический институт

На правах рукописи

А. А. ВАЖЕНИН

Специальность  
172  
Горные  
машины

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
И СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ  
РАЗБУЧИВАНИЯ  
УГЛЕСПУСКНЫХ  
ПЕЧЕЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ  
КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Кемерово 1969

Р С Ф С Р

Министерство высшего и среднего специального образования  
Кузбасский политехнический институт

На правах рукописи

А. А. ВАЛЕНИН

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ СРЕДСТВ РАЗБУЧИВАНИЯ  
УГЛЕСПУСКИХ ПЕЧЕЙ ПРИ ОТРАБОТКЕ  
КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ

Специальность 172 Горные машины

Автореферат диссертации на соискание  
ученой степени кандидата  
технических наук

КЕМЕРОВО 1969

Работа выполнена в Кузбасском политехническом институте,  
промышленные испытания проведены на шахте № 4-6, "Ягуновская",  
"Зиминка-Капитальная" комбината "Кузбассуголь".

Научный руководитель:

канд. техн. наук, доц. П.М.Овсянников.

Официальные оппоненты:

профессор, доктор технических наук

профессор

В.С.МУЧНИК

П.И.КОКОРИН

Ведущее предприятия - Управление Кузнецкого округа Гос-  
гортехнадзора СССР и ордена Ленина комбинат Кузбассуголь.

Автореферат разослан 17 апреля 1969 г.

Защита диссертации состоится в конце мая 1969 г.

Просьба Ваши отзывы в двух экземплярах, заверенных пе-  
чатью учреждений, направлять в Ученый Совет Кузбасского поли-  
технического института ( г. Кемерово- 26, Весенняя, 28).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

В пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР, принятом XIII съездом КПСС, перед угольной промышленностью поставлена задача увеличить добычу угля в 1970 г. по сравнению с 1965 г. в 1,3 раза. Большая роль в увеличении угледобычи в Кузбассе отводится Прокопьевско-Киселевскому району, который является основным поставщиком коксующихся углей, обеспечивая по комбинату Кузбассуголь около 40% всей их добычи.

В настоящее время в указанном районе Кузбасса в основном применяются две системы разработки — длинные столбы по простиранию и щитовая. При этом около половины угля в Прокопьевско-Киселевском районе добывается с помощью щитов, а на некоторых шахтах (№ 4-6, № 13, "Дальние горы", "Зиминка-Капитальная" и др.) объем добычи из-под щитов составляет 80-90%. Анализ показывает, что щитовая система разработки в перспективе также будет занимать ведущее место.

Широкое применение щитовой системы разработки обуславливается высокой производительностью труда рабочего очистного забоя (12-15 т на выход) и низкой себестоимостью добычи (0,8 - 1,2 руб/т.). Щитовая система разработки отличается простотой конструкции, что ускоряет ее освоение, относительно малым объемом подготовительных и нарезных работ, а также малым расходом лесоматериалов.

Крупным недостатком щитовой системы является то, что в процессе выемки угля из-под щита происходят частые забучивания углеспускных печей, которые приводят к простоям и значительному снижению производительности очистных забоев. При ликвидации

забучиваний известными способами наблюдаются частые случаи производственного травматизма.

Поэтому создание более совершенных и безопасных способов уотранения зависших пробок в углеспускных печах является своеобразным и очень важным вопросом совершенствования технологии щитовой системы разработки.

Предлагаемая диссертационная работа и посвящается теоретическому и экспериментальному исследованию нового наиболее безопасного способа разбучивания углеспускных печей при разработке крутопадающих пластов щитовым способом в шахтах опасных по газу и пыли.

Диссертационная работа содержит 130 страниц машинописного текста и 43 рисунка и состоит из 4-х глав, заключения и пяти приложений.

## Г л а в а I

### СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА РАЗРАБОТКИ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ ЩИТОВЫМ СПОСОБОМ И АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ РАЗБУЧИВАНИЯ НА ШАХТАХ КУЗБАССА

В настоящее время благодаря большому разнообразию конструкции щитовых перекрытий область применения последних в условиях Кузбасса значительно расширена. На ряде шахт с помощью специальных конструкций щитовых перекрытий ведется отработка угольных пластов с углом падения  $50^{\circ}$ - $45^{\circ}$ .

Но при всем разнообразии конструкций щитовых перекрытий технология выемки под ними остается принципиально одинаковой и

как правило сводится к массовому взрыву угля под перекрытием и последующему спуску через углеспускные печи. Так, например, по 4 углеспускным печам в течение 4-5 секунд перепускается до 100 тонн угля.

Это обстоятельство вызывает в свою очередь систематическое забучивание углеспускных печей, которые в настоящее время следует считать неотъемлемой частью щитовой системы разработки.

В многолетней практике применения щитовой системы разработки в Прокопьевско-Киселевском районе известны следующие способы ликвидации завесаний в углеспускных печах.

1. Разрушение зависшего свода с помощью длинных ломов или составных деревянных реек. Данный способ нашел широкое применение в тех случаях, когда зависший свод находится на небольшой высоте от параллельного штрека (5-10 м), и стенки углеспускной печи не размыты, поскольку по размытым стенкам практически невозможно поднять длинную рейку на большую высоту.

Существенным недостатком данного способа является то, что в процессе разбучивания горнорабочие находятся непосредственно над неперекрытой скважиной с зависшим сводом, а это часто приводит к травматизму.

2. Проведение дополнительной выработки (сбойки) из ходовой печи к зависшему своду. Дополнительные выработки проводятся в том случае, когда зависший свод находится на большой высоте (30 - 40 м) от параллельного штрека или прочность свода такова, что свод не поддается разрушению с помощью длинных реек.

Данный способ является более надежным и безопасным по сравнению с предыдущим, но требует много времени и средств на проходку дополнительных выработок.

3. Ликвидация зависшего свода протягиванием каната с "ершом". Протягивание каната с "ершом" через зависший свод, по мнению авторов, должно быть нарушить устойчивость последнего и ликвидировать угольную пробку. Однако, испытания не дали положительных результатов.

4. Разрушение зависших пробок с помощью накладных зарядов. В 1965-66 году работниками лаборатории ВзрывПЭУ комбината Кузбассуголь был предложен способ разбучивания углеспускных печей с использованием в качестве накладных зарядов высокопредохранительного ВВ типа угленит - Н.

Недостатком данного способа разбучивания является сложность доставки заряда ВМ под свод образовавшейся пробки, особенно если стенки углеспускной печи размыты.

Вторым недостатком является то, что вместо рекомендуемого ВМ типа угленит, в виду его низкой работоспособности, очень часто применяют обычные аммиачно-селитренные ВМ типа аммонит.

5. Ликвидация завесаний рудной массы на негазовых рудниках и открытых карьерах с использованием стреляющих систем.

В 1960 г. Раменским отделением ВНИИгеофизики были выполнены научно-исследовательские работы по созданию стреляющей системы <sup>для</sup> ликвидации завесаний. Первоначально был избран вариант безоткатного орудия, стреляющего стальной или свинцовой болванкой с использованием дымного пороха в качестве метательного заряда.

Следует отметить, что данный способ является надежным и эффективным, но область его применения ограничена. Гранатомет или подобное ему стреляющее устройство могут применяться только на негазовых рудниках или на карьерах. Наличие открытого пламени

в момент выстрела и взрыва, тем более под куполом зависшего свода, по условиям безопасности делает его недопустимым к применению в шахтах, опасных по газу и угольной пыли.

6. Ликвидация зависшей пробки с помощью буровой машины.

Ликвидация зависшей пробки при использовании буровой машины осуществляется следующим образом. Буровая машина устанавливается под забученной скважиной и производится как обычное бурение прямым ходом.

Данный способ является довольно трудоемким и поэтому не нашел широкого применения.

7. В последнее время для ликвидации зависаний в восстающих выработках научными сотрудниками ИГД СО АН СССР разработан специальный пневматический снаряд, способный перемещаться по направляющему канату. Источником энергии для перемещения снаряда к зависшей пробке и создания вибрации служит сжатый воздух давлением 3 - 5 кг/см<sup>2</sup>. Безусловно, данный способ является безопасным, но область его применения ограничена только теми забоями, где имеется сжатый воздух.

Анализ существующих способов разбучивания углеспускных печей показал, что все они являются трудоемкими и крайне несовершенными. Отсутствие эффективного и безопасного способа разбучивания обуславливает применение забойщиками недозволенных и опасных приемов, что иногда приводит к тяжелым последствиям.

Исследования причин производственного травматизма при щитовой системе разработки, проведенные за последнее десятилетие (1958 - 1968 годы) показывают, что 10,5% от общего числа травматизма происходит по причине отсутствия наиболее безопасных способов разбучивания.

Таблица I

Причины производственного травматизма при щитовой системе разработки

| Причины производственного травматизма         | Производственный травматизм, % |                            |          |                       |
|---|--------------------------------|----------------------------|----------|-----------------------|
|   | очистные выработки             | подготовительные выработки | рассечка | по системе разработки |
| Обрушение и падение кусков угля и породы..... | 24,0                           | 21,0                       | 50,5     | 27,0                  |
| Падение.....                                  |                                |                            |          |                       |
| людей в выработки...                          | 20,0                           | 26,0                       | 26,5     | 23,8                  |
| предметов.....                                | 2,5                            | 7,0                        | -        | 3,8                   |
| Взрывные работы.....                          | 21,0                           | 17,0                       | 4,0      | 16,8                  |
| Разбучивание печей.....                       | 10,5                           | 6,0                        | 2,5      | 7,4                   |
| Доставка леса.....                            | -                              | 10,5                       | 6,5      | 5,4                   |
| Самопосадка щита.....                         | 15,5                           | -                          | -        | 6,4                   |
| Прорыв породы.....                            | 5,0                            | -                          | -        | 2,0                   |
| Прочие.....                                   | 1,5                            | 12,5                       | 10,0     | 7,4                   |
| Всего...                                      | 100,0                          | 100,0                      | 100,0    | 100,0                 |
| Итого по системе разработки                   | 41,4                           | 42,8                       | 15,8     | 100,0                 |

Анализ показывает, что наибольшее число несчастных случаев происходит по причине применения для разрушения сводов в печах накладных зарядов, и длинных ломов или реек. Поэтому дальнейшее совершенствование щитовой системы разработки и снижение травматизма, связано с созданием более эффективных и безопасных средств разбучивания углеспускных печей.

В диссертационной работе обосновывается, что наиболее эффективным средством разбучивания углеспускных печей является рудничная пушка в специальном исполнении, техническая характеристика которой позволяет применить ее в условиях шахт, опасных по газу и пыли. Разработка конструкции, теоретические исследования возможностей применения предложенной пушки, выбор и обоснование метательного заряда, а так же ее экспериментальная и промышленная проверка явились основными задачами диссертационной работы.

Для решения поставленных задач в работе использованы следующие методы исследования:

1. Анализ и обобщение опыта борьбы с зависанием горной массы в восстающих выработках.
2. Изучение и критический анализ существующей литературы по теме исследования.
3. Аналитические исследования предлагаемой рудничной взрывобезопасной пушки.
4. Экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях.

## Г л а в а II

### НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО УСТОЙЧИВОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ ГОРНОЙ МАССЫ ПО ВОССТАЮЩИМ ВЫРАБОТКАМ, ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ МЕТАТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ДЛЯ РУДНИЧНОЙ ПУШКИ

Исследования, проводимые в целях определения рациональных сечений восстающих выработок, обеспечивающих устойчивый характер истечения горной массы, отражены в работах К.В. Алферова, М.И. Агоцкова, Н.Г. Дубнина, Д.Л. Тартаковского и др.

В зависимости от крупности кусков и физико-механических свойств сыпучего материала поперечный размер восстающей выработки может быть определен по целому ряду формул, которые приведены в работе.

Анализ показал, что для обеспечения устойчивой проходимости отбитой горной массы в результате массового взрыва диаметр углеспускной печи должен быть не менее 1800-2000 мм.

Но осуществляемая в настоящее время буровая техника не всегда позволяет пробурить скважины диаметром более 1000 мм. С другой стороны многолетняя практика щитовой системы отработки показала, что даже при диаметре 850-600 мм углеспускные печи в слабых суглях в процессе эксплуатации очень быстро "размываются", что в конечном счете приводит к аварии щитового забоя.

Поэтому при отработке слабых нарушенных пластов в ущерб нормальной проходимости потока, но с целью предотвращения преждевременного "размыва", вынуждены часто бурить углеспускные печи диаметром не более 500 мм.

Таким образом, как по техническим возможностям бурения, так и по условиям устойчивости, углеспускные печи диаметром (500-850 мм), получившие широкое применение, не обеспечивают устойчивого характера истечения угольной массы при существующей технологии выемки угля, поэтому, как уже отмечалось, для обеспечения бесперебойной работы щитовых забоев необходимо создание более эффективных средств разбучивания.

Вероятность сводообразования и его устойчивость в углеспускной печи зависит от физико-механических свойств сыпучей горной массы - влажности, гранулометрического состава и коэффициента внутреннего трения.

В работе обобщаются некоторые сведения по теории сводообразования, с целью обоснования способа разрушения свода.

Так, экспериментальные исследования по выявлению характера распространения бокового и вертикального давлений на стенке углеспускной печи показывают, что приращение усилий распространяется только до глубины засыпки равной 5-6 диаметрам и дальше компенсируется силами внутреннего трения сыпучего материала. Это обстоятельство говорит о том, что прочность и устойчивость зависшей пробки определяется высотой засыпки материала не более 5-6 метров, следовательно и усилие, необходимое для разрушения свода, зависит только от данной высоты пробки.

Выполненные расчеты позволили определить кинетическую энергию, необходимую для разрушения зависшей пробки в углеспускной печи забученной при самых неблагоприятных условиях. Так, например, для разрушения породной плиты с размером сторон в поперечнике 20 x 50 см, находящейся в основании зависшей пробки при применении стреляющего устройства летящий снаряд-болванка должен обладать кинетической энергией не менее 1800 ктм.

Как уже отмечалось, разрушение зависших пробок с использованием стреляющих систем является наиболее перспективным способом. Возможность применения стреляющей системы - рудничной пушки на шахтах Прокопьевско-Киселевского района определяется следующим условием - рудничная пушка и метательный заряд прежде всего должны быть взрывобезопасными. Однако, применение известных стреляющих устройств, в которых в качестве метательного заряда используется порох, в шахтах опасных по газу и пыли считается недопустимым.

При выборе и обосновании типа метательного заряда для рудничной пушки особый интерес представляет беспламенный взрывчатый материал типа "Гидрокс". Сущность беспламенного взрыва заключается в том, что превращение потенциальной энергии заряда в полезную работу происходит без образования пламени и высокой температуры. При взрыве в постоянном объеме заряд "Гидрокс" способен развить давление до двух-трех тысяч атмосфер.

Как показали экспериментальные исследования, данное давление газов при взрыве способно сообщить снаряду-болванке кинетическую энергию необходимую для разрушения породных негабаритов с размерами сторон 20 см x 50 см.

Учитывая стесненность подземных горных выработок, а также то обстоятельство, что при разбучивании рудничная пушка будет находиться в зоне потока горной массы, конструкция пушки должна быть компактна и обладать высокой механической прочностью.

### Г л а в а III

#### РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРЕННЕГО ПРОЦЕССА ГАЗООБРАЗОВАНИЯ В РУДНИЧНОЙ ПУШКЕ ПРИ ВЫСТРЕЛЕ С ПОМОЩЬЮ ЗАРЯДА "ГИДРОКС"

Принципиальное отличие работы заряда "Гидрокс" от пороховых зарядов, заключающееся в том, что химическая реакция или взрыв происходит только в постоянном и герметически замкнутом объеме, обуславливает необходимость проведения теоретических исследований внутреннего процесса газообразования в зарядной камере пушки.



Превращение химической энергии твердого порошка ВМ "Гидрокс" в тепловую, а затем в кинетическую энергию позволяет нам при исследовании процесса выстрела воспользоваться основными уравнениями для реальных газов. Следовательно, давление газор заряда "Гидрокс" в постоянном объеме может быть выражено уравнением в общем виде

$$P = \frac{RT}{\omega - \epsilon} \quad (1)$$

где  $R$  - газовая постоянная заряда "Гидрокс";  
 $T$  - температура горения;  
 $\omega$  - удельный объем газов заряда;  
 $\epsilon$  - объем твердых остатков, получающиеся при сгорании ВМ.

Максимальное давление газов в зарядной камере, с учетом энергетической характеристики ВМ и плотности заряжания может быть определено по формуле

$$P = \frac{f \Delta}{1 - L \Delta} \quad (2)$$

где  $f$  - сила ВМ,  
 $\Delta$  - плотность заряжания,  
 $L$  - объем газовых молекул заряда (коволем).

В результате теоретических исследований внутреннего процесса газобразования получено уравнение давления газов на промежуточный момент выстрела, т.е. когда прореагировала только часть заряда  $\psi$  "Гидрокс".

$$P_{\psi} = \frac{f \omega \psi}{W_0 - \frac{\omega}{\delta} - \omega \left( L - \frac{1}{\delta} \right) \psi} \quad (3)$$

где  $\omega$  - вес заряда, ВМ;  
 $\omega \psi$  - сгоревшая часть заряда;  
 $W_0$  - объем зарядной камеры;  
 $\delta$  - плотность ВМ "Гидрокс".

Анализируя знаменатель формулы (3), можем отметить, что свободный объем зарядной камеры увеличивается за счет освобождения пространства от сгорания ВМ заряда на величину  $\frac{\omega}{\delta} \psi$  и уменьшается на величину  $L \omega \psi$ , вследствие прибавления объема молекул образовавшегося газа. Следовательно, свободный объем зарядной камеры по мере горения ВМ "Гидрокс" убывает, в объеме становится "теснее", так как объем газовых молекул больше, чем объем молекул порошкообразного ВМ. Такой объемный "дефект" и обуславливает непропорциональность между темпами роста давления и приращением объема за счет сгоревшей части заряда. Как будет отмечено ниже, данная непропорциональность нашла полное подтверждение при экспериментальном исследовании процесса выстрела с использованием заряда "Гидрокс" в рудничной пушке.

Поскольку при выстреле происходит преобразование потенциальной энергии заряда в механическую работу, то основная зависимость между энергией заряда ВМ и внешней работой, совершаемой газами может быть выражена первым законом термодинамики.

При выводе уравнения считаем, что к моменту разрушения накопительной пробки прореагировал весь заряд и выделилось количество тепла  $Q$ , эквивалентное работе  $E Q$ , где  $E$  - механический эквивалент тепла.

Обозначив теплоемкость газов при постоянном объеме и температуре  $T_1$  через  $\bar{C}_w$ , количество тепла в заряде или внутренняя энергия заряда выразится

$$Q = U_1 = \bar{C}_w T_1$$

Такое количество энергии перешло бы в работу целиком, если бы температура газов понизилась до абсолютного нуля.

В действительности же это количество газов в момент выстрела, совершив как основную работу (сообщение снаряду поступательного движения), так и второстепенные работы (разрушение накопительной пробки, сообщение поступательного движения откатным частям), охладилось до температуры  $T < T_1$  и, как уже отмечалось выше, содержит в себе запас еще неиспользованной внутренней энергии:

$$U = \bar{C}_w T$$

где :  $\bar{C}_w$  - средняя теплоемкость газов, соответствующая температуре  $T$ .

Следовательно, количество энергии, затраченной при выстреле на суммарную работу, может быть выражено разностью

$$U_1 - U = \bar{C}_w T_1 - \bar{C}_w T \tag{4}$$

При выстреле с использованием заряда ВМ "Гидрокс", с момента разрушения накопительной пробки и до прохождения снаряда через дульный срез изменение температуры от  $T_1$  до  $T$  будет незначительное. Очень мало будет отличаться и теплоемкость  $\bar{C}_w$  от  $\bar{C}_w$ .

Следовательно, при дальнейших расчетах можем принять среднюю теплоемкость  $\bar{C}'_w$ . С учетом средней теплоемкости уравнение баланса энергии при выстреле, на основании первого закона термо-

динамики, может быть записано в виде

$$E \bar{C}'_w (T_1 - T) = \sum L_i \tag{5}$$

где :  $\sum L_i$  - сумма работ, совершаемая газами при выстреле.

В эту сумму работ входят:

$L_1 = \frac{\sigma_B^2 S \ell}{2 E}$  - работа затраченная на разрушение накопительной пробки

$L_2 + L_3 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MV_{отк}^2}{2}$  - работа затраченная на сообщение поступательного движения снаряду и откатным частям,

$\Delta Q_4$  - тепло расходуемое на нагревание зарядной камеры и ствола при выстреле, определяемое по формуле

$$\Delta Q_4 = \mathcal{L} F (T_1 - T_{ст}) \Delta t = \mathcal{L} E \gamma (T_1 - T_{ст}) \Delta t \tag{6}$$

Подставив в формулу (5) значения вышеперечисленных работ совершаемых газами, получим основное уравнение баланса энергии при выстреле с использованием заряда "Гидрокс":

$$E \bar{C}'_w (T_1 - T) = \frac{\sigma_B^2 S \ell}{2 E} + \frac{mv^2}{2} + \frac{MV_{отк}^2}{2} + \Delta Q_4 \tag{7}$$

Анализируя уравнение (7) можем отметить, что при использовании ВМ "Гидрокс" в отличие от пороховых зарядов значительная часть энергии расходуется, прежде всего, на разрушение накопительной пробки, прочность которой выбирается из расчета обеспечения полноценного выстрела, т.е. накопительная пробка должна разрушиться после достижения критического давления газов в зарядной камере.

Аналитические исследования нам показывают, что кинетическая энергия снаряда оказывается меньше на величину

$$\frac{\sigma_B^2 S \ell}{4 E}$$

по сравнению с энергией, сообщаемой снаряду при выстреле с использованием пороховых зарядов. Для разработки конструкции рудничной пушки аналитически найдена связь между величиной отката и положением снаряда в стволе на рассматриваемый момент ( уравнение 8), а так же зависимость между скоростью отката и абсолютной дульной скоростью снаряда ( уравнение 9).

$$L_{отк} = \frac{q + 0,5 \omega}{Q_0 + 0,5 \omega} x \quad (8)$$

$$V_{отк} = \frac{q + 0,5 \omega}{Q_0 + 0,5 \omega} V_{ад} \quad (9)$$

где  $L_{отк}, V_{отк}$  - путь и скорость отката;  
 $q, \omega, Q_0$  - вес снаряда, заряда и откатных частей;  
 $V_{ад}$  - абсолютная дульная скорость снаряда;  
 $x$  - удаление снаряда в стволе от зарядной камеры на рассматриваемый момент.

## Г л а в а I V

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### РУДНИЧНОЙ ПУШКИ

Определить аналитически необходимые параметры предлагаемой пушки и установить многие зависимости параметров процесса выстрела с использованием заряда " Гидрокс " не представляется возможным, по причине сложности процесса и ряда противоречивых факторов. Поэтому, для проектирования и изготовления опытной партии пушек, необходимо было провести экспериментальные исследования внутреннего процесса газообразования и выявить главные параметры.

В этой связи перед экспериментальными исследованиями ставились следующие задачи:

1. определение давления газов заряда "Гидрокс" в зарядной камере в зависимости от плотности заряжения,
2. определение оптимальной толщины накопительной пробки,
3. исследование влияния веса инициатора на скорость и характер протекания выстрела,
4. определение скорости полета снаряда и его максимальной кинетической энергии,
5. исследование влияния длины ствола на скорость полета снаряда,
6. исследование распространения усилий деформации в угольной массе при внедрении снаряда-болванки ограниченного веса.

#### Методика экспериментальных исследований

Измерение давления газов заряда "Гидрокс" в момент выстрела осуществлялось следующим образом. В проверенные и тщательно обработанные боковые отверстия зарядной камеры рудничной пушки вплотную к гильзе вставлялись толкатели поперечным сечением  $S = 1 \text{ см}^2$ . С внешней стороны толкатели запирались мембранами с наклеенными тензодатчиками. При выстреле усилия от давления газов через толкатели передавалось на мембранные тензодатчики с последующей записью на кинолентку.

Расшифровка многочисленных осциллограмм экспериментальных выстрелов показала, что заряд "Гидроко" в исследуемой конструкции пушки способен развить максимальное давление равное  $2660 \text{ кг/см}^2$  при плотности заряжения  $\Delta = 0,5 \text{ г/см}^2$ .

Экспериментально установлено, что дальнейшее увеличение плотности заряжания более  $0,5 \text{ г/см}^3$ , приводит к неполному "выгоранию" заряда, а следовательно и к неполноценному выстрелу.

В работе приводятся результаты измерений давления газов для плотности заряжания  $0,2; 0,3; 0,4$  и  $0,5 \text{ г/см}^3$  и по результатам экспериментальных исследований получена зависимость давления газов от плотности заряжания.

Определение оптимальной высоты накопительной пробки для заряда "Гидрокс" рудничной пушки.

Для обеспечения полноценного выстрела, с учетом энергетической характеристики ВМ, накопительная пробка до разрушения должна накопить давление газов в зарядной камере пушки  $P = 2400 - 2500 \text{ кг/см}^2$ .

При достижении такого давления пробка должна разрушиться и обеспечить выход газам в заснарядное пространство. Как показали экспериментальные испытания многих материалов, наиболее подходящим материалом для накопительной пробки является оргстекло с предлом прочности на срез  $\tau = 300 \text{ кг/см}^2$ .

Аналитический расчет показывает, что максимальная высота накопительной пробки, которая может быть разрушена давлением газов  $P = 2500 \text{ кг/см}^2$ , обеспечив тем самым полноценный выстрел, равна  $0,92 \text{ см}$ . Уменьшение высоты накопительной пробки приведет к неполному использованию энергии заряда при выстреле. Крайне недопустимо также увеличение высоты пробки сверх расчетной.

### Исследования влияния веса инициатора на скорость протекания выстрела

Типовой инициатор, как по сложности состава, так и по значительному своему весу, для рудничной пушки оказывается не совсем подходящим. В наших условиях использование пиротехнической смеси (дымного или бездымного пороха) вместо типового инициатора позволило уменьшить последний с  $40 \text{ г}$  до  $0,4 - 0,6 \text{ г}$  и сократить время обрабатывания заряда с  $10 \text{ сек}$  до  $0,01 \text{ сек}$ . Кроме того предлагаемый инициатор позволяет использовать почти весь объем гильзы основным зарядом.

Для выявления зависимости скорости нарастания давления, или времени выстрела от величины инициатора, была изготовлена опытная партия зарядов с весом инициатора соответственно  $0,3 \text{ г}; 0,4 \text{ г}; 0,5 \text{ г}; 0,6 \text{ г};$  и  $1,0 \text{ г}$ .

Стрельба и замер давления с регистрацией продолжительности выстрела велась вышеизложенным методом с включенным отметчиком времени. Экспериментально установлено, что метатальный заряд с весом инициатора  $0,3 \text{ г}$  срабатывает за  $0,012 - 0,015 \text{ сек}$ , при весе  $0,4 \text{ г}$  за  $0,01 - 0,012 \text{ сек}$ ; при весе  $0,6 \text{ г}$  за  $0,005 - 0,006 \text{ сек}$  и при весе  $1 \text{ г}$  за  $0,002 - 0,003 \text{ сек}$ . Экспериментальные исследования, а так же испытания в опытном штреке ВостНИИ показали, что инициатор, состоящий из дымного или бездымного пороха весом  $0,4 - 0,6 \text{ г}$ , гарантирует как взрывобезопасность метатального заряда в метановоздушной среде, так и устойчивость выстрела из рудничной пушки.

Из графика продолжительности выстрела (рис. 1), построенного по экспериментальным данным мы видим, что увеличение веса

инициатора более 0,8 - 0,9 г приводит к детонации заряда, что в свою очередь отрицательно сказывается на конструкции зарядной камеры.

Уменьшение веса инициатора менее 0,3 г. приводит к затяжным выстрелам или вообще к отказам.

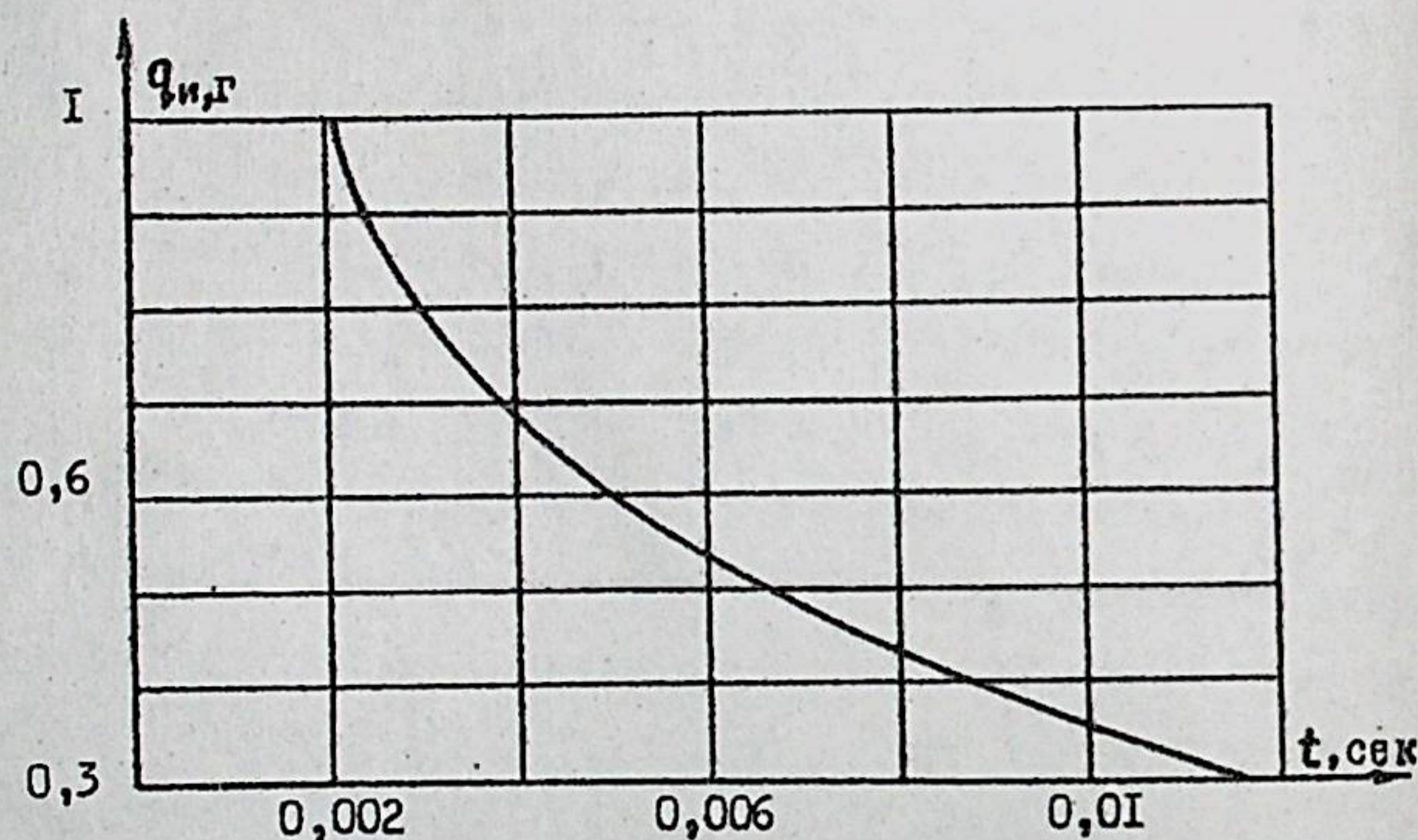


Рис.1 График продолжительности выстрела в зависимости от веса инициатора.

Определение скорости полета снаряда и его максимальной кинетической энергии.

Определение скорости снаряда в лабораторных условиях осуществлялось следующим образом. На исследуемой траектории полета снаряда равной 10 метрам устанавливались два проволочных датчика  $D_1$  и  $D_2$ .

Время пролета  $t$  снарядом расстояния между датчиками фиксировалось на киноплёнку с точностью до 0,002 сек. По из-

вестному пути  $S$  и времени полета  $t$  определена скорость полета снаряда. Исследованиями установлено, что конструкция рудничной пушки и метательный заряд "Гидрокс", размещенный в стандартной гильзе ЗПУ способны сообщить снаряду максимально возможную скорость до 500 м/сек. На основании исследований получена зависимость скорости снаряда от его веса:

Экспериментально определено, что максимальная скорость равная 500 м/сек достигается снарядом- болванкой весом 300 г, следовательно данный снаряд при выстреле и обладает максимальной кинетической энергией равной

$$T_A = \frac{0,3 \cdot 500^2}{2 \cdot 9,81} = 3825 \text{ кгм}$$

Дальнейшее увеличение веса снаряда приводит к снижению скорости полета, а следовательно, и к уменьшению кинетической энергии.

Исследование влияния длины ствола на скорость полета снаряда.

Из теоретического анализа процесса газообразования в постоянном объеме и движения снаряда под воздействием газов, изложенного в главе, нам известно, что в первоначальный момент, т.е. после разрушения накопительной пробки, снаряд приобретает основную скорость. После перемещения снаряда на некоторое расстояние от зарядной камеры, усилие, создаваемое избыточным давлением газов, окажется равным или меньше сопротивления движению снаряда по стволу.

Следовательно, дальнейшее приращение скорости за счет воздействия избыточного давления, или длины ствола прекращается.

Это обстоятельство говорит о том, что каждому весу заряда, весу и калибру снаряда, а так же разработанной конструкции рудничной пушки соответствует оптимальная и вполне определенная длина ствола, превышение которой может привести только к снижению скорости.

При выборе и обосновании основных размеров рудничной пушки во II главе отмечалось, что стесненность горных выработок, применяемых при щитовой системе разработки, ограничивает габаритные размеры пушки. По этой причине длину ствола желательно иметь не более 700 мм. Следовательно, задачей экспериментальных исследований являлось установление зависимости скорости снаряда от длины ствола в пределах только до 700 мм.

Экспериментальные исследования проводились путем стрельбы из рудничной пушки с длиной ствола начиная с 700 мм. Затем периодически укорачивая ствол пушки на 100 мм, производилась серия выстрелов. Таким образом, были произведены выстрелы из пушки с длиной ствола 700, 600, 500, 400, 300, 200 и 100 мм, с соответствующим измерением скорости снаряда. Отметим, что при каждом укорачивании ствола масса откатных частей сохранялась постоянной. Тем самым было исключено влияние непостоянства массы откатных частей на исследуемую скорость снаряда. Одновременно после каждого укорачивания для сравнения влияния длины ствола на скорость из пушки производились выстрелы и с использованием пороховых зарядов.

Найденная зависимость скорости полета снаряда-болванки от длины ствола представлена на рис. 2.

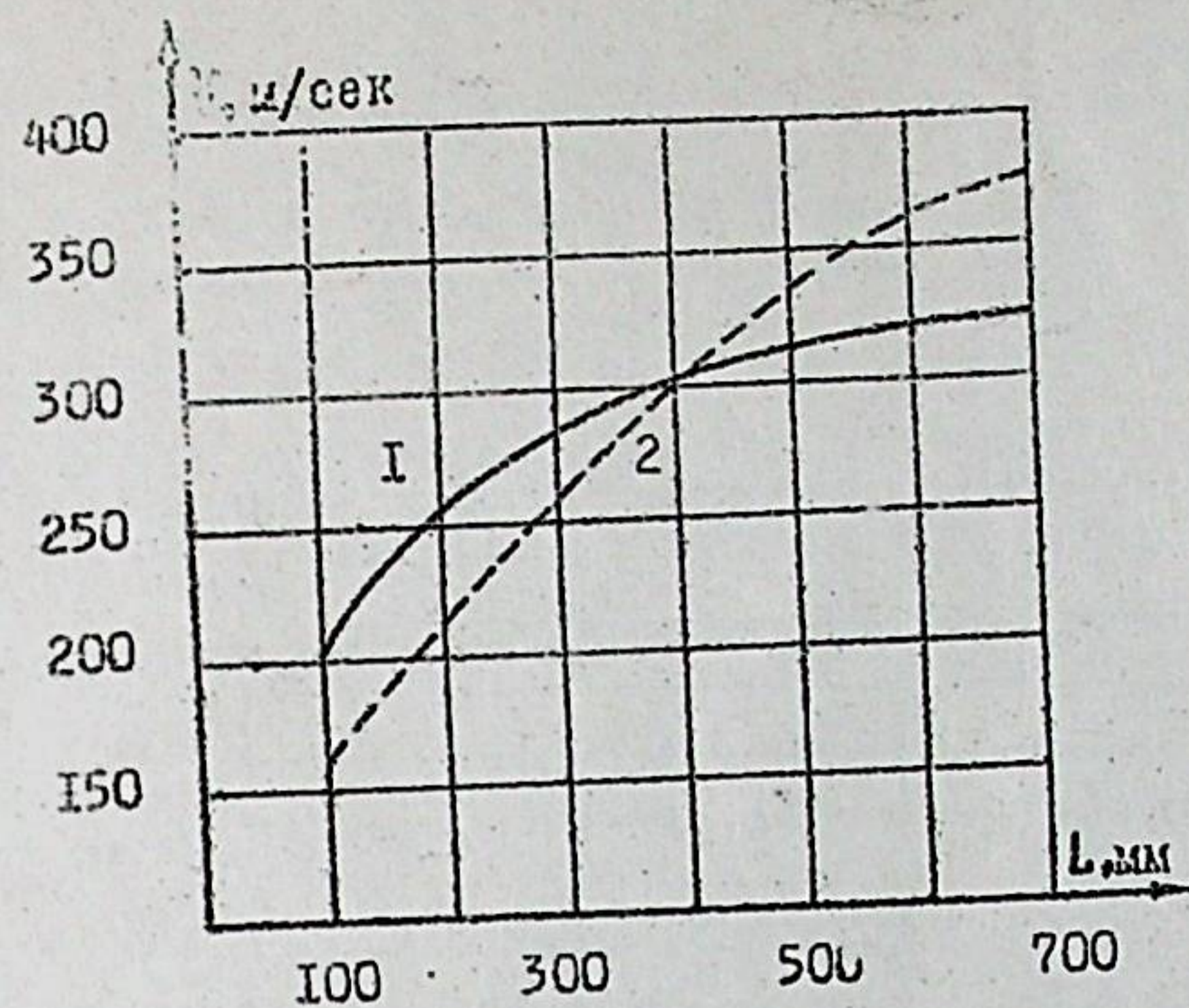


Рис. 2 График скорости полета снаряда в зависимости от длины ствола. 1 - для заряда "Гидрокс"; 2 - для порохового заряда.

Экспериментальные исследования показали, что при использовании ВМ "Гидрокс" в качестве метательного заряда, основное приращение скорости в стволе снаряд получает на расстоянии до 400-500 мм от зарядной камеры. Остальная же часть ствола служит главным образом, для обеспечения снаряду более точного направления. Это обстоятельство говорит о том, что если при эксплуатации от рудничной пушки не требуется большой точности попадания, то длина ствола может быть принята не более 300-400 мм.

На специально оборудованном стенде, имитирующем углеспускную пещь в забученном состоянии производились замеры распространения усилий деформации при внедрении снаряда в сыпучую горную массу. Исследования показали, что снаряд-болванка весом 300-350 г при внедрении создает усилия, которые приводят в движение угольную массу до глубины засыпки 1 - 1,2 м.

По результатам экспериментальных исследований построен график (рис. 3) величины усилий деформации в зависимости от глубины внедрения снаряда.

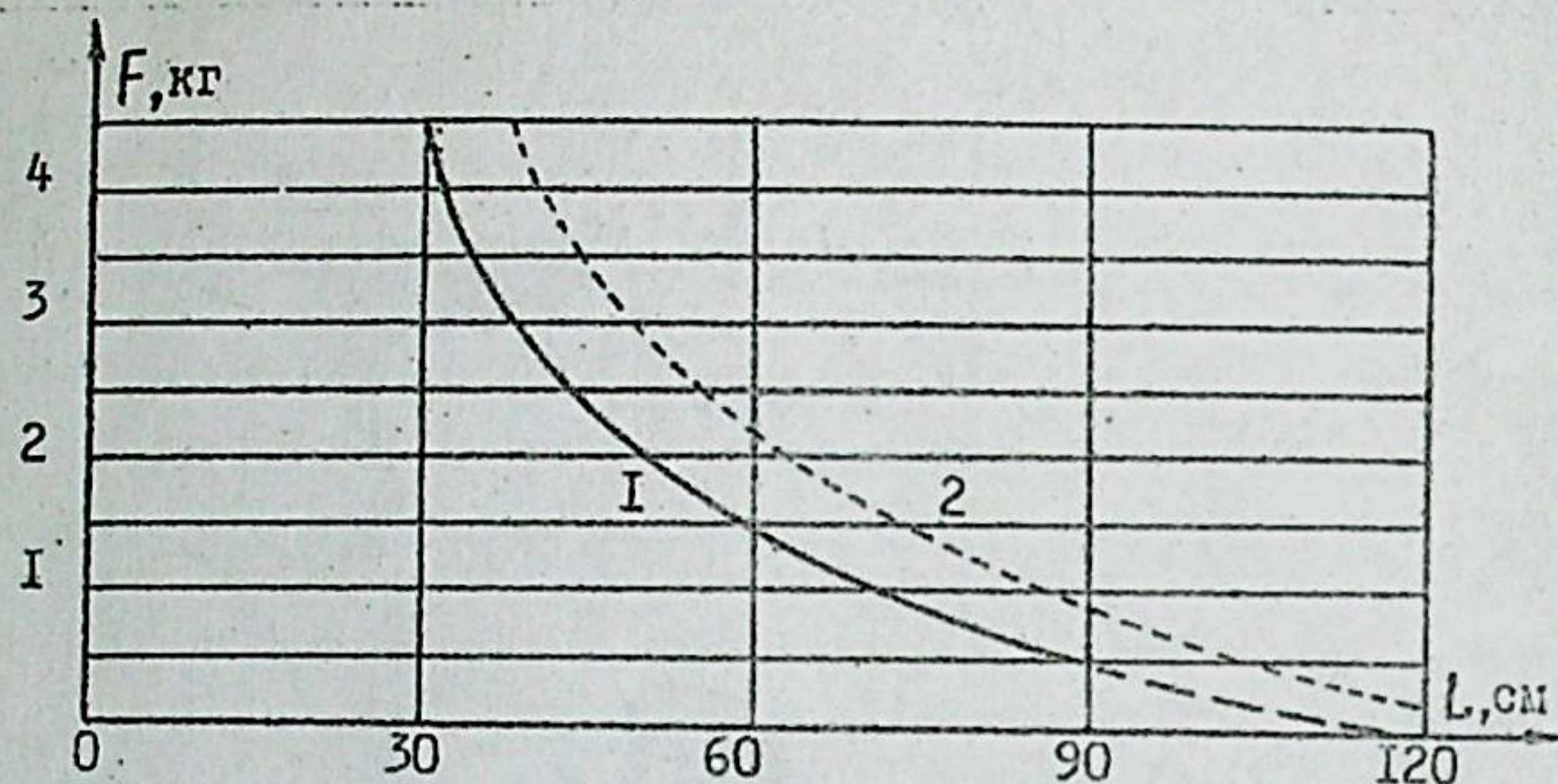


Рис. 3 График распространения усилий деформации в зависимости от глубины внедрения 1 — для заряда "Гидроис"; 2 — для порохового заряда.

Данный эксперимент показал, что с помощью рудничной пушки стреляющей снарядами-болванками весом 300-350 г, возможно разбучивать углеспускные печи забученные и мелким углем.

#### Проведение промышленных испытаний.

После экспериментальных исследований и испытаний на взрывобезопасность в опытном штреке Востный была изготовлена опытная партия пушек. Проведение промышленных испытаний было организовано на трех шахтах Кузбасса (шахта № 4-6, "Ягуновская", "Зиминка-Капитальная"). По выделению газа метана данные шахты являются сверхкваторными и опасными по угольной пыли.

Целью испытаний было выявить возможность применения, эффективность и безопасность предлагаемого способа разбучивания.

При испытаниях с помощью рудничной пушки были разбучены углеспускные печи забученные рядовым углем, углек с породой, угольной

мелочью и углем с лесом. Максимальное расстояние до зависших пробок, которые были разрушены с помощью пушки, составляло 45-55 м. Во время промышленных испытаний разбучиванию подвергались 25 печей. 18 углеспускных печей, забученных при самых разнообразных обстоятельствах из 25 были успешно разбучены, что составило 75% общего числа печей, подвергавшихся разбучиванию. Испытаниями установлено, что на разбучивание одной печи в течение 20-25 минут расходовалось в среднем 6-7 снарядов (см. табл. 2)

Следует отметить, что некоторые углеспускные печи были разбучены после первого выстрела. В целом испытания показали, что предлагаемый способ разбучивания является наиболее перспективным и безопасным, особенно для газовых шахт.

В работе рассматриваются так же вопросы технико-экономической эффективности от внедрения на шахтах Кузбасса предлагаемого способа разбучивания. Кроме повышения безопасности предлагаемый способ позволит в 3-4 раза снизить простои очистных забоев связанные с забучиванием углеспускных печей. При внедрении рудничных пушек отпадает необходимость в проведении дополнительных сбоек в угольном блоке, что в свою очередь дополнительно скажется на технологии управления щитом.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная работа позволила положительно решить следующие вопросы.

На основании изучения современного состояния средств и способов разбучивания углеспускных печей при щитовой системе разработки, установлена актуальность задачи создания наиболее безопасных и эффективных средств разбучивания. Отсутствие данных средств сдерживает рост производительности труда, а главное, наблюдается высокий травматизм.

Таблица 2

Результаты испытаний рудничной пушки

I. шахта "Игуновская" треста Кемеровоуголь

| №  | Характеристика горной массы | Высота до пробки, м | Расход снарядов, шт | Затрата времени, мин |
|----|-----------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 1  | Уголь сухой                 | 20                  | 4                   | 15                   |
| 2  | Уголь сухой                 | 15                  | 1                   | 5                    |
| 3  | Уголь, порода               | 30                  | 8                   | 20                   |
| 4  | Уголь влажный               | 15                  | 6                   | 20                   |
| 5  | Порода, уголь               | 40                  | 10                  | 35                   |
| 6  | Уголь сухой                 | 25                  | 2                   | 5                    |
| 7  | Уголь, лес                  | 15                  | 9                   | 30                   |
| 8  | Уголь, порода               | 20                  | 5                   | 25                   |
| 9  | Уголь, лес                  | 15                  | 12                  | 40                   |
| 10 | Порода, уголь               | 25                  | 6                   | 20                   |

II. Шахта "Зиминка-Капитальная" треста Прокопьевскуголь

| № | Характеристика горной массы | Высота до пробки, м | Расход снарядов, шт. | Затрата времени, мин |
|---|-----------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | Уголь, порода               | 25                  | 10                   | 35                   |
| 2 | Уголь сухой                 | 50                  | 4                    | 20                   |
| 3 | Уголь сухой                 | 30                  | 1                    | 5                    |
| 4 | Уголь, лес                  | 20                  | 11                   | 40                   |
| 5 | Уголь влажный               | 15                  | 8                    | 25                   |
| 6 | Порода, уголь               | 15                  | 12                   | 30                   |
| 7 | Уголь крупный               | 35                  | 4                    | 15                   |
| 8 | Уголь сухой                 | 30                  | 5                    | 20                   |

Разработаны и научно обоснованы метательный заряд с рудничной пушкой, которые по своей конструкции могут применяться в шахтах опасных по газу и пыли. Определена общая компоновка, найдены рациональные конструктивные решения основных узлов.

На основании теоретического исследования разработана методика расчета основных параметров процесса газообразования в зарядной камере с учетом особенности заряда "Гидрокс".

В результате лабораторных исследований рудничной пушки установлена характерная особенность явления выстрела, взаимосвязь между параметрами заряда и снаряда. Экспериментально подтверждено, что снаряд - болванка ограниченного веса при внедрении и сыпучую горную массу создает ударную волну необходимую для разрушения устойчивости зависшей пробки.

В процессе экспериментальных исследований установлен оптимальный вес снаряда для принятого калибра пушки.

Промышленные испытания проведенные на ряде шахт подтвердили правильность основных предположений и выводов, полученных при теоретическом и экспериментальном исследовании.

Произведенный анализ существующих способов разбучивания углеспускных печей на шахтах Кузбасса, а также неоднократные промышленные испытания предлагаемого способа с применением рудничной пушки позволили определить экономическую эффективность по комбинату от внедрения.

Результаты данной научно-исследовательской работы могут быть использованы при проектировании, серийном изготовлении и внедрении рудничных пушек на шахтах Кузбасса.



Всего опубликовано 10 работ. Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах автора:

1. Пушка для ликвидации завесаний в углеспускных скважинах Горные машины и автоматика № 4, 1967 ( соавтор П.М. Овсянников).

2. Шахтные испытания рудничной пушки для разбучивания углеспускных печей. Вопросы механизации горных работ. Сборник научных трудов № 10, КузПИ, 1967 ( соавтор П.М. Овсянников).

3. К вопросу об эффективности рудничной пушки для " разбучивания" углеспускных печей. Механизация горных работ. Сборник научных трудов № 2, КузПИ Кемерово, 1968 ( соавтор П.М. Овсянников).

4. Теоретические исследования сводообразования сыпучей горной массы в углеспускных печах. Механизация горных работ Сборник научных трудов № 12, КузПИ Кемерово, 1968.

5. Теоретические исследования внутреннего процесса газообразования в зарядной камере рудничной пушки при использовании заряда " Гидрокс".

Механизация горных работ. Сборник научных трудов КузПИ, Кемерово. ( находится в печати)

6. Промышленные испытания опытной партии рудничных пушек на шахтах Кузбасса.

Механизация горных работ. Сборник научных трудов КузПИ, Кемерово ( соавтор П.М. Овсянников).

---

ОП00229 Отпечатано на ротапринтере Кузбасского информцентра, 1969г.

Печ.л. 1,0 Тираж 150 экз. Заказ № Подписано в печать 14/IV-69