

6  
А-30

**КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**На правах рукописи**

*Доцент канд. техн. наук  
П. М. КОШУЛЬКО*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
И РЕЖИМОВ РАБОТЫ  
ПРИ УДАРНО-ПОВОРОТНОМ  
БУРЕНИИ ШПУРОВ**

(311—подземная разработка и эксплуатация угольных,  
рудных и нерудных месторождений)

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук**

**Кемерово**

**1969**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЗБАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

Доч. канд. техн. наук П. М. КОШУЛЬКО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ  
РАБОТЫ ПРИ УДАРНО-ПОВОРОТНОМ  
БУРЕНИИ ШПУРОВ

(З11. Подземная разработка и эксплуатация  
угольных, рудных и нерудных месторождений)

Автореферат диссертации  
на соискание ученой степени  
доктора технических наук

КЕМЕРОВО 1969

## В В Е Д Е Н И Е

Решениями XXIII съезда КПСС предусматривается значительный рост добычи полезных ископаемых. Так, за период 1960-1980 гг. добыча угля должна возрасти в 2,4 раза (с 520 до 1200 млн.т), железной руды - в 7 раз, руд цветных металлов - почти в 10 раз. Такое увеличение должно быть осуществлено, главным образом, за счёт повышения производительности труда; к 1980 г. она должна вырасти в 4,5 - 5,5 раза.

Добыча полезных ископаемых в основном производится в породах, требующих предварительного разрушения буровзрывными работами.

В настоящее время бурение шпуров в крепких породах, как известно, осуществляется ударно-поворотным способом при помощи перфораторов. Однако следует отметить, что применяемое буровое оборудование и инструмент используются еще недостаточно эффективно, тем самым ограничивая рост производительности труда.

Шпуровой метод отбойки является трудоемким и дорогим. Проведение выработок, а на многих предприятиях и очистные работы, ведутся этим методом. даже на таких предприятиях, как Зырянский и Лениногорский комбинаты, где около 80% добываемого ископаемого отбивается скважинами, трудовые затраты на подготовительно-нарезные работы, осуществляемые шпуровым методом, составляют 40,25%.

В общем комплексе работ при шпуровом методе отбойки крепких пород основным процессом является бурение шпуров. По стоимостным затратам оно достигает 60-65%.

Неэффективное использование бурового оборудования и инструмента в значительной степени объясняется неизученностью закономерностей и взаимозависимостей между работой бурового оборудования и инструмента, свойствами и особенностями горных пород. Энергия удара, число ударов, число оборотов бура, осевое усилие подачи не увязываются с механизмом разрушения пород под лезвием инструмента.

Влияние диаметра шпура, формы коронки и длины бура на показатели бурения не установлены. Имеющиеся исследования отражают лишь частные случаи для конкретных условий бурения.

Выявление возможностей и путей для роста производительности бурения шпуров заслуживает большого внимания, так как позволит увеличить интенсивность отработки месторождений, снизить трудовые и материальные затраты на добычу полезных ископаемых.

Настоящая работа имеет целью исследовать механизм разрушения породы под лезвием инструмента при ударно-поворотном бурении, установить влияние горно-технических условий на показатели бурения, дать метод определения оптимальных параметров и режимов работы при перфораторном бурении.

В основу исследований положены экспериментальные работы в производственных условиях с последующей проверкой в лаборатории и теоретическим обоснованием основных выводов и рекомендаций по исследуемым вопросам. Экспериментальные работы проводились на рудниках Лениногорского и Зыряновского комбинатов с 1956 г. В организации и проведении экспериментальных работ автору оказали большую помощь руководители этих комбинатов и рудников И.М.Малкин, Д.С.Кутузов, К.Г.Галимжанов, Н.А.Тен, М.Г.Седлов, В.А.Гребенюк, В.В.Бухмеер. Участие в проведении экспериментов принимали горн.инж. Б.М.Тургамбаев, Г.П.Зырянов, канд. техн. наук Т.П.Карабач, Неред Н.Г., С.Г.Калошин. В обработке полученных экспериментальных данных оказывала помощь канд. физ.-матем. наук Н.Н.Калинина.

В ходе выполнения работы много ценных указаний получено от научного консультанта чл.-корр. АН СССР проф. М.И.Агошкова, чл.-корр. АН КазССР проф. А.В.Бричкина и членов кафедры разрушения горных пород и проведения выработок Казахского политехнического института.

Всеим автор выражает сердечную благодарность.

## Глава I

### ЦЕЛЬ И МЕТОДЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Здесь приводятся данные об объемах шпуровой отбойки на основных горно-рудных предприятиях Казахстана и значении перфораторного бурения шпуров в процессе добычи полезного ископаемого. Исследование базируется на постановке широких производственных экспериментов.

Для экспериментальных работ — бурения шпуров на рудниках выделялись специальные забои, которые подбирались с учетом охвата разнообразных по физико-механическим свойствам горных пород.

В производственных условиях изучались:

а) влияние осевого усилия подачи перфораторов на скорость бурения, число оборотов и углы поворота во взаимосвязи с давлением воздуха;

б) влияние давления сжатого воздуха при оптимальных усилиях подачи на скорость бурения и другие показатели при различных перфораторах и физико-механических свойствах пород;

в) изменение скорости бурения в зависимости от диаметра шпуров, формы коронки бура и глубины бурения, свойств пород, типов перфораторов и давления воздуха;

г) характер износа бурового инструмента.

В перфораторном цехе Лениногорской рембазы для исследования работы перфораторов сконструирован и изготовлен универсальный стенд, на котором определялись энергия удара поршня, число ударов, число оборотов бура и величина крутящего момента в зависимости от усилия подачи, давления сжатого воздуха и частично-крепости пород.

Для изучения быстропротекающих процессов применялся осциллограф с емкостными датчиками и электронными усилителями.

Для установления характера разрушения пород и определения глубины внедрения лезвия бура в зависимости от энергии удара, предупредительной скорости ударника и физико-механических свойств

пород использовалась обычная вертикальная копровая установка механического действия со свободно падающим ударником.

Многочисленные экспериментальные наблюдения, обобщенные данные других исследователей после математической обработки и анализа их позволили установить ряд новых эмпирических зависимостей, выраженных в виде формул.

В главе приводится детальное описание оборудования камеры, универсального стенда и копровой установки, изложена методика обработки экспериментальных данных.

## Г л а в а П

### ГОРНЫЕ ПОРОДЫ, ИХ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КЛАССИФИКАЦИЯ

Горные породы, являющиеся объектом бурения, по своему происхождению, строению и физико-механическим свойствам весьма разнообразны. Поэтому для целей исследования на рудниках Лениногорского и Зыряновского комбинатов подбирались забои, которые в общем комплексе отражают это разнообразие. Практически было охвачено свыше 20 наименований пород от серицито-хлоритовых и серицито-глинистых сланцев до очень плотных порфиритов и монолитных, с тонкозернистой структурой, микрокварцитов.

Для всесторонних исследований физико-механических свойств отбирались образцы пород, соответствующие тем, в которых производилось бурение в экспериментальных камерах. Исследование свойств пород проводилось при статическом приложении нагрузки: а) определением временного сопротивления при одноосном раздавливании образцов правильной и неправильной формы; б) определением сопротивляемости пород вдавливанию штампа на образцах с необработанной поверхностью (контактная прочность).

При динамическом приложении нагрузки исследования включали: а) определение крепости методом толчения; б) определение динамической твердости пород на склероскопе Шора; в) испытание на дробимость по методу проф. Л. И. Барона.

Кроме этого, определялись абразивные свойства пород и скорость распространения в них продольных волн, прочность на

разрыв, изгиб и буримость при определенных горно-технических условиях. х)

Приняв за основу временное сопротивление пород при одноосном раздавливании образцов правильной формы, установлен характер изменения других показателей, полученных при статическом и динамическом приложении нагрузок. На рис. I показано изменение этих показателей в зависимости от временного сопротивления раздавливанию образцов правильной формы. Как видно, сопротивляемость пород раздавливанию образцов неправильной формы, контактная прочность, разрушение пород толчением хорошо согласуются между собой. Вопросу классификации горных пород много внимания уделено в работах проф. Бокия Б. И., проф. Протодяконова М. М., проф. Суханова А. Ф.. Практически нашли распространение классификации по относительному коэффициенту крепости (проф. Протодяконова М. М.) и по показателю эффективности производственных процессов - буримости (проф. Суханова А. Ф.). Разнообразие горно-технических условий при бурении затрудняет создание единой шкалы буримости. Поэтому в практике известны и используются различные классификации и шкалы горных пород, что вызывает серьезные затруднения в решении вопросов буровзрывных работ. Многие исследователи (проф. М. М. Протодяконов-младший, И. Г. Меликидзе и др.), а также и промышленные предприятия при разработке нормировочников по бурению считают возможным исходить из классификации по относительному коэффициенту крепости проф. М. М. Протодяконова-старшего с установлением зависимости между буримостью и этим коэффициентом.

Нами установлено, что для решения вопросов, связанных с процессом бурения шпуров, целесообразно принять за основу двадцатибалльную шкалу проф. Протодяконова, но определять коэффициент крепости  $f$  не как 0,01 временного сопротивления сжатию на образцах правильной формы, а по формуле (?)

$$f = 2,7 + 6 \cdot 10^{-3} \sigma_{сж}$$

х) Использовались материалы исследований ИГД им. А. А. Скочинского и ВНИИцветмета, выполненные для Лениногорского и Зыряновского комбинатов.

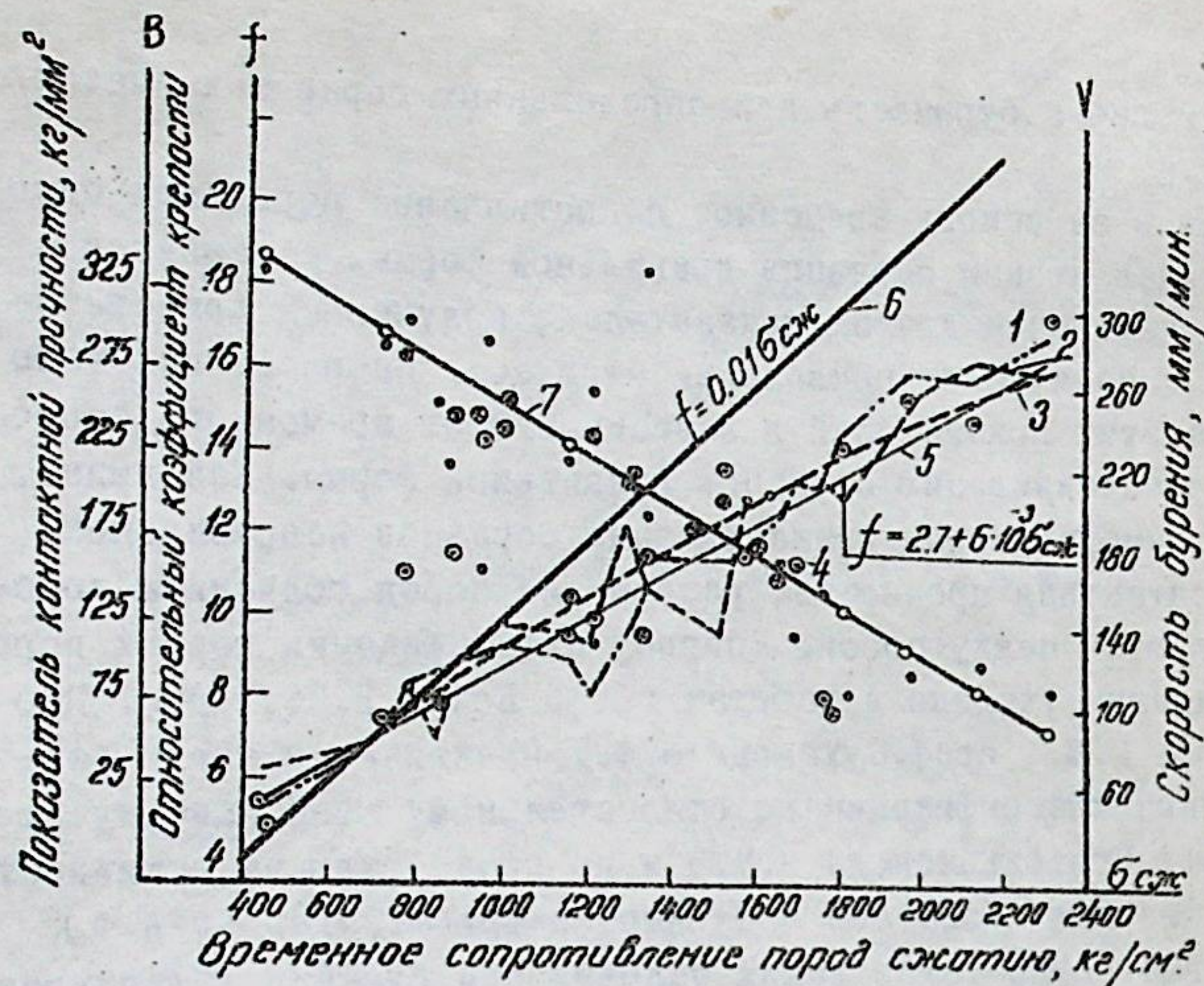


Рис. 1. Сопротивляемость и буримость пород. 1 - осредненный коэффициент крепости по образцам правильной и неправильной формы; 2 - контактная прочность, кг/мм<sup>2</sup>; 3 - корреляционный  $f$  по методу толчения; 4 - коэффициент крепости, определенный толчением; 5 - коэффициент крепости -  $f = 2,7 + 6 \cdot 10^{-3} \text{Бсж}$ ; 6 - коэффициент крепости  $f = 0,01 \text{Бсж}$ ; 7 - буримость пород  

$$l = (336 - 26,7 f + 0,53 f^2) \text{tg} (5I + f)$$

- Показатель буримости по нашим наблюдениям.
- ⊕ Показатель буримости по Л.И. Барону.

или по ранее предложенной проф. Л.И. Бароном формуле

$$f = \sqrt{\frac{\text{Бсж}}{30}} + \frac{\text{Бсж}}{300},$$

где  $\text{Бсж}$  - временное сопротивление сжатию, кг/см<sup>2</sup>.

При определении относительного коэффициента крепости по этим формулам все породы вписываются в двадцатибалльную шкалу, а полученные значения хорошо коррелируют с сопротивляемостью пород при различных способах статического и динамического приложения нагрузок (рис. 1).

Наряду с определением относительного коэффициента крепости через временное сопротивление сжатию можно определять этот коэффициент, пользуясь показателем контактной прочности по формуле (8)

$$f = 4,5 + 0,05B - 4 \cdot 10^{-5} B^2,$$

где  $B$  - контактная прочность, кг/мм<sup>2</sup>.

Буримость при бурении шпуров перфораторами типа ПР-30к и давлении сжатого воздуха 5 ат, долотчатой коронкой диам. 42 мм и длине бура 1 м определяется по формуле (13).

$$l = (336 - 26,7 f + 0,53 f^2) \text{tg} (5I + f).$$

Переход от относительного коэффициента крепости к буримости осуществляется просто и с достаточной точностью.

### Глава III

#### УСИЛИЯ ПОДАЧИ И ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПЕРФОРАТОРОВ

Скорость бурения и ряд других показателей связаны с усилием подачи перфоратора. В работах Алимова О.Д., Басова И.Г., Сидоренко А.К. и многих других исследователей указывается, что при ударно-поворотном бурении усилие подачи непосредственно во внедрении бура не участвует. В действительности усилие подачи влияет на протекание процесса внутри перфоратора и особое значение оказывает на передачу кинетической энергии поршня-системы "поршень-бур-порода".

С увеличением усилия подачи длина хода поршня в перфораторе уменьшается от максимально возможной на 20-25%; так как при этом возрастает тормозящий момент, усиливается трение в поворотной системе и снижается скорость движения, то это вызывает сокращение числа ударов при работе под нагрузкой (на 10-12%) и значительно уменьшает энергию удара. Особенно большое влияние усилия подачи оказывает на число оборотов и угол поворота бура. Практически число оборотов и угол поворота резко изменяются с изменением усилия подачи и не соответствуют расчётным.

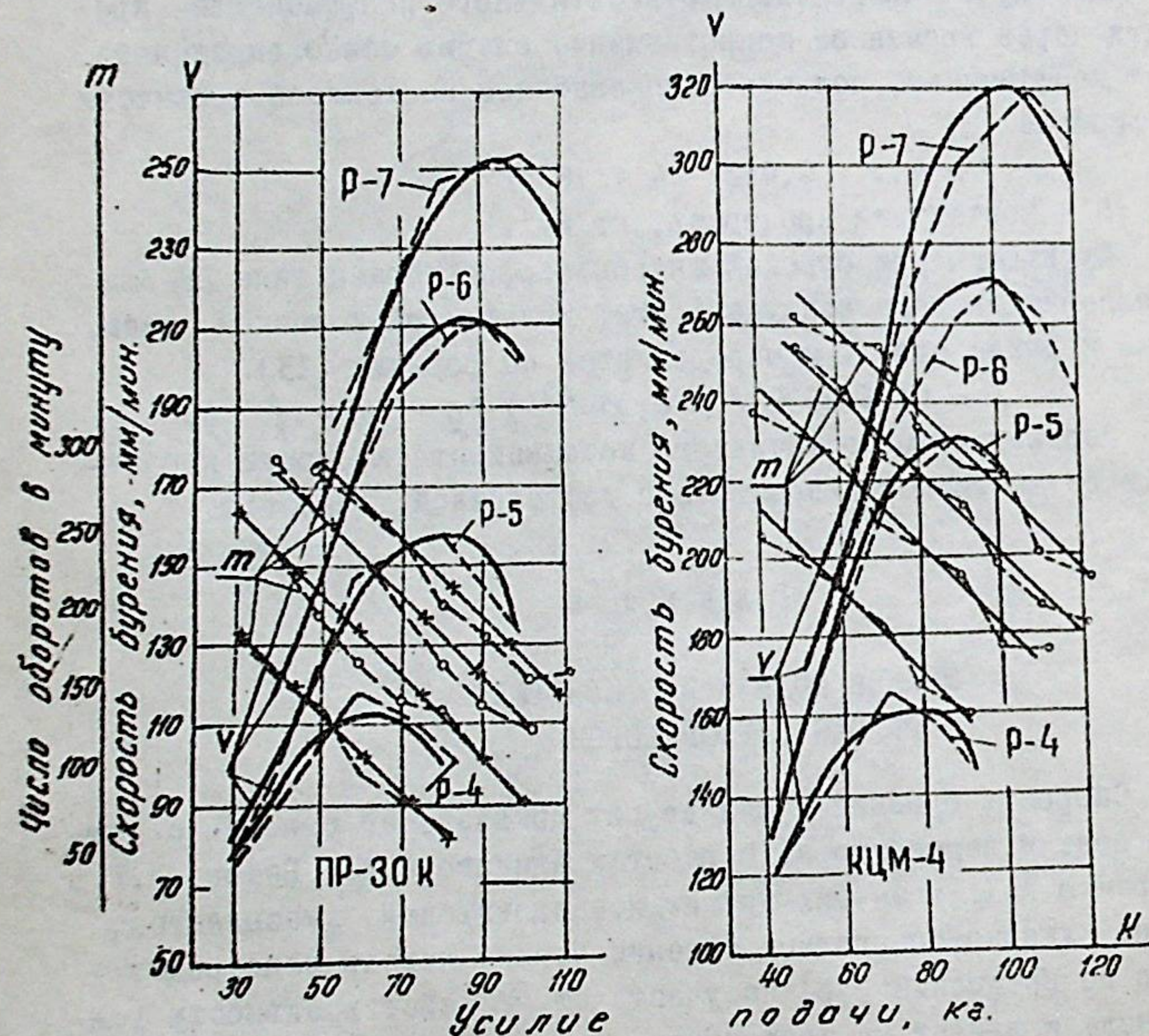


Рис. 2. Показатели работы перфораторов в зависимости от усилия подачи

- — — — фактическое число оборотов
- х — — — расчетное число оборотов
- — — фактическая скорость бурения
- — — расчетная

Усилие подачи влияет на скорость бурения. С увеличением его до определенных пределов скорость возрастает, доходит до максимальной величины и затем резко уменьшается. На рис. 2 показано изменение числа оборотов и скорости бурения с увеличением усилия подачи у перфораторов ПР-30к и КЦМ-4 при разных давлениях воздуха. Аналогичное положение наблюдается и при работе других перфораторов.

На основании обработки экспериментальных данных число оборотов в зависимости от усилия подачи можно определить по формуле (14).

$$m = A - 2,6 K,$$

где  $K$  — усилие подачи, кг;

$A$  — постоянная зависящая от типа перфоратора и давления воздуха.

Экспериментами в производственных условиях установлено, что при оптимальном усилии подачи, независимо от давления воздуха и типа перфоратора, угол поворота бура остается почти постоянным ( $31-35^\circ$ ) и превышает расчётный на 20-30%. Существенное значение для режима работы перфоратора имеет его крутящий момент. Для тяжелых перфораторов отношение крутящего момента к усилию подачи должно быть не менее 2, а у легких и среднего веса — не менее 1,6.

Как известно, при ходе поршня вперед корпус перфоратора на какое-то расстояние перемещается назад, и наоборот. Путь, проходимый корпусом назад, больше, чем при движении вперед, поэтому для успешного бурения необходимо прикладывать такие усилия подачи, которые позволят корпусу возвращаться в исходное положение и дополнительно, в зависимости от крепости пород, перемещаться на какую-то величину вперед. На основании теоретического исследования кинематики движения поршня и корпуса перфоратора с учетом крепости пород выведена формула для определения оптимального усилия подачи, которая имеет вид (формула 17):

$$K = 0,75P_1 - 0,25P_2 + 4 M/\tau,$$

где  $K$  — оптимальное усилие подачи, кг;

$P_1$  — усилия, перемещающие поршень при его ходе вперед, кг;

$P_2$  - то же, при ходе поршня назад, кг;  
 $M$  - масса корпуса перфоратора;  
 $\zeta$  - глубина внедрения лезвия бура, мм.

Получаемые расчетные значения близки к тем, которые получены при экспериментах, отклонения не превышают 10-12%.

#### Г л а в а IV

#### ДАВЛЕНИЕ СЖАТОГО ВОЗДУХА И ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПЕРФОРАТОРОВ

Большое количество исследователей (В.В.Бучнев, В.Ф.Горбунов, И.М.Шульгин, Н.В.Мищенко, Г.М.Малахов и др.) в основу расчетов и исследований принимают давление воздуха в сети, в дроссельные его потери, как и механические, отражают соответствующим коэффициентом. Для получения общей картины влияния давления сжатого воздуха на показатели работы перфоратора как на стенде, так и при опытах в производственных условиях нами также принято это положение.

Изучение влияния давления сжатого воздуха на число ударов, энергию удара, мощность перфораторов, число оборотов бура и величину крутящего момента проводилось на универсальном стенде рембазы ЛПК. Полученные при этом зависимости несколько отличаются от приведенных в литературе (В.В.Бучнев).

Полученные зависимости носят характер прямых и удовлетворительно определяются соответствующими уравнениями.

Так, изменение числа ударов может быть определено формулой (20)

$$K_n = 0,08 \rho + 0,6,$$

где  $K_n$  - коэффициент изменения числа ударов;

$\rho$  - давление воздуха в сети, ати.

Для определения влияния давления на величину энергии удара более правильные результаты получаются по формуле (25)

$$K_y = 0,284\rho - 0,42,$$

где  $K_y$  - коэффициент изменения энергии удара.

12

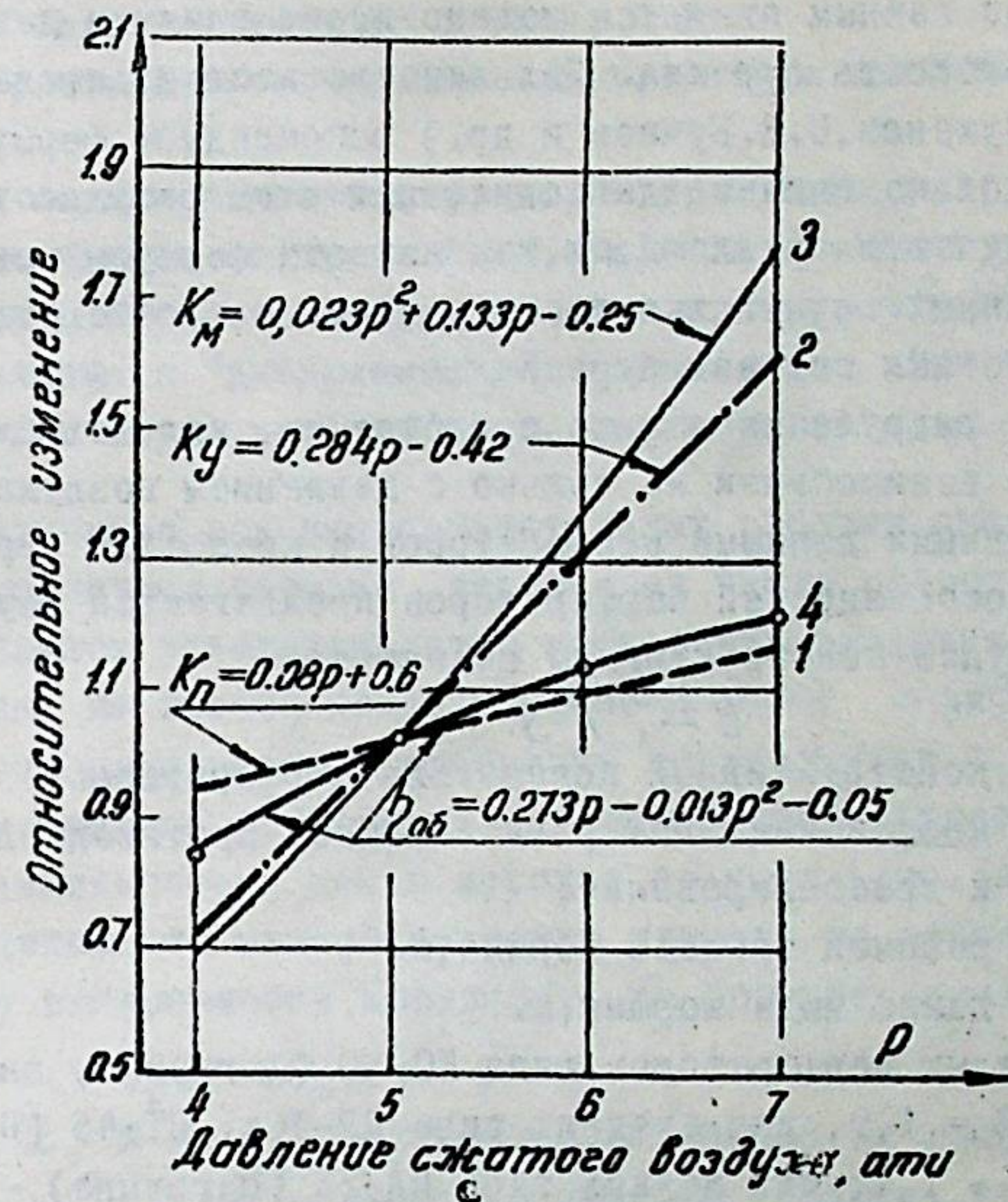


Рис.3. Относительное изменение показателей работы перфоратора в зависимости от давления сжатого воздуха. 1 - изменение числа ударов; 2 - изменение энергии удара; 3 - изменение мощности; 4 - изменение числа оборотов.

Изменение мощности перфоратора с изменением давления выразится формулой

$$K_M = 0,023 \rho^2 + 0,138 \rho - 0,25.$$

Относительное изменение числа оборотов в зависимости от давления может быть определено

$$z_{об} = 0,273 \rho - 0,013 \rho^2 - 0,05,$$

а изменение крутящего момента по формуле

$$\zeta = 0,165 \rho + 0,175.$$

Характер изменения этих величин показан на рис. 3

13



Особенно важным является установление влияния давления воздуха на скорость бурения. Большинство исследователей (проф. А.Ф. Сухенов, В.В. Бучнев и др.) рекомендуют формулы, отражающие только влияние давления, при этом результаты расчетов получаются различными, так как эти формулы выведены для определенных горнотехнических условий и соответствуют отдельным частным случаям бурения.

Процесс разрушения породы при бурении, являясь сложным, находится во взаимосвязи не только с давлением воздуха, но и с конструктивными данными перфораторов и крепостью буримых пород. Учет особенностей перфораторов предлагается осуществлять, пользуясь конструктивным показателем

$$B = \gamma \cdot F \cdot S,$$

где  $B$  - конструктивный показатель перфораторов;  
 $\gamma$  - коэффициент потерь на трение, противодействие и дросселирование;  
 $F$  - рабочая площадь поршня, см<sup>2</sup>;  
 $S$  - длина хода поршня, м.

Для тяжелых перфораторов типа КС-50 (I группа) значение  $B = 1,8 - 1,9$ , для средних типа ПР-30к, ПТ-45 (II группа) -  $B = 1,4$ ; для легких типа ПА-23 (III группа) -  $B = 1,0$ .

На основании многочисленных опытов установлено, что показатели скорости бурения могут быть определены по формулам (39, 40, 41):

а) для перфораторов I группы  $\ell_1 = 95 \rho + 4,375 f - 3,5 f \rho - 114$ ;  
 б) для перфораторов II группы  $\ell_1 = 85 \rho + 1,05 f - 3,5 f \rho - 86$ ;  
 в) для перфораторов III группы  $\ell_1 = 80,5 \rho + 1,4 f - 3,5 f \rho - 66$ .

В среднем относительное изменение скорости бурения с изменением давления и крепости пород с достаточной точностью можно определять по формуле (38)

$$\gamma = 0,16 \rho + 0,011 f \rho - 0,055 f + 0,2,$$

где  $\gamma$  - коэффициент, учитывающий влияние давления воздуха и крепости пород;

$f$  - коэффициент крепости пород;  
 $\rho$  - давление воздуха в сети, ати.

Относительное изменение скорости бурения показано на рис. 4.

Для оценки показателей, характеризующих разрушаемость пород при бурении в связи с их крепостью и конструктивными параметрами бурового оборудования и инструмента, вводится представление о "внедряемости", понимая под этим термином продвижение шпура при работе перфоратора за один оборот бура.

Полученные при экспериментальных работах скорости бурения по различным породам делятся на число оборотов бура и таким образом устанавливается показатель внедряемости. Нанесенные на график показатели показывают наличие определенной закономерности в изменении внедряемости с увеличением давления воздуха. В породах не-крепких она возрастает с меньшей интенсивностью, чем в породах крепких (рис. 5А).

В целом это изменение можно принять по закону прямой и величину внедряемости определять по формуле, имеющей вид

$$\ell_{\sigma} = K \rho - Z f + C \text{ мм},$$

где  $K$ ,  $Z$  и  $C$  - постоянные, зависящие от типа перфораторов;  
 $\rho$  - давление сжатого воздуха, ати;  
 $f$  - крепость породы.

Исходя из этих положений, относительное изменение внедряемости в зависимости от типа перфораторов, крепости пород и давления воздуха можно определить по формуле (48)

$$\gamma' = C_1 f (\rho - S) + 1,$$

где  $C_1$  - коэффициент, зависящий от типа перфоратора (I гр. -  $C_1 = 0,01$ ; II гр. -  $C_1 = 0,012$ ; III гр. -  $C_1 = 0,014$ ).

Характер изменения внедряемости показан на рис. 5.

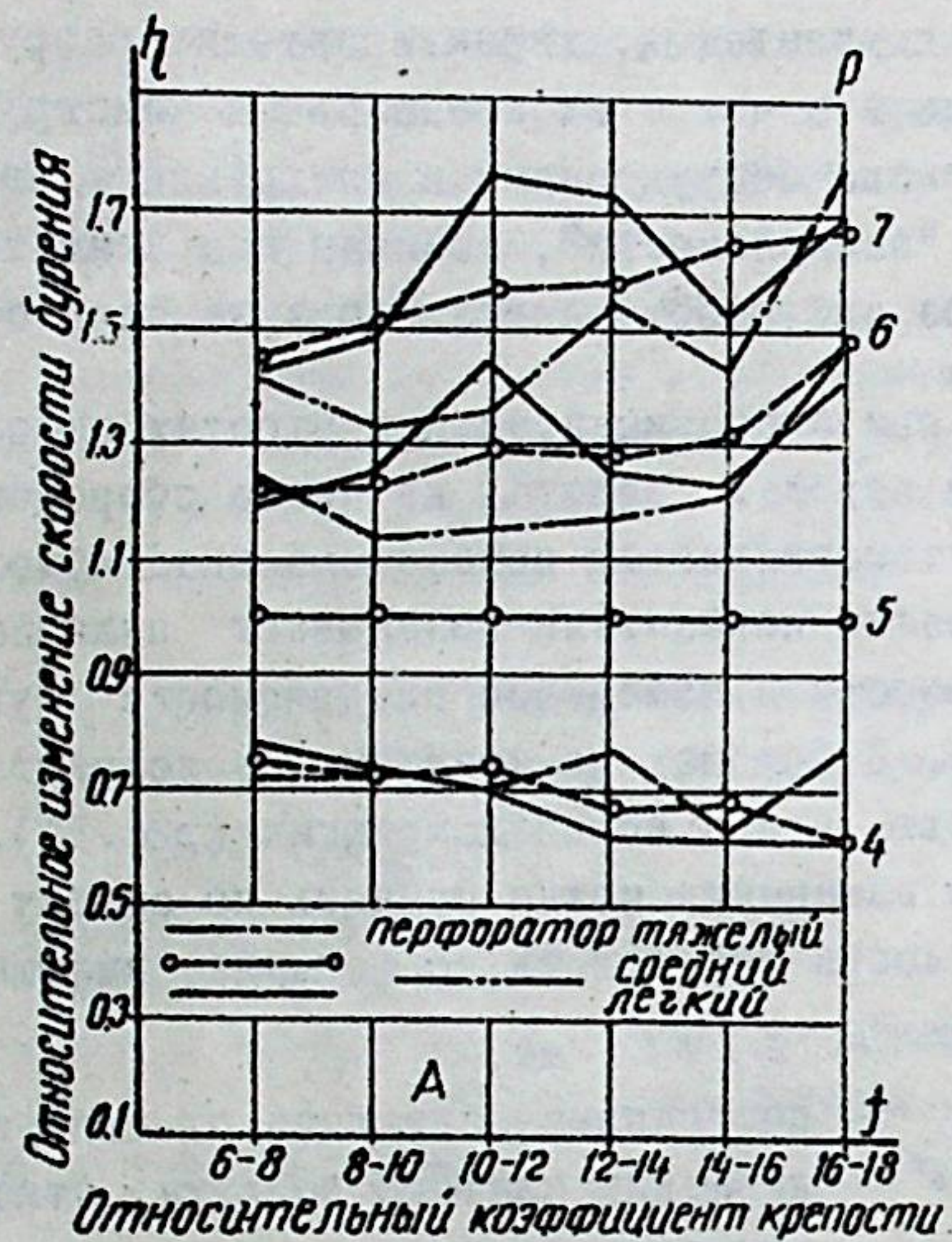


Рис. 4. Относительное изменение скорости бурения в зависимости от крепости пород и давления сжатого воздуха при разных типах перфораторов.

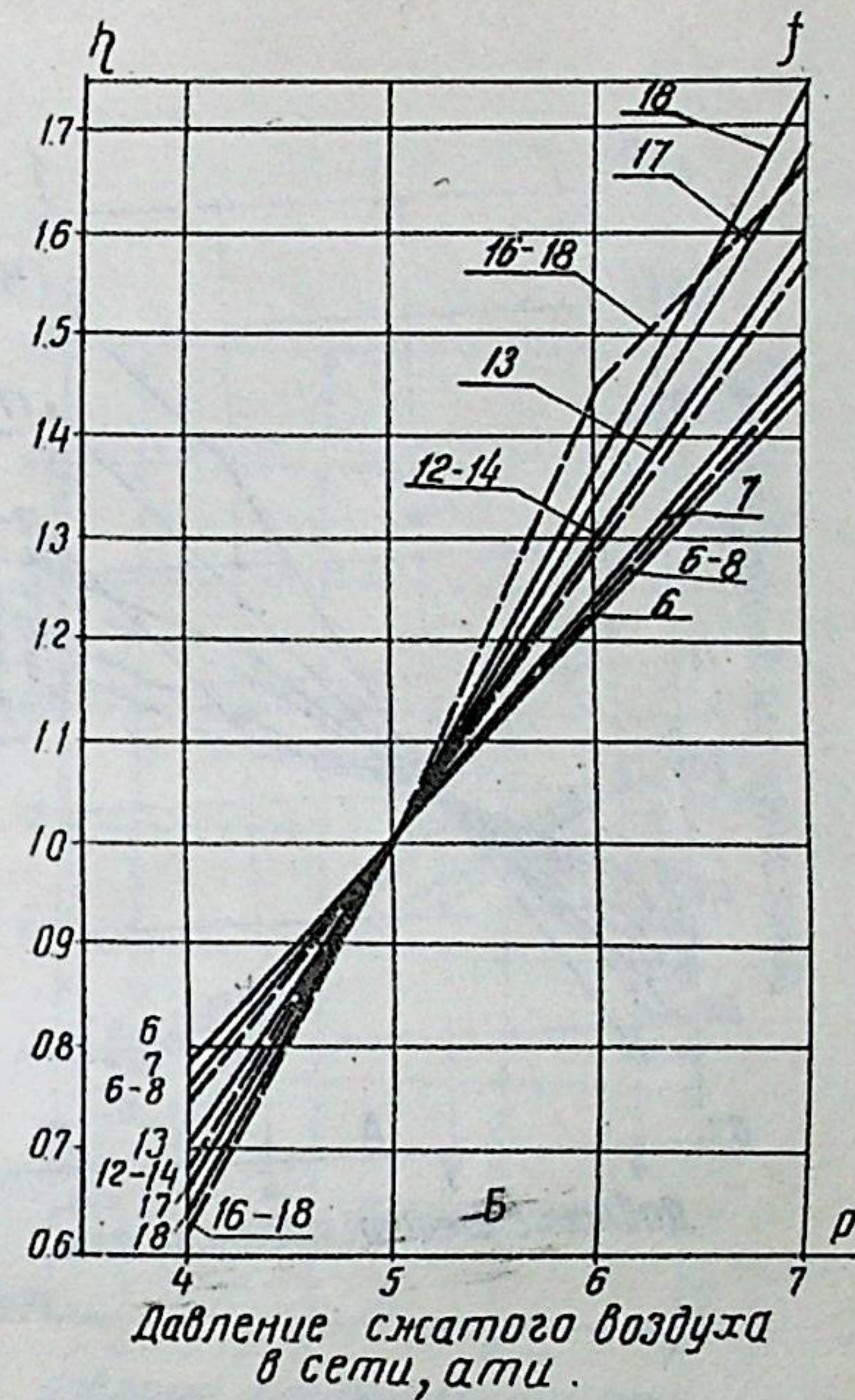


Рис. 4а. Относительное изменение скорости бурения в зависимости от давления сжатого воздуха.  
 ----- экспериментальные данные;  
 ————— расчетные по формуле:

$$\zeta = 0,16 \rho + 0,011 \rho f - 0,05 f + 0,2.$$

335148  
 Центральная научная  
 БИБЛИОТЕКА  
 Академии наук Киргизской ССР

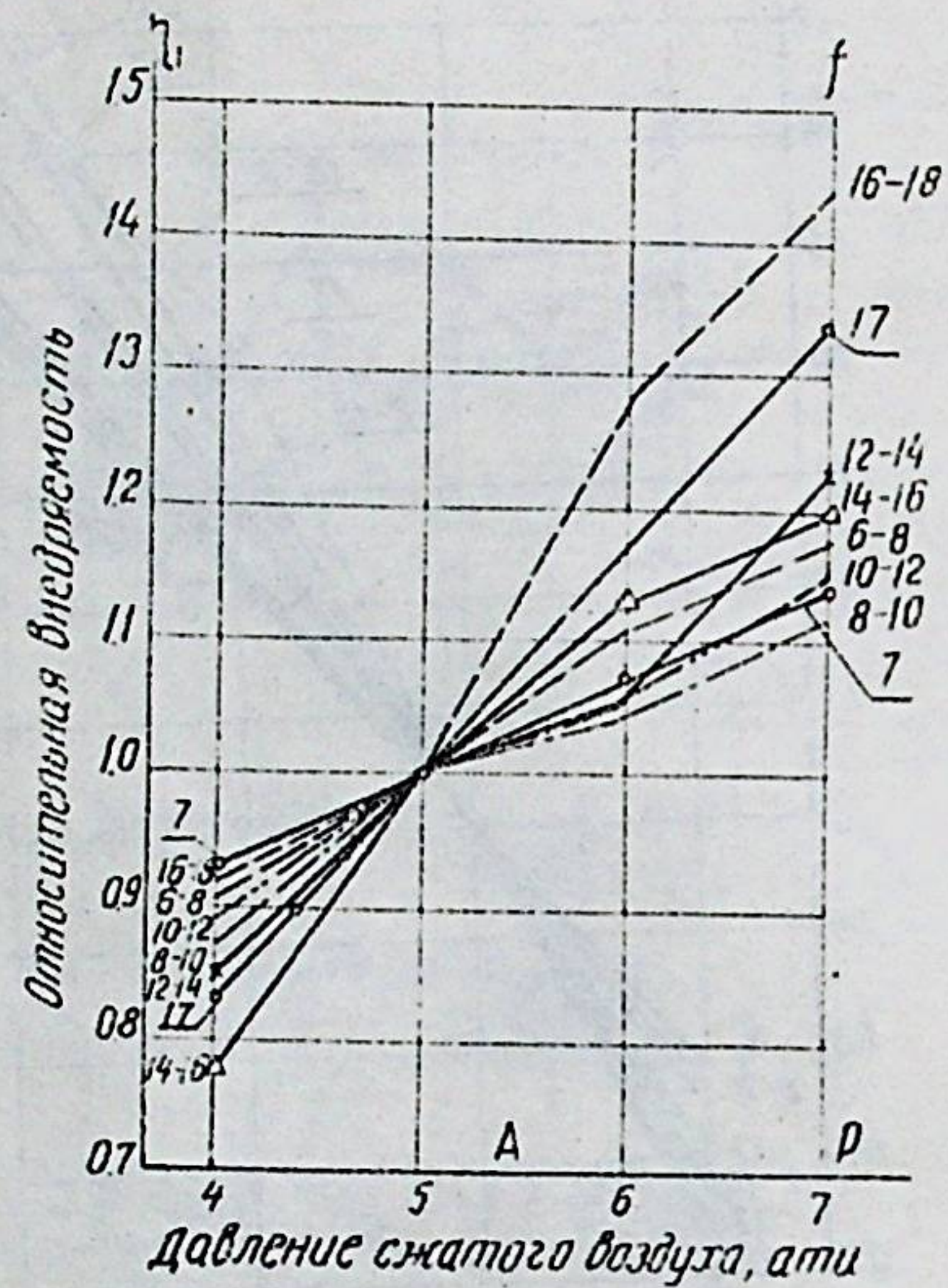


Рис. 5. Относительное изменение внедряемости в зависимости от давления воздуха и крепости пород:

- A* - перфоратор ПР-30к;
- экспериментальные данные;
- расчетные по формуле

$$z = 0,01 f(p-5) + 1$$

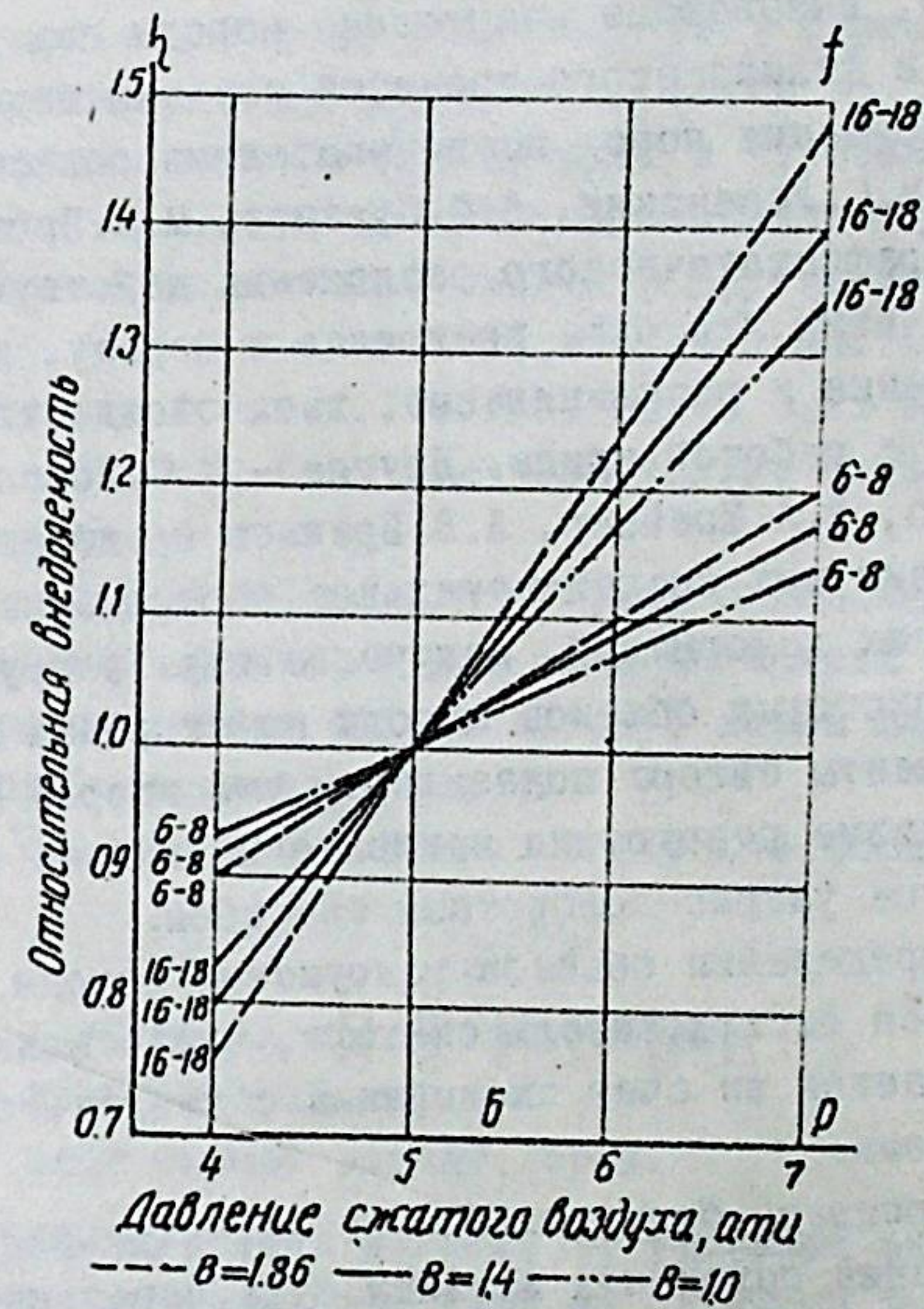


Рис. 5а. Относительное изменение внедряемости в зависимости от давления сжатого воздуха для разных перфораторов при расчете по формуле:  $z = 0,01 f(p-5) + 1$ .

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ  
ПОРОДЫ ПОД ЛЕЗВИЕМ БУРА

Причины, вызывающие разрушение породы под лезвием инструмента, и физика этого процесса изучены недостаточно. Механизм разрушения пород исследователями объясняется различно. Так, Н.С.Успенский, А.Ф.Суханов, М.М.Протоdjаконов исходят из графостатического разложения действующих при ударе сил, считая, что бур, внедряясь в породу, производит её раздавливание и расклинивание, т.е. отождествляют процесс бурения с работой клина. Другие - И.С.Покровский, И.А.Остроушко, Л.А.Шрейнер, А.В.Брежнев представляют процесс разрушения как последовательное образование под лезвием бура упругих деформаций, получение ядра разрушения и скалывания некоторых объемов породы по сторонам лезвия.

Эксперименты автора показывают, что второе представление о механизме разрушения наиболее правильно объясняет процесс бурения ударно-поворотным способом. Однако при определении объемов разрушения породы за один удар почти все исследователи считают, что основная часть породы разрушается за счет скалывания секторов, образуемых смежными ударами.

Анализ процесса бурения показывает, что, принимая за основу разрушение пород под лезвием бура через передачу давления от инструмента вглубь породы с образованием под лезвием коронки ядра, вызывающего разрушение некоторого прилегающего к нему объема породы, в результате получается канавка-лунка с незначительным скалыванием секторов, прилегающих к центру шпура. Объем разрушенной породы в этом случае с достаточной точностью определится объемом образующейся канавки.

Подтверждением этому служит: с одной стороны, дисперсность бурового шлама, получаемого при различных условиях бурения, и с другой, несоответствие расчетных объемов разру-

шения, определенных через скалывание секторов, фактически наблюдаемым скоростям бурения.

Существующее буровое оборудование дает большие углы поворота между смежными ударами (до  $40^\circ$ ). При глубине внедрения, которое имеет место в процессе бурения, скол основной части секторов, получаемых между ударами, не произойдет. Изменение диаметра шпуров, угла поворота, формы коронки бура, типа перфораторов и крепости пород почти не оказывает заметного влияния на соотношение фракций в буровом шламе, что наглядно видно из рис.6, на котором приведены данные о дисперсности шлама по наблюдениям автора и других исследователей. Обращает на себя внимание и то, что шлам состоит в основном из очень мелких фракций. Частицы менее 0,25 мм составляют 70-75%, а они могут быть получены только в результате всестороннего сжатия.

Объем разрушаемой среды за удар определяется в среднем объемом канавки-призмы, а величина последней зависит от глубины внедрения лезвия бура в породу, длины лезвий и угла выкола породы (вершина призмы).

Этот объем можно выразить следующей формулой

$$V = \tau^2 \cdot a \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha / 2, \quad \text{мм}^3,$$

где  $\tau$  - глубина внедрения лезвия, мм;  
 $a$  - длина лезвий, мм;  
 $\alpha$  - угол выкола породы, град.

Глубина внедрения зависит от удельной энергии удара, передаваемой поршням бура (кгм на см длины лезвия) и крепости пород. На основании многочисленных экспериментов и учета показателя внедряемости для определения глубины внедрения получена эмпирическая формула (54), дающая хорошую совпадемость с данными, полученными при экспериментальных работах, и имеющая вид

$$\tau = A + 0.34 A_1 \cdot \gamma_\delta + 0.001 f^2 - 0.12 f \text{ мм},$$

где  $A$  - постоянная, равная 2 - 2,1;  
 $A_1$  - удельная энергия удара кгм;  
 $f$  - относительный коэффициент крепости;  
 $\gamma_\delta$  - коэффициент, учитывающий массу бурового инстру-

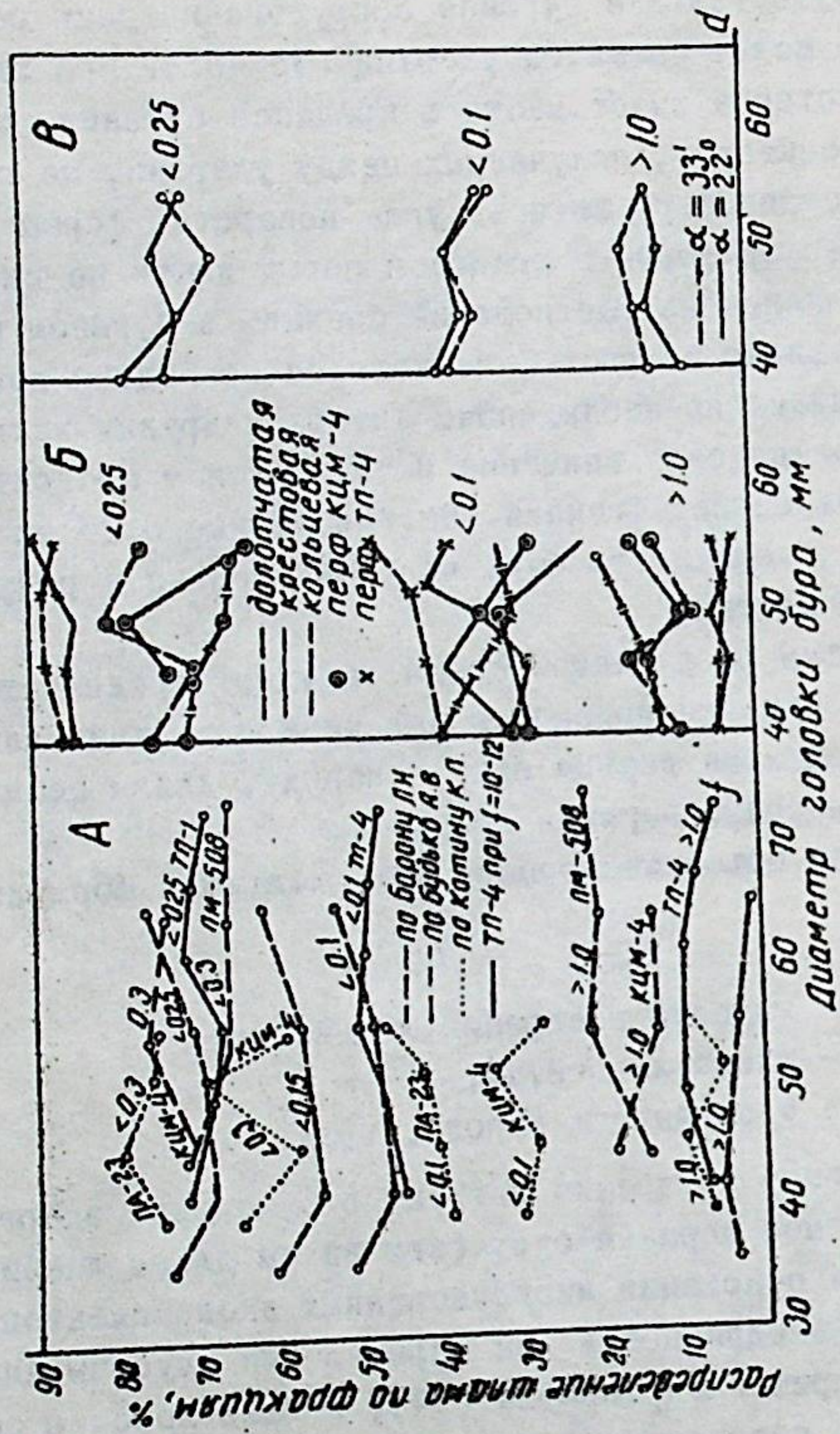


Рис. 6. Распределение шлама по фракциям в зависимости: А - от диаметра шпура и типа перфоратора (по разным авторам); Б - от формы коронки; Б - от угла поворота бура.

мента.

Длина лезвий определяется формой коронки, а угол выкола по опытным данным можно принять как

$$\alpha = 102 + f, \text{ град.}$$

Глубина внедрения определяется на стенде на отдельных образцах породы. В результате получаемые данные не всегда отражают многообразие физико-механических свойств пород по всей глубине шпура. В этом отношении показатель внедряемости можно использовать для определения глубины внедрения.

Исходя из того, что объем породы, разрушаемой за один оборот, можно определять через внедряемость по формуле

$$V_2 = 0,785 d^2 \ell_{\delta}$$

или через глубину внедрения по формуле

$$V_1 = \tau^2 \cdot \text{tg}^{\alpha/2} \cdot d \cdot n_1,$$

то принимая, что  $V_2 = V_1$ , глубина внедрения через внедряемость определится как

$$\tau = \frac{0,785 \cdot \ell_{\delta} \cdot d^2}{\text{tg}^{\alpha/2} \cdot d \cdot n_1} \text{ мм,}$$

а если известна глубина внедрения, то соответственно внедряемость будет

$$\ell_{\delta} = \frac{\tau^2 \cdot \text{tg}^{\alpha/2} \cdot d \cdot n_1}{0,785 d^2} \text{ мм,}$$

где  $\tau$  - глубина внедрения, мм;  
 $\ell_{\delta}$  - внедряемость, мм;  
 $d$  - диаметр шпура, мм;  
 $\alpha$  - угол выкола лунки, град;  
 $\ell$  - длина лезвий на коронке бура, мм;  
 $n_1$  - число ударов за один оборот бура.

Глубина внедрения, определяемая по формуле 54, хорошо согласуется с внедряемостью, полученной при бурении через объем разрушаемой породы за один удар. В то же время фактические показатели внедряемости не коррелируют с объемами разрушения, определяемыми через глубину внедрения, и размерами секторов скальваний, получаемых между смежными ударами (рис. 7).

Постоянство дисперсности шлама при разнообразных условиях бурения, согласованность объемов разрушения, полученных

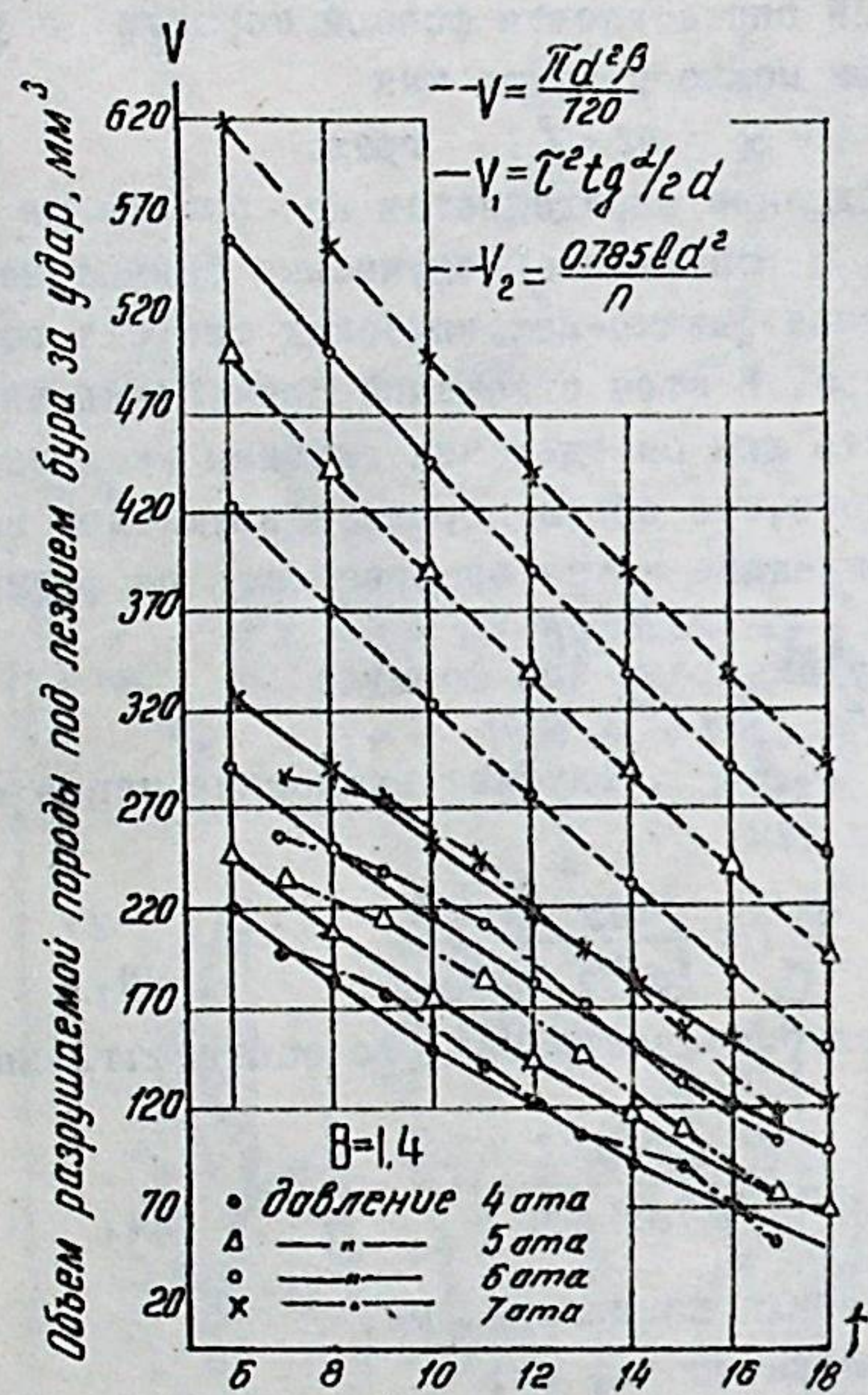


Рис.7. Объем породы, разрушаемой за удар при средних перфораторах:

- $V$  — — — при расчете через скалывание секторов;
- $V_1$  — — — расчет через объем призмы-лунки;
- $V_2$  - · - · - по фактическим показателям.

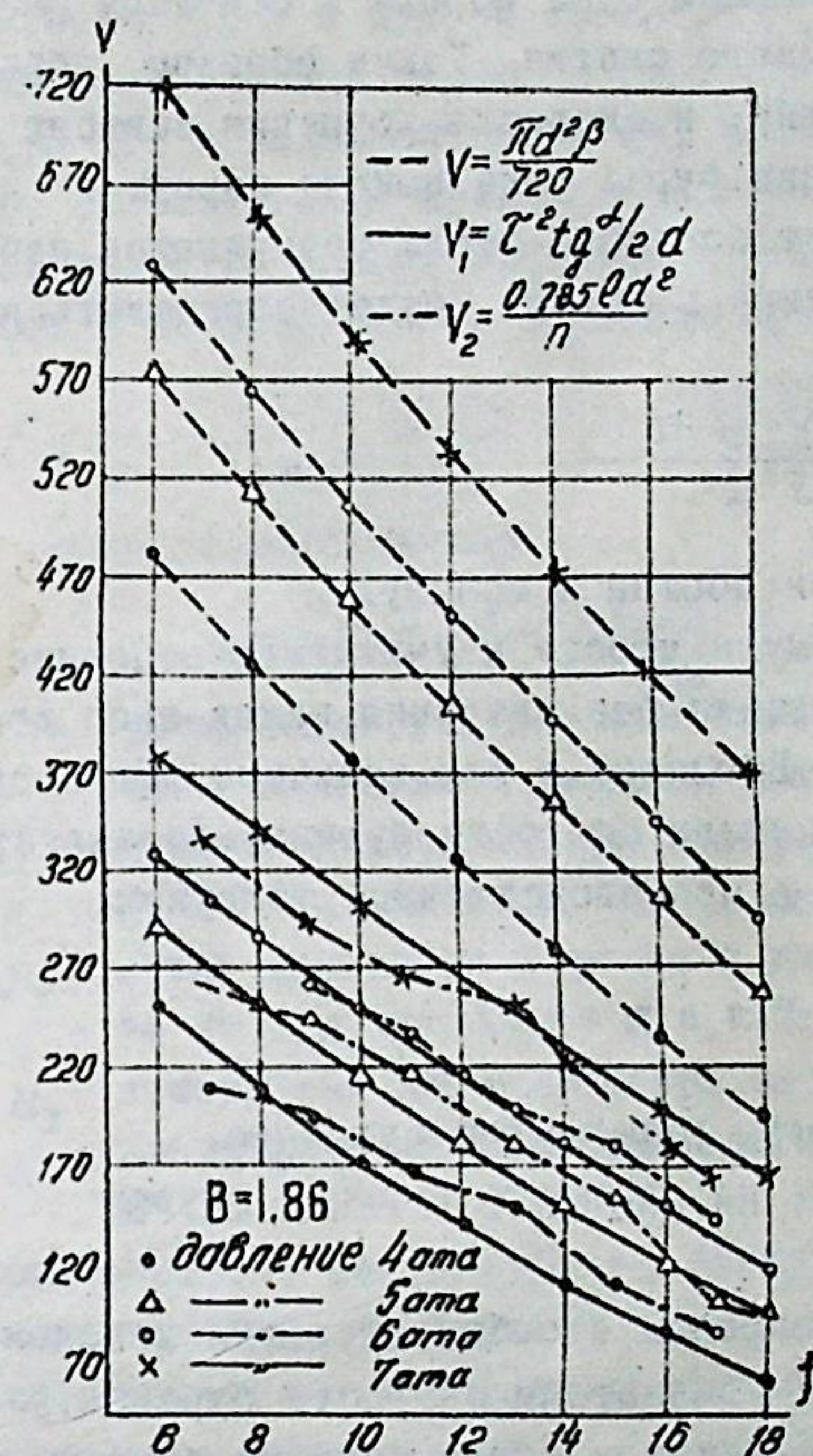


Рис.7а. Объем породы, разрушаемой за удар при тяжелых перфораторах:

- $V$  — — — при расчете через скалывание секторов;
- $V_1$  — — — расчет через объем призмы-лунки;
- $V_2$  - · - · - по фактическим показателям.

при фактическом бурении, с объемами лунки, определяемой через глубину внедрения, показывают, что при ударно-поворотном способе бурения под лезвием бура порода в основном разрушается за счёт всестороннего сжатия. Таким образом, объемы разрушения, а следовательно, и скорость бурения зависят от глубины внедрения лезвия бура, угла выкола породы и длины лезвий коронки. За счет бокового скола разрушаются небольшие объемы. Скорость бурения в мм/мин будет определяться по формуле (72).

$$v = \frac{\tau^2 \cdot \operatorname{tg}^{\alpha/2} \cdot a \cdot n}{0,785 \cdot d^2} \quad \text{мм,}$$

где  $n$  - число ударов поршня в минуту.

Рекомендуемая формула проста и учитывает основные горнотехнические условия бурения без введения каких-либо дополнительных коэффициентов. Входящие в неё величины легко определимы, а расчетные показатели скорости бурения соответствуют фактическим, получаемым в производственных условиях.

## Г л а в а VI

### ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА СКОРОСТЬ БУРЕНИЯ ШПУРОВ

Решение основных вопросов отбойки шпуровым методом связано с учётом влияния на показатели скорости бурения, размера и формы буровой коронки, диаметра шпура, сечения буровых штанг и их длины.

О зависимости скорости бурения от диаметра шпуров в горнотехнической литературе имеются самые разноречивые мнения. Дискуссии по этому вопросу в "Горном журнале" и журнале "Уголь" не привели к окончательным результатам.

Многочисленные экспериментальные работы в разнообразных условиях, данные по которым приведены в диссертации, показывают, что скорость бурения с изменением диаметра шпура находится в сложной взаимосвязи с крепостью пород, энергией удара поршня перфоратора и формой коронки.

Исходя из того, что в среднем при каждом ударе разрушается порода в объеме лунки, имеющей форму призмы, высота которой равна глубине внедрения лезвия ( $\tau$ ), а угол в вершине равен углу выкола породы ( $\alpha$ ), при длине, равной длине лезвий на коронке бура ( $a$ ), то при изменении диаметра шпура соответственно будет и другой объем разрушенной породы.

Отношение линейной скорости бурения при измененном диаметре шпура  $v_x$  к линейной скорости, принятой за основу  $v$ , показывает относительное изменение скорости бурения в зависимости от диаметра шпура. Принимая определение линейной скорости бурения по формуле 72, получаем формулу (73), имеющую вид

$$\xi = \frac{v_x}{v} = \frac{\tau_x^2 \cdot \operatorname{tg}^{\alpha/2} \cdot a_x \cdot n}{0,785 \cdot d_x^2} \cdot \frac{\tau^2 \cdot \operatorname{tg}^{\alpha/2} \cdot a \cdot n}{0,785 \cdot d^2},$$

или после преобразования

$$\xi = \frac{v_x}{v} = \frac{\tau_x^2 \cdot a_x \cdot d^2}{\tau^2 \cdot a \cdot d_x^2},$$

где  $\xi$  - коэффициент, учитывающий изменение скорости бурения с изменением диаметра шпура;

$\tau_x$  - глубина внедрения при диаметре шпура  $d_x$  - мм;

$\tau$  - то же при диаметре  $d$ , мм;

$a_x$  - длина лезвий на коронке с диаметром  $d_x$  мм;

$a$  - то же при диаметре  $d$ , мм;

$d_x$  - измененный диаметр шпура, мм;

$d$  - диаметр шпура, принятый для сравнения за стандарт, мм.

Таким образом, рекомендуемая формула учитывает все основные горнотехнические факторы, а именно: а) крепость пород (входит в определение  $\tau$ ); б) давление воздуха и тип перфоратора (входит в определение  $\tau$  как удельная энергия удара); в) форма коронки (входит при определении  $\tau$  и как длина лезвий на коронке -  $a$ ).

На рис. 8 показано изменение скорости бурения с изменением диаметра шпура в зависимости от крепости пород и энергии удара при долотчатой форме коронки. Как видно, получаются различные зависимости, которые хорошо согласуются с выводами многих авторов, исследовавших этот вопрос ранее.

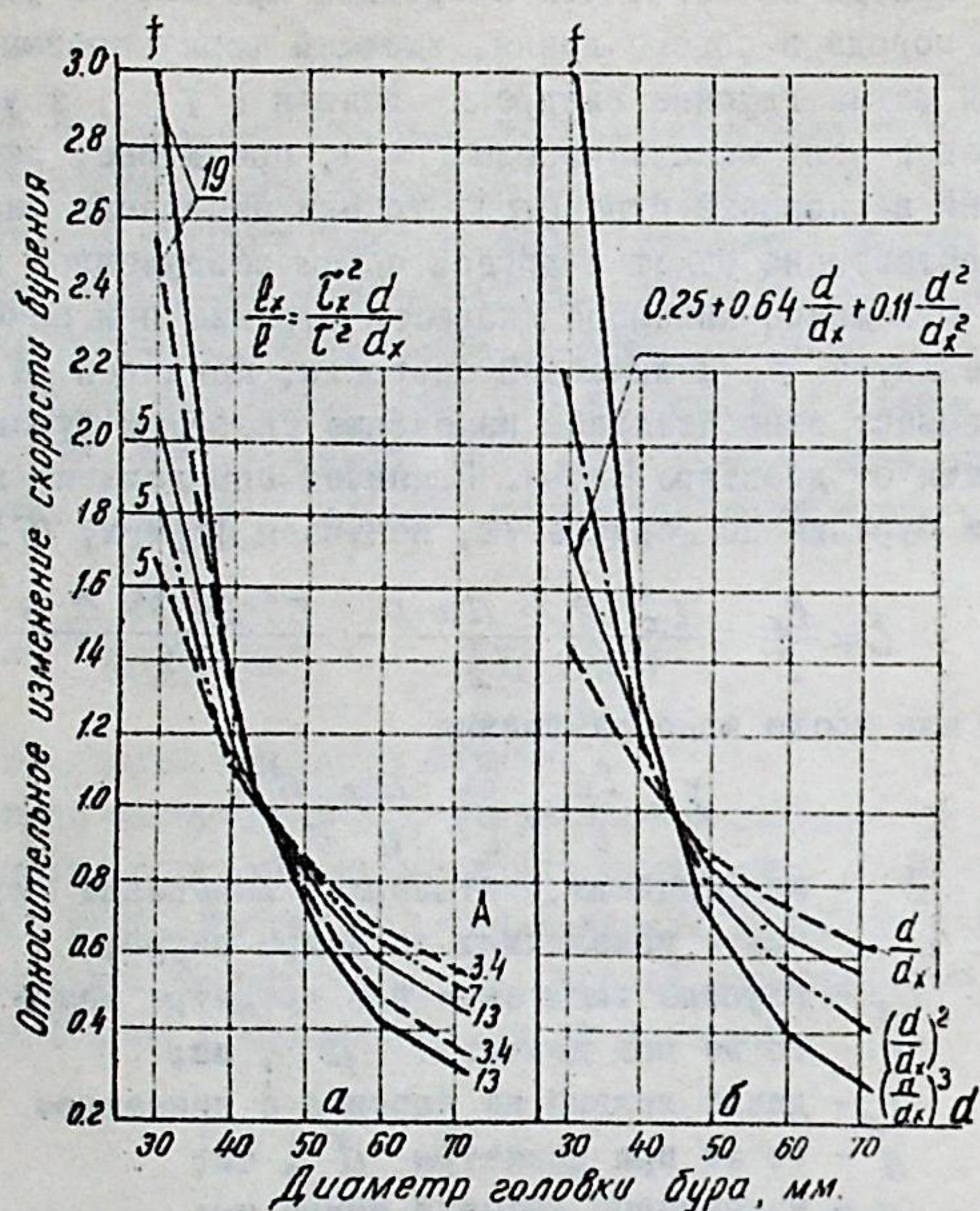


Рис. 8. Изменение скорости бурения в зависимости от диаметра шпура. *а* - при расчете по рекомендуемой формуле; *б* - по формулам разных авторов.

Многочисленные экспериментальные данные, приведенные в диссертации, соответствуют полученным при расчете по формуле (73).

Этот метод позволяет решить вопрос и об определении влияния формы коронки на скорость бурения, так как в настоящее время по этому вопросу также имеются различные точки зрения. Некоторые считают более производительной долотчатую форму, а другие отдают предпочтение крестовым,

Т-образным, двухдолотчатым и другим сложным формам. В диссертации приводятся данные, показывающие, что в зависимости от конкретных условий (крепость пород, энергия удара) может быть производительнее как крестовая, так и долотчатая форма.

Если выразить отношение длины лезвий при любой форме коронки к их длине при долотчатой через  $\kappa$ , то изменение линейной скорости бурения определится по формуле (75)

$$\frac{\ell_x}{\ell_g} = \kappa \frac{\tau_x^2}{\tau_g^2}$$

где  $\tau_g$  - глубина внедрения при долотчатой форме коронки, мм;

$\tau_x$  - то же при другой форме.

Изменение линейной скорости бурения при различных диаметрах и формах коронки хорошо увязывается с гипотезой о механизме разрушения породы под лезвием бура и определением объемов породы, разрушаемой при ударе.

При определении оптимального диаметра шпура чаще всего исходят из объемной скорости бурения, считая, что при этом энергия удара используется наиболее эффективно. Объемная скорость определяется формулой

$$V = 0.785 \cdot d^2 \cdot \ell,$$

где  $V$  - объемная скорость, мм<sup>3</sup>/мин;

$d$  - диаметр шпура, мм;

$\ell$  - линейная скорость, мм/мин;

Соответственно изменение объемной скорости с изменением диаметра шпура при любой форме коронки можно определить по формуле

$$\zeta_v = \frac{V_x}{V} = \frac{\tau_x^2 \cdot d^x}{\tau^2 \cdot d}$$

В диссертации приводятся данные об изменении объемной скорости бурения в зависимости от диаметра шпура, крепости пород и удельной энергии удара.

В породах некрепких с увеличением диаметра объемная скорость возрастает, в крепких часто остается на одном уровне, а в очень крепких даже уменьшается.

Увеличение глубины шпуров ведет к снижению линейной скорости бурения за счет:

увеличения длины бурового инструмента, ухудшения условий



передачи энергии удара поршня к лезвию коронки;

увеличения длины штанг бурового инструмента, повышающего роль крутящего момента, что при работе перфоратора с зависимым поворотным устройством нарушает нормальное движение поршня, и он начинает работать неэффективно;

усложнения удаления шлама из нисходящих шпуров.

Нормальное удаление шлама достигается подачей соответствующего количества воды в шпур под давлением и сохранением необходимого соотношения между диаметрами коронки и штанг.

Повышение крутящего момента достигается применением перфораторов с независимым поворотным механизмом, синхронно работающим с поршнем (перфоратор, разработанный ИГД АН КазССР). Значительное снижение скорости бурения с увеличением глубины шпуров происходит за счет потерь на неупругую и упругую деформации в буровом инструменте и некоторых потерь в узлах соединения штанг. Некоторые исследователи решают этот вопрос комплексно (А.Ф.Суханов, В.В.Бучнев, Э.О.Миндели и др.) через эмпирические формулы, которые отражают отдельные частные случаи. Другие, основываясь на классической теории удара и определяя потери, принимали переданную часть энергии буру как величину, характеризующую снижение скорости бурения. Фактические показатели в этом случае значительно отличались от расчетных.

В последние годы Е.В.Александров выдвинул волновую схему передачи энергии, по которой, начиная с определенной длины бура, величина передачи остается постоянной. При этом наблюдающееся фактическое изменение скорости бурения объясняют ухудшением условий очистки шпура. Некоторые рекомендуют определять потери передачи энергии исходя из снижения амплитуды напряжений ударного импульса по штангам. Эти методы расчетов слишком сложны, содержат много трудно определяемых величин.

В диссертации данный вопрос рассматривается с учетом классической теории удара и введением поправочного коэффициента.

Коэффициент использования энергии удара поршня на полезную работу бурения определяется по формуле (77)

$$\eta = \frac{\alpha \cdot m \cdot m_1 (1 + C)^2}{(m_1 + \alpha \cdot m)^2},$$

где  $m$  - масса бура;

$m_1$  - масса поршня перфоратора;

$\alpha$  - поправочный коэффициент = 0,7;

$C$  - коэффициент восстановления.

При другой длине бура изменится его масса  $m_2$ . Отношение коэффициентов использования энергии удара поршня при первоначальной и измененной массе бура будет

$$\zeta_{\delta} = \frac{\eta_1}{\eta},$$

где  $\eta_1$  - коэффициент использования энергии удара на полезную работу бурения при измененной длине бурового инструмента;

$\eta$  - то же, но при длине бурового инструмента, взятого за стандарт.

После подстановки соответствующих значений и преобразований это отношение примет вид формулы (78),

$$\zeta_{\delta} = \frac{\ell_1 (B + \alpha \cdot g \cdot \ell)^2}{\ell (B + \alpha \cdot g \cdot \ell_1)^2},$$

где  $\ell$  - длина бура, принятого за стандарт, м;

$\ell_1$  - длина измененного бура, м;

$B$  - вес поршня, кг;

$g$  - вес пог.м. бура, кг.

Полученный по формуле 78 коэффициент использования энергии удара на работу разрушения не является величиной, характеризующей изменение скорости бурения. Он входит как одна из величин, определяющих удельную энергию удара, что отражается на значении глубины внедрения лезвия, а следовательно, и на скорости бурения.

В этом случае измененная глубина внедрения (формула 52) получит вид

$$\tau \ell = A + 0,34A, \zeta_{\delta} + 0,001 f^2 - 0,12 f.$$

Изменение скорости бурения в зависимости от длины не составных буров определится из выражения

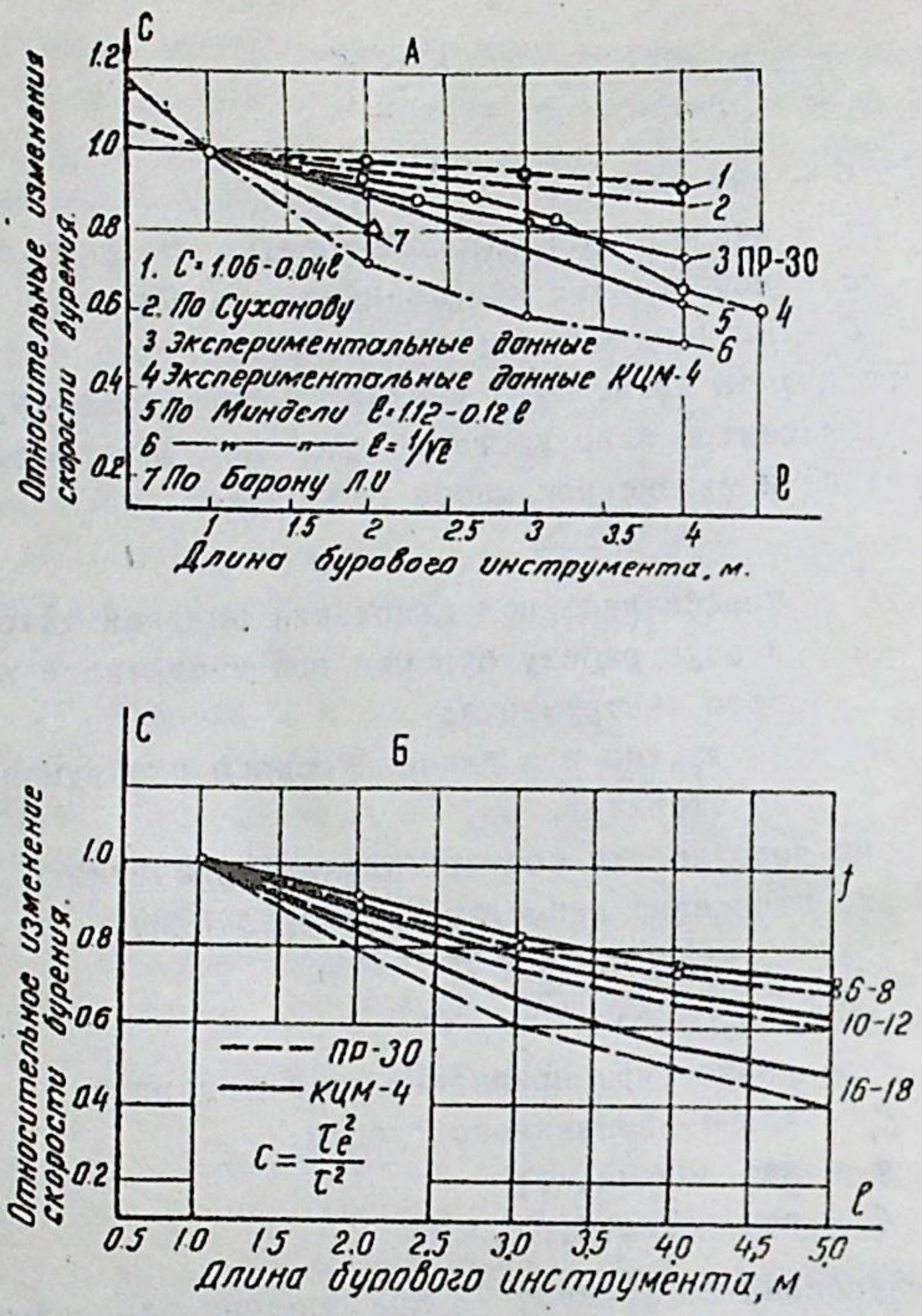


Рис.9. Изменение скорости бурения в зависимости от длины бура. А - по данным разных авторов; Б - при расчёте по рекомендуемой формуле.

$$C = \frac{\tau_r^2}{\tau^2}$$

где  $\tau$  - глубина внедрения лезвия при длине бура  $l$  м;  
 $\tau_r$  - то же, но при длине  $l_r$ , м.

Изменение скорости бурения с изменением длины бура по результатам наших экспериментов, данным других исследователей и расчётным показателям по рекомендуемым формулам приведено на рис.9.

Как видно, расчётные показатели соответствуют тем данным, которые получены при экспериментальных работах.

При составных бурах (штанговое бурение) возникают потери скорости бурения за счёт узлов соединений, которые по экспериментальным данным ряда исследователей составляют 1,5 - 3% на каждый узел. Поэтому изменение скорости бурения в зависимости от длины составного бурового инструмента можно определить по формуле

$$C_{ш} = \frac{\tau_r^2}{\tau^2} (1 - 0,015 \cdot m),$$

где  $\gamma'$  - процент потерь скорости бурения на каждый узел;  
 $m$  - число узлов соединений по длине инструмента.

Приведённые в диссертации экспериментальные данные об изменении скорости бурения с изменением глубины шпуров хорошо согласуются с расчётными.

На скорость бурения оказывает влияние также и диаметр штанг, из которых изготовлены буры.

Исходя из классической теории удара, определяется характер изменения передачи энергии удара на работу разрушения по формуле (82).

$$\gamma_{шт} = \frac{(B + \alpha \cdot g)^2}{(B + \alpha \cdot g_1)^2},$$

где  $B$  - вес поршня, кг;  
 $g$  - вес пог.м. стали, взятого за основу, кг;  
 $g_1$  - то же стали с изменённым диаметром;  
 $\alpha$  - поправочный коэффициент, учитывающий соотношение длин соударяемых тел и др. факторов.

Вводом этого коэффициента в формулу для определения глубины внедрения лезвия определяется изменение скорости бурения при разных диаметрах буровой стали.

Получаемые результаты расчёта близки к тем, которые получают фактически в производственных условиях. Так, применение

штанг диам. 22 мм показало повышение скорости относительно штанг диам. 25 мм на 18-22%, а штанги диам. 32 мм снижают её на 17-25%. Использовать этот резерв можно повышением качества стали и улучшением её эксплуатации.

## Г л а в а У П

### ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ ПЕРФОРАТОРНОМ БУРЕНИИ

Производительность бурения шпуров определяется через показатели буримости, получаемые при бурении специальными "пробниками" с последующим введением ряда поправочных коэффициентов на горно-технические условия. По показателям буримости с учетом подготовительно-заключительных и вспомогательных операций устанавливаются нормы выработки.

Такой метод включает в себя элементы субъективного определения производительности. Значения коэффициентов не всегда отражают истинное их влияние, поэтому такой метод нельзя считать научно обоснованным, он не способствует использованию прогрессивных технических средств бурения.

В работе обосновывается необходимость производить объективное определение буримости по предлагаемой формуле (72) с учётом основных горнотехнических условий в их взаимосвязи. В определении производительности, кроме затрат времени на чистое бурение, являющегося обратной величиной буримости, существенное значение имеет учёт затрат времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции.

Время на подготовительно-заключительные операции регламентируется в зависимости от применяемого оборудования, а при определении времени на вспомогательные операции, кроме оборудования и инструмента, влияющих на его величину, необходимо учитывать и крепость пород.

В диссертации приводится обоснование затрат времени на каждый из элементов вспомогательных операций, и в итоге приводится формула для определения суммарного времени, имеющая вид

$$t_{\theta} = 0,06 f + t_2 + t_3 + t_n m + \sum t_4,$$

где

- $t_{\theta}$  - время на вспомогательные операции, мин;
- $t_2$  - время на переход к бурению следующего шпура, мин;
- $t_3$  - время на чистку шпура, мин;
- $t_n$  - время на наращивание одной штанги, мин;
- $t_4$  - время на разовую смену коронки, мин;
- $m$  - число наращиваний на глубину шпура.

Установлено, что отношение времени на вспомогательные операции к общему времени бурения не зависит от глубины бурения, а изменяется в зависимости от крепости пород (рис. 10). Это изменение можно выразить формулой

$$n = 0,03 f + 0,22.$$

На основе учёта чистого времени бурения и времени на вспомогательные операции установлено, как изменяется объемная скорость бурения в зависимости от крепости пород, диаметра шпура и типа перфоратора.

Диаметр шпуров и их глубина влияют на выход горной массы с погонного метра шпура, оказывают влияние на ЛНС и расстояние между ними. Так как расход ВВ находится в прямой зависимости от объема отбиваемой горной массы, то величина ЛНС, являясь функцией диаметра шпура, удельного расхода ВВ и его плотности, может быть определена по формуле (114)

$$h = d_3 \sqrt{\frac{1}{m}} \cdot \sqrt{\frac{0,785 \cdot \gamma \cdot e}{g \cdot \eta}},$$

где

- $h$  - ЛНС, м;
- $d_3$  - диаметр шпура, дм;
- $m$  - коэффициент сближения зарядов;
- $\gamma$  - плотность ВВ, г/см<sup>3</sup>;
- $g$  - удельный расход ВВ, кг/м<sup>3</sup>;
- $\eta$  - коэффициент использования шпура;
- $e$  - длина заполняемой части I м шпура, дм;

Другие показатели, если известна ЛНС, определяются

по формулам:

1. Расстояние между шпурами

$$c = 0,82h + 0,52$$

2. Коэффициент сближения

$$m = \frac{0,82h + 0,52}{h}$$

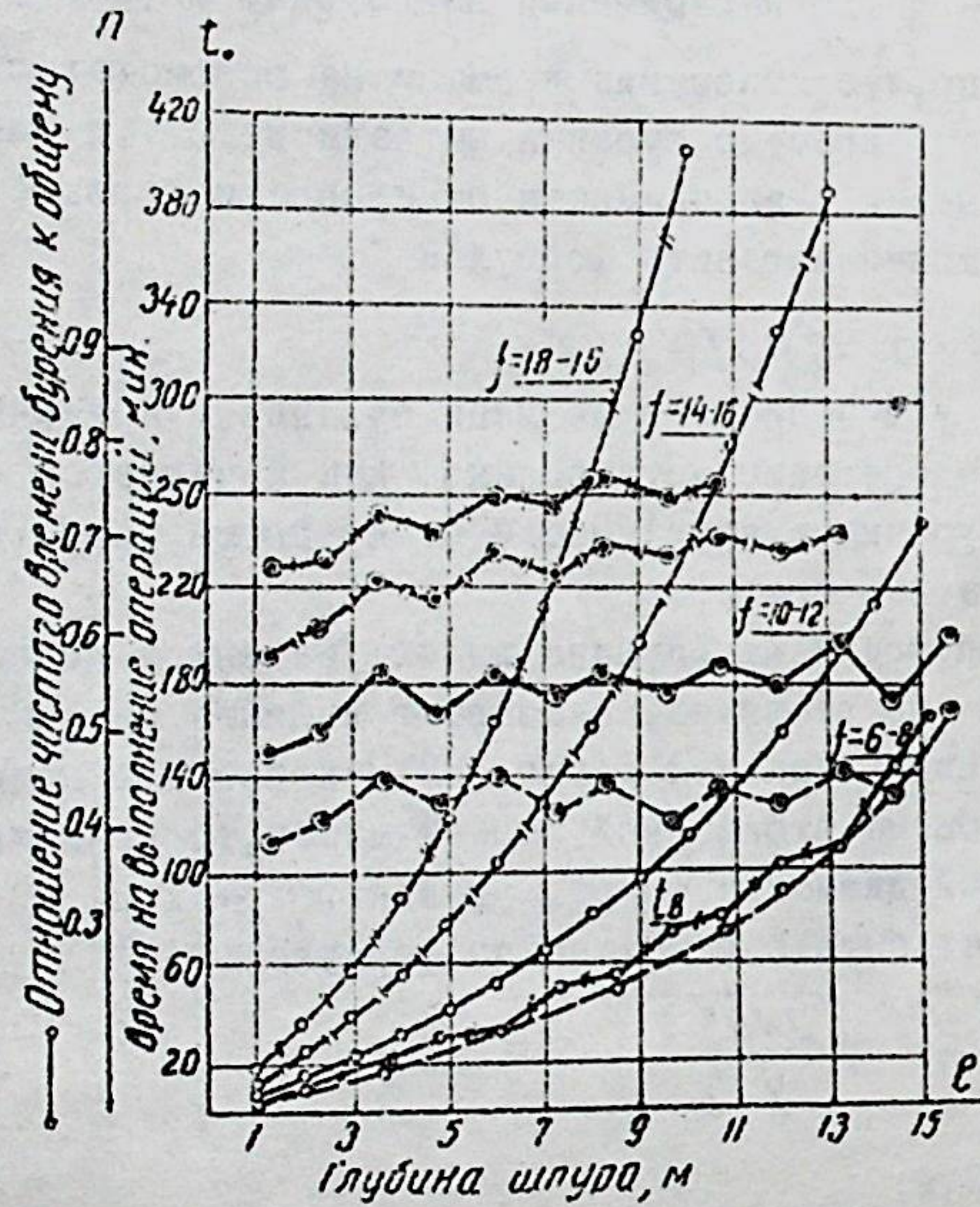


Рис. 10. Время на выполнение основных и вспомогательных операций и отношение чистого времени бурения к общему.

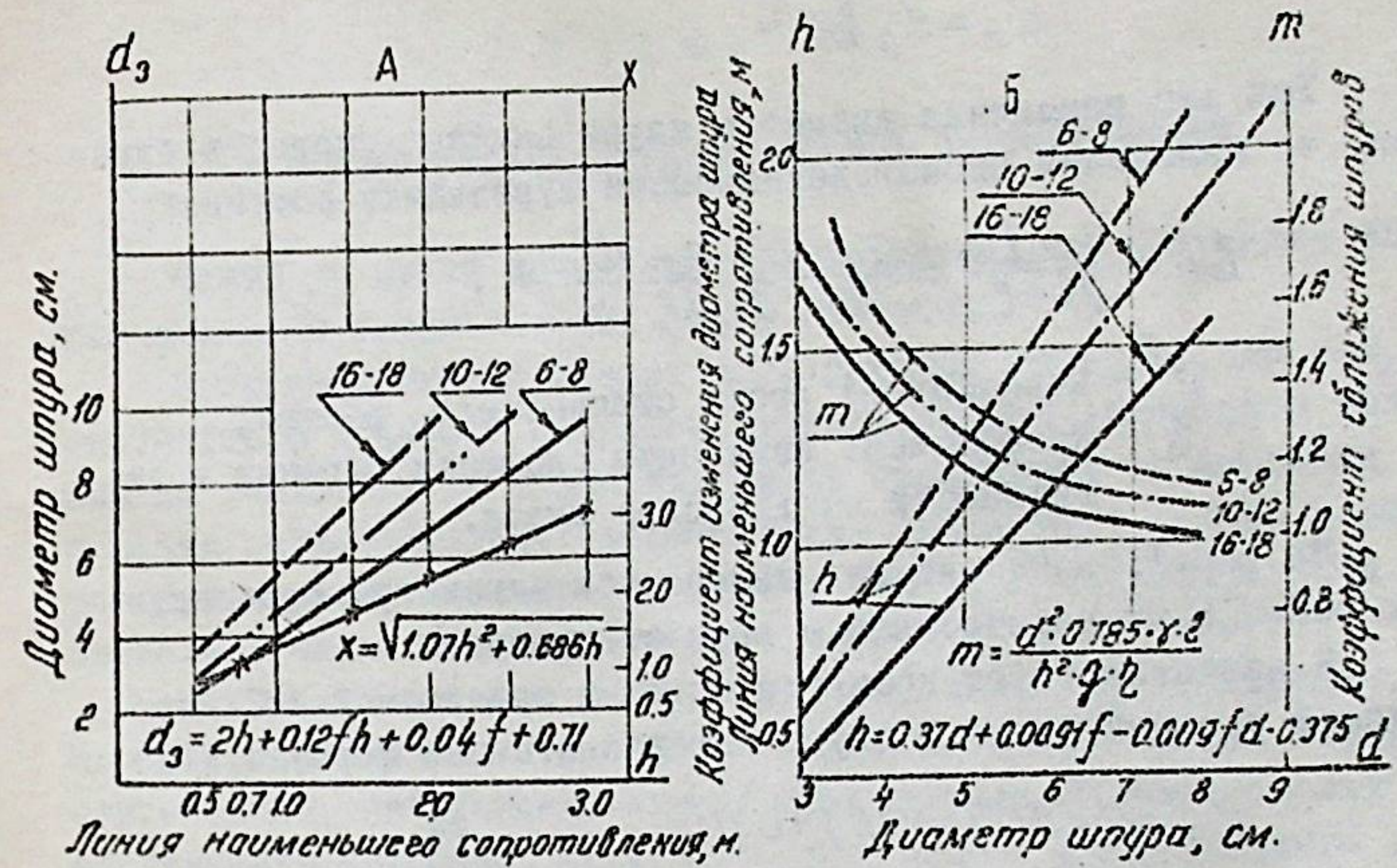


Рис. 11. Параметры буровзрывных работ. А - зависимость диаметра шпура от ЛНС и крепости пород; Б - зависимость ЛНС и коэффициента сближения от диаметра шпуров и крепости пород.

Соответственно диаметр шпура определится из выражения

$$d_3 = \sqrt{\frac{h \cdot c \cdot 9 \cdot 2}{0,785 \cdot 8 \cdot 2}}$$

(обозначения те же).

Изменяя ЛНС, изменится расстояние между шпурами и выход горной массы с погонного метра шпура.

Выход горной массы составит

$$V_M = h \cdot c \cdot 2$$

Изменив ЛНС в  $Z$  раз, изменится и расстояние между шпурами, в  $Y$  раз, тогда измененный объем отбиваемой массы будет

$$V_x = V_M \cdot Z \cdot Y$$

а диаметр шпура изменится как

$$d_x = d_3 \sqrt{z \cdot y}$$

Так как изменение диаметра шпура снижает скорость бурения, то изменение производительности бурильщика составит

$$\xi \delta = \frac{V_x \cdot \ell_x}{V_m \cdot \ell} = \frac{z \cdot y \cdot \tau_x^2 \cdot d_x \cdot d^2 \cdot h_x}{\tau^2 \cdot a \cdot d_x^2 \cdot h}$$

где  $\delta$  — коэффициент роста отбиваемого объема;  
 $\xi$  — коэффициент изменения скорости бурения в зависимости от диаметра шпура.

На рис. II показано, как изменяются параметры буровзрывных работ в их взаимосвязи с крепостью пород.

В зависимости от крепости пород в задаваемой ЛНС необходимый средний диаметр шпура определяется по формуле (118)

$$d_3 = 2h + 0,12 \sqrt{h + 0,4} + 0,71 \quad \text{см.}$$

Если же известен средний диаметр шпура и крепость породы, то при взрывании аммонитом № 6 ЖВ при плотности в патронах  $\gamma = 1 \text{ г/см}^3$  и работоспособности ВВ  $360-380 \text{ см}^3$  ЛНС будет

$$h = 0,37d_3 + 0,0091 \sqrt{d_3} - 0,009d_3 \sqrt{d_3} + 0,375 \quad \text{м.}$$

При других ВВ необходимо ввести поправку, т.е.

$$h_x = h \sqrt{\gamma \cdot \ell \cdot e}$$

где  $\gamma$  — плотность ВВ,  $\text{г/см}^3$ ;  
 $\ell$  — коэффициент заполнения длины шпура;  
 $e$  — относительное изменение работоспособности

$$\text{ВВ } \frac{380}{\ell_x};$$

$e_x$  — работоспособность ВВ,  $\text{см}^3$ ;

Если изменение диаметра шпура и ЛНС проходит по прямой, то коэффициент сближения зарядов изменится по кривой и может быть определен по формуле (125)

АВТОМАТИЗАЦИЯ БУРЕНИЯ ШПУРОВ ПЕРФОРАТОРАМИ

Одним из путей повышения производительности бурения шпуров является автоматизация этого процесса.

Испытания быстроударных перфораторов показали, что они значительно повышают скорость бурения, однако санитарные условия не позволяют их применять из-за возможного заболевания рабочих виброболезнью. Автоматизация управления работы перфоратором позволит избежать контакта рабочего с перфоратором и применить более производительное буровое оборудование.

Отношение времени чистого бурения к общему показывает, что в крепких породах при увеличенном диаметре шпуров оно достигает 0,8, при автоматизированном бурении рабочий сможет обслуживать несколько агрегатов, что будет способствовать повышению производительности его труда. Под руководством автора группой инженеров разработан и испытан буровой автомат, состоящий из перфоратора, пневмоподатчика, пневмокомпенсатора и упор-буродержателя. В диссертации приведены схемы и описание его работы и результаты опытного применения.

Предложенный буровой автомат позволяет выполнять все операции бурения без участия бурильщика. В этом случае забуривание, бурение на заданную глубину, возврат в исходное положение, прекращение подачи воды и воздуха осуществляются без участия рабочего. При этом оптимальные осевые усилия подачи регулируются автоматически.

Испытания в Лениногорском шахтостроительном управлении показали, что даже в породах выше средней крепости один рабочий легко обслуживает 2 перфоратора.

Установка буровых автоматов осуществляется или на специальных установочных устройствах, или на буровых каретках.

Автором с группой инженеров разработана конструкция легкого установочно-подающего устройства (УПМ-А-1), позволяющего бурить с его помощью двумя и даже четырьмя перфораторами, при этом монтаж и демонтаж производится быстро и легко одним рабочим.

Эта установка применима при проходке горизонтальных выработок и в очистных забоях ограниченного пространства.

Для проходки горизонтальных выработок успешно может быть применена буровая каретка ЛБК-2 с установленными на ней автоматами. Изготовленная в мастерских Лениногорского шахтостроительного управления и испытанная в проходческих забоях, она показала хорошие результаты, повысив производительность бурильщика в 2-2,5 раза.

Повышение производительности бурения достигается и при условии нормализации работы перфораторов. Так как поршневые автоподатчики обладают большими размерами и весом, то в практике используют чаще роторные автоподатчики, обладающие небольшим весом и малыми размерами. Эти автоподатчики, обладая жесткой силовой характеристикой подачи, требуют нормализации подачи. Под руководством автора инж. Федотовым П.И. разработаны и испытаны специальные "податчики" бура, позволяющие нормализовать передачу энергии поршня через бур на разрушение породы.

Для регулирования осевых усилий подачи при роторных автоподатчиках разработана специальная конструкция регулятора. Описание всех этих устройств и результаты испытаний приведены в диссертации.

Автоматизация и механизация процесса бурения позволит повысить производительность бурильщика в 3-3,5 раза.

## ВЫВОДЫ

Выполненная работа по исследованию перфораторного бурения шпуров с целью определения рациональных параметров и режимов ударно-поворотного бурения и дальнейшего повышения производительности труда позволяет сформулировать следующие основные выводы:

I. Для оценки физико-механических свойств пород, позволяющей решать вопросы бурения, целесообразно пользоваться классификацией проф. М.М.Протоdjаконова с разделением пород по двадцатибалльной шкале.

Критериями оценки могут служить:

а) сопротивляемость пород сжатию на образцах правильной и неправильной формы; б) показатель контактной прочности; в) динамическая прочность (метод толчения). Все эти показатели достаточно хорошо коррелируют между собой. Буримость пород удовлетворительно увязывается с коэффициентом крепости пород, удельной энергией удара, числом ударов и размерами бурового инструмента.

2. Так как осевое усилие подачи перфоратора на забой оказывает влияние на ряд показателей, связанных с процессом бурения, то в диссертации определены зависимости, характеризующие работу перфораторов. Определено и выражено в виде формул изменение числа оборотов бура, которое уменьшается с увеличением усилия подачи; изменение скорости бурения, которая возрастает, достигая оптимальной величины, а затем уменьшается. Установлены: необходимое отношение крутящего момента к оптимальному усилию подачи; влияние шага резьбы геликоидальной пары на показатели работы перфораторов; характер изменения показателя внедряемости от усилия подачи.

3. Оптимальные усилия подачи находятся во взаимосвязи не только с применяемым буровым оборудованием, но также и давлением воздуха и крепостью буримых пород. Предложенный расчетный метод для определения оптимальных усилий подачи хорошо согласуется с практическими данными и учитывает как конструктивные данные перфораторов, так и крепость пород.

4. На показатели работы перфораторов большое влияние оказывает давление сжатого воздуха. Изменение числа ударов поршня, энергии удара, мощности перфоратора, числа оборотов и величины крутящего момента в зависимости от давления сжатого воздуха в сети могут быть определены рекомендуемыми формулами, которые дают хорошее совпадение с практическими данными.

Скорость бурения с изменением давления воздуха находится в сложной зависимости также и от крепости пород. Для определения этой зависимости рекомендуются соответствующие эмпирические формулы.

5. На основании исследования продуктов разрушения породы при бурении установлено, что соотношение отдельных фракций

шлама остается постоянным и не зависит от диаметра и формы коронки бура, от типа перфораторов и энергии удара и от угла поворота бура.

В основу механизма разрушения породы под лезвием бура принимается гипотеза о передаче давления от бура вглубь породы с образованием под ним ядра и последующего разрушения некоторого объема. Установлено, что разрушение происходит в основном без бокового скола, а в пределах образующейся лунки-призмы.

6. Объем разрушения породы за удар в среднем определяется объемом лунки-призмы с соответствующей глубиной внедрения. Глубина внедрения с достаточной точностью определяется эмпирической формулой, в которой отражено влияние крепости пород и энергии удара.

7. Скорость бурения зависит от получаемого объема лунки за удар и числа ударов поршня в минуту. Определена зависимость угла выкола породы в лунке от крепости пород. В результате получена формула для определения скорости бурения при любых горнотехнических условиях бурения.

Расчетные данные по рекомендуемой формуле показывают хорошее совпадение их с экспериментальными результатами бурения. Получаемые показатели пригодны не только для проектных и сметных работ, но и для оперативного нормирования.

8. Разноречивость в определении изменения скорости бурения в зависимости от диаметра и формы коронки бура объясняется тем, что исследования проводились в определенных конкретных условиях, а следовательно, в них отражено влияние частных случаев бурения. Исследованиями установлено, что это изменение находится в сложной взаимосвязи крепости пород и энергии удара поршня. Выведенные формулы с учетом этих факторов дают результаты, хорошо согласующиеся с практическими данными и подтверждают правильность изложенного представления о механизме разрушения и определения объемов лунки за удар.

9. При определении влияния длины бурового инструмента на скорость бурения установлено, что в основу решения вопроса о передаче энергии удара на разрушение породы под лезвием

бура может быть положена классическая теория удара, но с введением поправки на соотношение длин соударяющихся тел, крепости породы и др. факторов. В диссертации выведены формулы, позволяющие определять изменение скорости бурения при бурах несоставных, при составных (штанговое бурение) и в зависимости от размеров поперечного сечения буровой стали. Получаемые расчетные величины согласуются с практикой, а исходные данные легко определимы.

10. Для определения производительности бурильщика предложен метод и установлены значения величин затрат времени на основные, подготовительно-заключительные и вспомогательные операции при любых горнотехнических условиях бурения. Установлено, что отношение чистого времени бурения к общему зависит от крепости пород, диаметра и формы коронки. С увеличением крепости пород, диаметра коронки, а также числа лезвий на ней, оно увеличивается и достигает до 0,85.

11. Выход горной массы с погонного метра шпура зависит от ЛИС и расстояния между шпурами, а последние находятся в зависимости от диаметра шпура. Исследованием установлена взаимозависимость между параметрами бурозарывных работ и выведены формулы, по которым могут быть определены величины отдельных параметров с учетом всех влияющих факторов.

12. Изменение производительности бурильщика зависит не только от крепости пород, но и от других факторов (диаметр и форма коронки, глубина шпуров, применяемое оборудование, давление сжатого воздуха и др.). Для определения её величины рекомендуются формулы, устанавливающие влияние этих факторов.

13. Одним из путей повышения производительности бурения является автоматизация и механизация этого процесса. Под руководством автора разработаны и испытаны буровые автоматы, каретки и установочно-подающие механизмы, позволяющие применять высокопроизводительные перфораторы, исключая контакт рабочего с оборудованием в процессе бурения. Применение автоматов позволяет применять многоперфораторное бурение и в целом облегчая труд бурильщика, повышает его производительность в 2-2,5 раза.

14. Нормализация работы перфоратора позволяет более эффективно использовать его мощность. Предложенные и испытанные кон-

струкции специальных устройств - "податчиков" бура дают возможность выполнять это вполне успешно. Значительно способствуют нормализации работы перфораторов авторегуляторы осевых усилий подачи, разработанные в КазПТИ.

Все это дает возможность выбирать наиболее рациональный режим работы перфораторов, определять соответствующие параметры и при автоматизации процесса бурения значительно увеличить производительность труда бурильщика. Одновременно с эти установлены взаимосвязности между различными горнотехническими факторами, позволяющие правильно и технически обоснованно решать вопросы, связанные с бурением шпуров перфораторами.

Отдельные части диссертации докладывались на:

1. научной межвузовской конференции по механизации буровых работ в шахтах, рудниках и карьерах. Томский политехнический институт им. С.М.Кирова, 1960 г;

2. научно-технической конференции по разрушению углей и пород. Карагандинский политехнический институт и Институт горного дела им. А.А.Скочинского. Караганда, 1962 г.;

3. Чимкентской выездной научной сессии Академии наук КазССР по проблеме развития производительных сил Южного Казахстана, 1965 г;

4. Всесоюзной научной конференции по механике горных пород, проведенной АН СССР и АН КазССР, г.Алма-Ата, 1965 г.

5. Третьем координационном совещании по бурению шпуров и скважин, проводимом АН КирССР и научным советом по проблеме "Новые процессы и способы производства работ в горном деле". г.Фрунзе, 1966 г;

6. Всесоюзной конференции по новым физическим методам разрушения минеральных сред. Казахский политехнический институт, г.Алма-Ата, 1966 г.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. П.М.КОШУЛЬКО. Исследование механических свойств горных пород на примере Лениногорского и Зыряновского месторождений. Сб. "Геология и горное дело". Алма-Ата, 1964.

2. П.М.КОШУЛЬКО. Выражение буримости горных пород в виде изолиний. "Известия АН КазССР", № 4, 1952 г.

3. П.М.КОШУЛЬКО. Изменение скорости бурения в зависимости от физико-механических свойств горных пород и мощности бурильных молотков. Изв. вузов, "Горный журнал" № 5, 1963 г.

4. П.М.КОШУЛЬКО. Физико-механические свойства и буримость горных пород. Сб. "Проблемы механики горных пород". Изд. "Наука", Алма-Ата, 1966.

5. П.М.КОШУЛЬКО. Внедряемость и энергоемкость горных пород при бурении шпуров. Труды КазПТИ, № 25, 1965.

6. П.М.КОШУЛЬКО. Механизм разрушения породы под лезвием бура и дисперсность получаемого шлама. Труды КазПТИ, № 26, 1967.

7. П.М.КОШУЛЬКО. Скорость бурения перфораторами в зависимости от давления сжатого воздуха и физико-механических свойств горных пород. Сб. "Труды конференции по разрушению углей и пород". Изд. "Высшая школа", М, 1963.

8. П.М.КОШУЛЬКО. Влияние давления сжатого воздуха на показатели работы бурильных молотков. Труды КазПТИ, № 25, 1965.

9. П.М.КОШУЛЬКО. Определение объема разрушения горной породы за один удар при ударно-поворотном бурении. Тр. КазПТИ № 26, 1967.

10. П.М.КОШУЛЬКО. Метод определения производительности бурильщика при разработке рудных месторождений. Сб. трудов КазГМИ, № 4, 1939.

11. П.М.КОШУЛЬКО, В.И.СВЕРДЛОВ. Определение необходимых осевых усилий при конструировании автоподатчиков. Сб. "Геология, горное дело, металлургия". Металлургиздат, № 8, 1953.

12. П.М.КОШУЛЬКО, С.П.КРАВЧЕНКО, Г.И.ТОЛКУШЕВ, И.В.МОХОВ. Проведение горноразведочных выработок, учебное пособие, изд. "Недра", 1966.

13. П.М.КОШУЛЬКО. Определение оптимальных усилий подачи бурильных молотков. Сб. "Геология и горное дело". Алма-Ата, 1964.

14. П.М.КОШУЛЬКО. Усилие подачи и его влияние на показатели работы перфораторов. Сб. "Горное дело", Алма-Ата, 1967.

15. П.М.КОШУЛЬКО. Изменение скорости бурения в зависимости от диаметра головки бура. "Изв. Казахского филиала Академии наук СССР", вып. 22, 1946.



16. П.М.КОШУЛЬКО. Влияние диаметра буримых шпуров на показатели скорости бурения. Тр.КазПТИ, № 26, 1967.
17. П.М.КОШУЛЬКО. Изменение производительности бурильщика в зависимости от глубины буримых шпуров. Сб.КазГМИ, № 5, 1941.
18. П.М.КОШУЛЬКО, П.И.ФЕДУТОВ. Податчик бура на забой шпура для нормализации процесса бурения. Сб.трудов КазГМИ, № 19, 1960.
19. П.М.КОШУЛЬКО, Н.И.КАЗАКОВ, Н.Е.КОВАЛЕНКО. Автоматизация бурения шпуров при проведении горизонтальных выработок. Сб. "Геология и горное дело", Алма-Ата, 1964.
20. П.М.КОШУЛЬКО, В.Н.ЮРКОВ, Т.И.ЗЫРЯНОВ, Б.М.ТУРГАМБАЕВ. Зависимость скорости штангового бурения от конструкции бурового инструмента. "Горно-добывающая промышленность Казахстана", Алма-Ата, 1960.
21. П.М.КОШУЛЬКО. Механизм разрушения пород под лезвием бура и производительность бурения. "Производительные силы Южного Казахстана", т.2, Алма-Ата, 1966.

Ответственный редактор кандидат техн. наук  
М.М.Березняк

Подписано к печати 31.3.69 г., 2 л.л.,  
ОП 00205. Заказ 678, тираж 80

Тип. КузПИ, Кемерово, Красноармейская, 115