

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШНУРОВ ПО ПОРОДЕ.

Доц. Михайлов В. Г.

„Процессы бурения производить исключительно электро-
сверлами—ручными по углю и колонковыми по породе...“
(Приказ НКТП № 1160 от 10 июня 1936 г.)

§ 1. Цель и задачи работы.

Бурение является одним из основных рабочих процессов при разработке полезных ископаемых. Особо большую роль оно играет при проведении породных выработок и при разработке крепких полезных ископаемых (соли, руды, строительный камень, антрацит, крепкий каменный уголь и т. д.).

До настоящего времени на этих работах господствует пневматическое ударное бурение (бурильные пневматические молотки, пневматические перфораторы) и только за последнее время (с 1935—1936 г.) стало внедряться на каменноугольных и соляных шахтах, а также на некоторых других разработках электрическое вращательное бурение шнуров колонковыми электросверлами. При разработке руд эти сверла пока совершенно не имеют места, там применяется исключительно пневматическое бурение и только за последние два года стали испытываться различные конструкции электрических ударных перфораторов¹⁾.

Недостатки пневматического ударного бурения общеизвестны: дорогая энергия, пылеобразование, отдача пневматических молотков на руки. Колонковое электросверло расходует в час чистой работы электроэнергии максимум (при часовом режиме) $2,3 \text{ квт.} \times 1 = 2,3 \text{ квт. часа}$, стоимостью, примерно, 7 коп. $\times 2,3 = 16$ копеек, а при длительном режиме только 7 коп. $\times 1,8 \times 1 = 13$ копеек. Пневматический бурильный молоток (БМ-13) расходует в час чистой работы $2 \text{ куб. м} \times 60 = 120 \text{ куб. м}$ воздуха, стоимостью, примерно, 1 коп. $\times 120 = 120$ копеек. Следовательно, стоимость энергии для молотка минимум в восемь—девять раз дороже, чем для электросверла.

В породах осадочного происхождения (сланцы, песчаники

¹⁾ „Горное машиностроение“. 1938 г., № 1, стр. 53.

и т. п.) ударное бурение пневматическими молотками дает чистую скорость меньше, чем вращательное электросверлами¹⁾.

В известном приказе № 1160 (1936 г.) по НКТП покойный Г. К. Орджоникидзе указывал угольщикам: „процессы бурения производить исключительно (подчеркнуто нами, В. М.) электросверлами—ручными по углю и колонковыми по породе, а на шахтах с развитым воздушным хозяйством и особо газовых и пыльных—пневматическими бурильными молотками“.

Из этого следует, что наша установка—на электрическое бурение. В связи с изобретением доцентом Шмаргуновым К. Н. электрического отбойного молотка и внедрением его в производство, вопрос об унификации энергии на подавляющем большинстве каменноугольных, сланцевых, соляных и т. п. шахт поставлен особо реально, а это заставляет своевременно перевести и бурение шпуров на этих шахтах с пневматического ударного бурения на электрическое, вращательное.

Широкое внедрение вращательного бурения требует всестороннего его изучения. Необходимо подобрать правильные режимы работы резца, рациональные и прочные формы резцов и буров, определить необходимые расходуемые мощности и развиваемые усилия и сконструировать прочное и легкое электросверло. Таким изучением, судя по имеющейся литературе вращательного бурения, у нас еще как следует не занимались. Есть только лишь несколько небольших наблюдений²⁾ над работой электросверл. Между тем, вопрос этот крайне назрел. Нам необходимо поднимать вращательное бурение на более высокую ступень в смысле конструкции самих машин, буров и резцов и расширять сферу его применения на работы по добыче руд и бурению изверженных пород.

Из опыта заграничной практики также мало что можно позаимствовать, так как обстоятельных работ по этому вопросу не видно в доступной нам иностранной литературе.

В настоящей работе освещаются результаты исследования вращательного бурения по глинистому сланцу и песчанику, проведенного нами³⁾ на Анжеро-Судженском руднике Кузбасса.

¹⁾ Инж. М. Гусев, инж. В. Леонтьев.—„Первые итоги опытного бурения шпуров“. Уголь Востока. 1936 г., № 11.

²⁾ Г. В. Родионов.—Колонковое электросверло типа ЭК-2. „Горный журнал“. 1938 г., № 3.

Г. В. Родионов и П. А. Махин.—Результаты испытания ручных электросверл производства Томского механического завода. „Горный журнал“. 1937 г. № 16.

Материалы бригады Харьковского станко-инструментального завода. „Картоотека ЦИТЭИН—ТЕХСО № 2216, серия 28. 1937 г.

Пантюшев Г. С.—Испытание работы колонкового электросверла в эксплуатационных условиях. „Уголь“. 1937 г., № 138.

Пантюшев Г. С.—Исследование работы ручного электросверла в эксплуатационных условиях. „Уголь“. 1937 г., № 139.

Островский А. П.—Сверло ЭБК и электробуровой автомат. „Гор. Ж.“ 1937 г., № 16.

³⁾ При непосредственном участии студентов горного факультета тт. Чельшева, Шилова, Гаркун, Евсеева, Фомина, Томлянович, Андреева и Денисенко.

§ 2. Объем и методика работы.

В объем данной (первая часть) работы включено было исследование следующих вопросов при вращательном бурении шпуров по глинистому сланцу и песчанику.

- 1) Определить коэффициент разрыхления буровой муки.
- 2) Определить коэффициент самоудаления буровой муки в процессе самого бурения.
- 3) Определить крупность буровой муки.
- 4) Выявить влияние направления шпуров на осевые усилия (усилия подачи) и на мощность, расходуемую на бурение.
- 5) Выявить влияние глубины шпуров на те же показатели.
- 6) Определить влияние износа резцов на те же показатели.
- 7) Определить мощность на буре, расходуемую на преодоление сопротивления буровой муки и на трение бура о стенки шпура.
- 8) Сравнить работу буров из витой сплошной стали ромбического и прямоугольного сечения.
- 9) Сравнить работу буров из ромбической витой стали разного диаметра.

Для проведения экспериментальных работ был выбран Анжеро-Судженский рудник Кузбассугля, имеющий типичные для Кузбасса породы. При выборе места (забоя) для бурения мы руководствовались следующим: 1) место должно быть сухим, так как сырость создает ненормальные условия для бурения; 2) состав пород должен быть однородным на всю глубину бурения; 3) не должно быть местных нарушений, породы должны быть целыми и типичными; 4) забой не должен быть в данный момент рабочими, чтобы иметь спокойную обстановку для экспериментирования.

Таковыми местами оказались на шахте № 9/15, на гор. 146 м забой квершлага № 21—по песчанику и кровля Андреевского (седьмого) пласта на основном штреке—по глинистому сланцу.

Забой квершлага № 21 находился в типичном для Кузбасса крепком песчанике с коэффициентом крепости $f=6$ по шкале проф. М. М. Протодяконова.

В кровле Андреевского пласта залегал типичный глинистый сланец с коэффициентом крепости $f=4$ по шкале проф. М. М. Протодяконова.

Шпуры бурились на расстоянии 4—5 см друг от друга, чтобы иметь одинаковые условия бурения для сравниваемых шпуров. Глубина шпуров принята 1,8 метра с учетом имевшегося оборудования и наибольшего распространения в практике бурения шпуров именно этой глубины.

Направление шпуров было принято: горизонтальное (нормально к забою) 15° вверх, 25° вверх, 15° вниз и 25° вниз. Были испытаны, для сравнения, также горизонтальные шпуры, но направленные не перпендикулярно к плоскости забоя, а диагонально (вбок) под 15° и 25° . Такой диапазон охватывает расположение

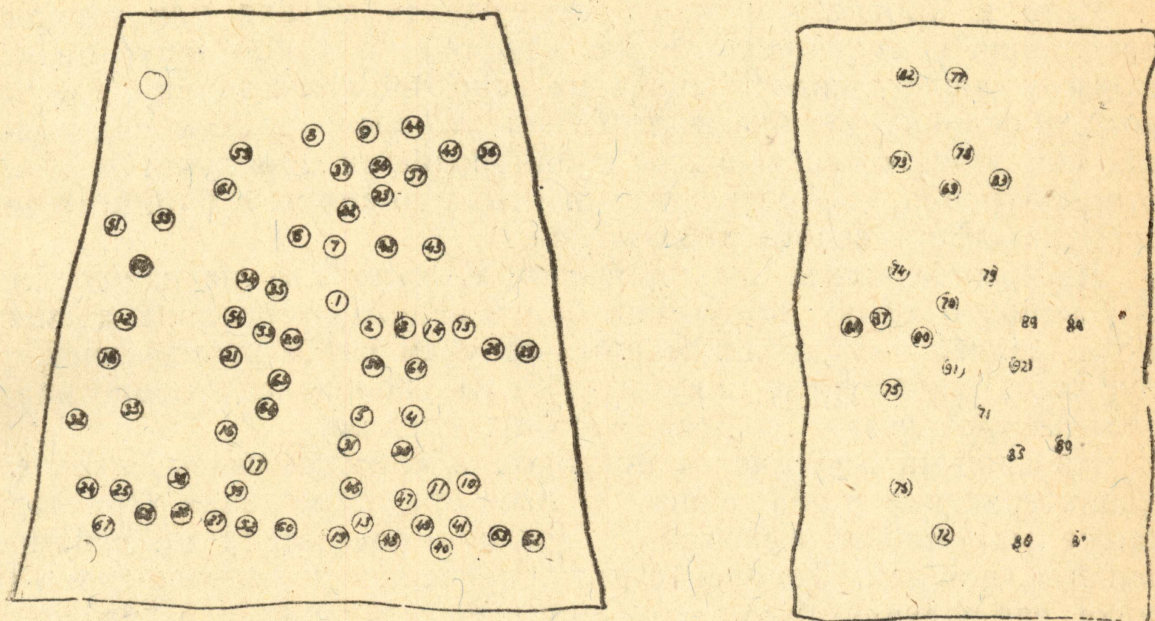


Рис. 1.

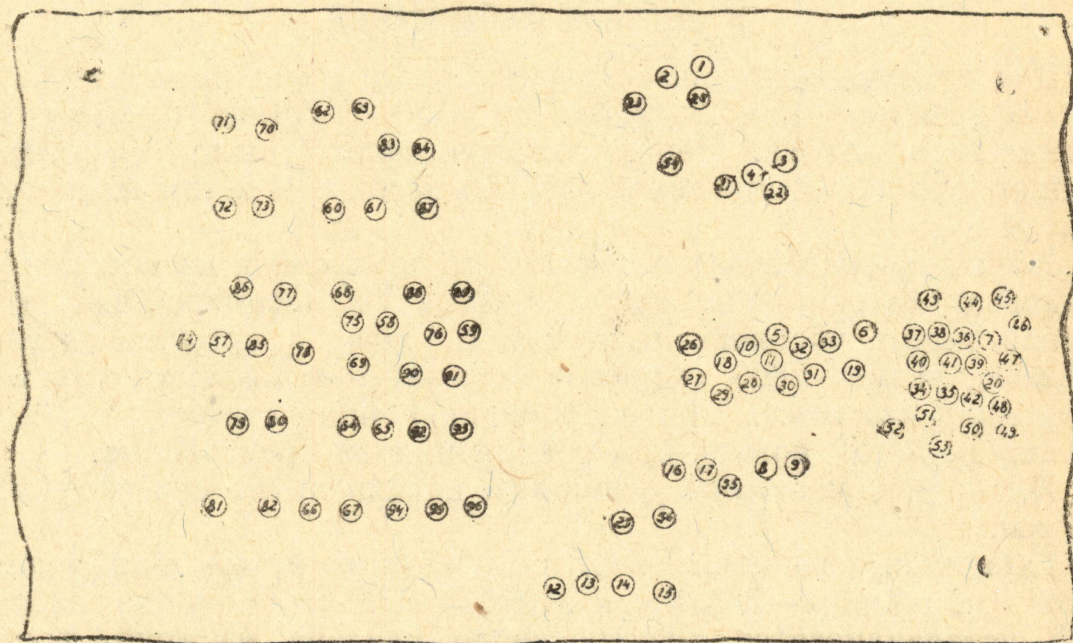


Рис. 2.

шпуров, обычно имеющих место в производственной практике.

Каждый шпур бурился на всю свою глубину не одним буром, а в несколько приемов, бурами различной длины, о чем подробно будет сказано ниже.

Если в процессе бурения встречались мягкие или твердые прослойки, искажавшие общую картину, то такой шпур браковался и перебуривался снова на некотором расстоянии, где такого прослойка не оказывалось, но это было редким явлением, так как забои были выбраны с однородными породами. За качеством бурения, его результатами и однородностью буримого материала строго велось наблюдение.

Шпуры бурились дублированно, т. е. по два на каждое наблюдение, в целях получения более надежных средних данных. Если данные по дублированным шпурам резко расходились, то бурились добавочные шпуры, пока не получался удовлетворительный результат. За браком строго следили.

На каждый шпур велся протокол, в котором указывалась его характеристика и полученные данные при наблюдении. При обработке материалов выводились средние показатели по дублированным шпурам. Дополнительные сведения по методике и технике наблюдения будут сообщены в следующих параграфах по принадлежности.

Расположение пробуренных экспериментальных шпуров по песчанику представлено на фиг. 1, а по глинистому сланцу—на фиг. 2.

§ 3. Оборудование экспериментальной установки и техника наблюдений.

Для ведения экспериментальных работ было приобретено новое колонковое электросверло типа ЭК-2 Томского электромеханического завода. Перед работой сверло было просмотрено и опробовано. Общий вид электросверла ЭК-2 представлен на фиг. 3.

Электросверло ЭК-2 весит 120 кг, а колонка, на которой оно устанавливается—50 кг. Коротко-замкнутый асинхронный мотор сверла имеет часовую мощность 2,3 квт., а продолжительную 1,8 квт., делает 2800 оборотов в минуту и питается током напряжения 220 вольт при соединении концов статорной обмотки на звезду и 127 вольт—при соединении на треугольник.

Подводимый гибкий резиновый кабель имеет сечение $4 \times 2,5$ кв. мм.

Габаритные размеры сверла: длина (с втянутым шпинделем)—1439 мм, ширина—364 мм и высота—679 мм. Колонка, на которой устанавливается электросверло, сделана из труб, поэтому может раздвигаться. Минимальная высота колонки (когда внутренние трубы вдвинуты в наружные) 1,8 метра, но она может иметь длину, если внутренние трубы (в) вытянуть из наружных (н), 2,50 м и даже более. Закрепление внутренних труб на определенной высоте производится штырями.

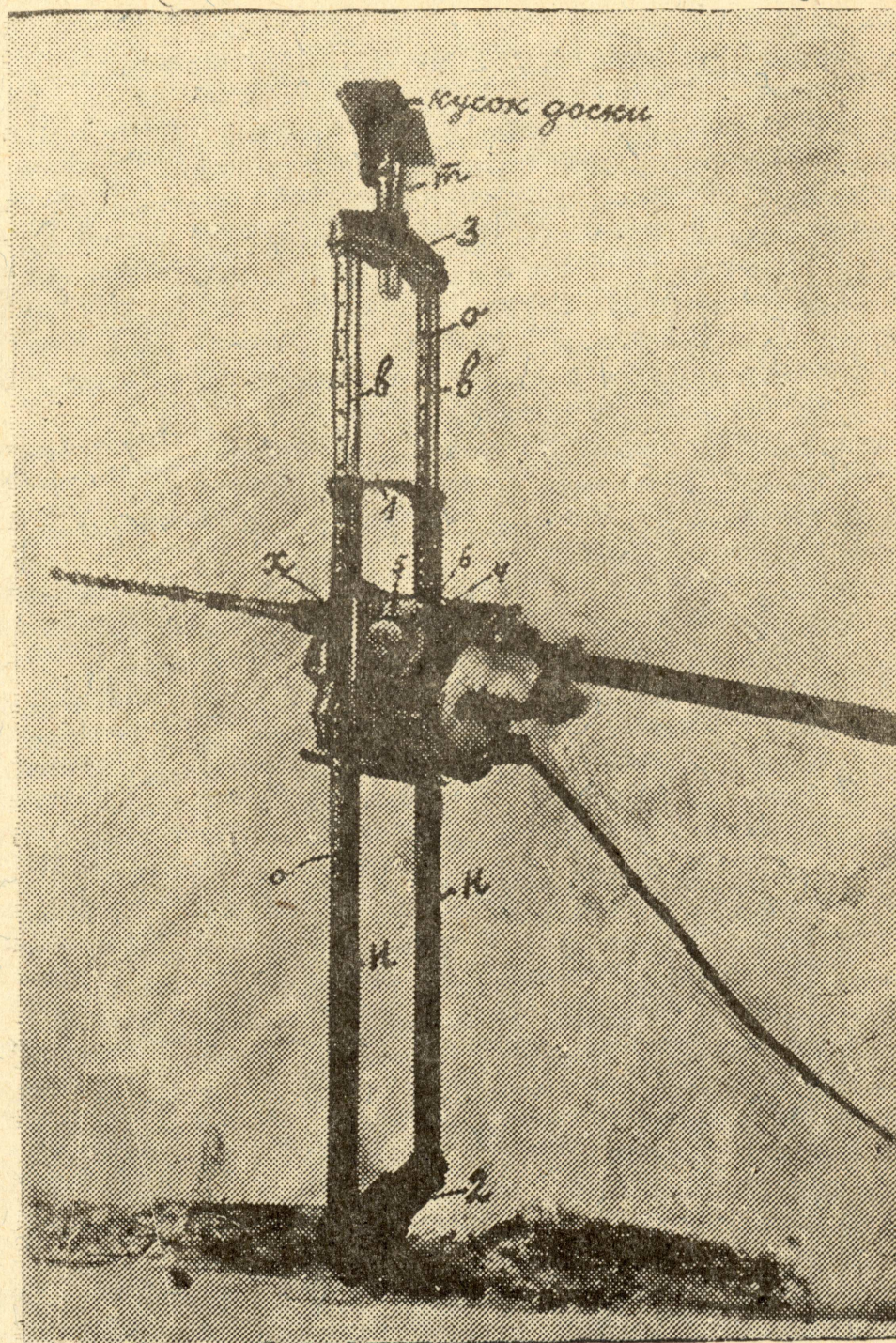


Рис. 3.

На наружных трубах, на любой высоте при помощи двух штырей, вставляемых в сквозные отверстия труб *о*, укрепляются два хомута *х*. Хомуты имеют откидные дужки (4), которые запираются при помощи накладных скоб (5) и зажимных болтов (6). В отверстия между хомутами *х* и дужками (4) закладываются цапфы *ц* сверла.

Поворачивая электросверло вокруг горизонтальной оси цапф (вверх и вниз), можно бурить в любом месте забоя по вертикальной линии. Сверло также может поворачиваться и в горизонтальной плоскости. Все это создает удобство в работе и дает возможность с одной установки давать несколько шпуров.

Кинематическая схема сверла представлена на фиг. 4. Оно имеет три пары (шестерни 1—6) зубчатой передачи для вращения шпинделя и одну пару (шестерни 7 и 8) для вращения гайки (38), которая создает подачу шпинделя (37) или бура в осевом направлении, так как гайка (шестерня № 8) делает больше оборотов, чем шпиндель (шестерня № 6).

На валу ротора сидит на шпонке зубчатое колесо 1, оно входит в зацепление с зубчатым колесом 2. Эти два колеса составляют моторную пару. Колесо 2 сидит на двух шпонках на ступице следующего колеса 3.

Колесо 3 в ступице имеет бронзовую втулку и свободно сидит на неподвижной оси, имеющей на поверхности канавки для удержания смазки. Зубчатое колесо 3 входит в зацепление с колесом 4, сидящим на двух шпонках на ступице следующего зубчатого колеса 5. Эти зубчатки (3 и 4) составляют промежуточную пару. Зубчатка 5 сидит свободно на длинном промежуточном валу 12 и имеет внутри ступицы бронзовую втулку.

Зубчатое колесо 5 входит в зацепление с зубчаткой 6 и они составляют шпиндельную пару. Зубчатое колесо 6 прикреплено шестью болтами к фланцу гильзы 9, которая на внутренней поверхности имеет два выступа, входящие в продольные пазы шпинделя. Следовательно, зубчатка 6 приводит во вращение шпиндель при помощи гильзы с выступами. Шпиндель вращается всегда, когда вращается мотор, так как передача между ними жесткая (зубчатая).

На переднем конце промежуточного вала 12 на шпонке сидит зубчатое колесо 7, входящее в зацепление с зубчаткой 8. Эти зубчатки составляют пару подачи. Зубчатка 8 прикреплена четырьмя болтами к бронзовой длинной гайке 38, имеющей аналогичную резьбу со шпинделем.

Передаточное отношение между зубчатками 5 и 6 меньше, чем между зубчатками 7 и 8. Следовательно, бронзовая гайка 38 делает больше оборотов, чем шпиндель, и при своем вращении она будет тащить шпиндель в осевом направлении, создавая его рабочую подачу вперед или назад, в зависимости от направления вращения мотора.

На заднем конце промежуточного вала (12) помещается фрикционно-кулачная муфта (фиг. 4). Она выполняет две функции:

1) предохраняет мотор и механизм сверла от перегрузки и 2) при помощи ее можно иметь три подачи шпинделя—рабочую (медленную), маневровую (быструю) и холостую (вращение на месте, без подачи).

При нашем экспериментировании фрикционно-кулачная муфта первой функции не выполняла, ее бронзовые втулки 39 и 41 были склепаны наглухо с кулачным диском 34. Это необходимо было сделать для того, чтобы действие (проскальзывание) фрикционной муфты не искажало режима работы сверла в определенных условиях и не мешало правильно снимать замеры требуемых показателей. Вторую функцию муфта выполняла. Сделаем пояснение, как это получается.

Выше было указано, что зубчатка 8 делает больше оборотов, чем зубчатка 6, так как передаточное отношение между зубчатками 1 и 8 больше, чем между зубчатками 1 и 6. Следовательно, бронзовая гайка 38 делает больше оборотов, чем шпиндель, и при своем вращении она будет „тащить“ шпиндель в осевом направлении, создавая его рабочую подачу вперед или назад, в зависимости от направления вращения мотора.

Скорость этого осевого перемещения шпинделя, а, следовательно, и бура будет равна разности между числами оборотов гайки и шпинделя, умноженной на шаг резьбы шпинделя.

Это можно выразить следующей формулой:

$$V_6 = (n_2 - n_{ш}) \cdot t,$$

где V_6 —скорость подачи бура (шпинделя) в мм в минуту;

n_2 — число оборотов гайки в минуту;

$n_{ш}$ — „ „ шпинделя в минуту;

t — шаг резьбы шпинделя (в мм).

Покажем подсчет на примере.

Если гайка делает 202 об/мин., шпиндель 193 об/мин., а шаг резьбы 20 мм, то скорость подачи бура

$$V_6 = (202 - 193) 20 = 180 \text{ мм/мин.}$$

Включение и выключение кулачковой муфты достигается рукояткой управления 8 (фиг. 4), через валик 49.

Может быть три положения рукоятки управления.

Первое положение (фиг. 4), когда рукоятка занимает вертикальное (вверх) положение. В это время кулачная муфта включена под действием пружины 16. В этом случае усилие с шестерни 4 передается через кулачную и фрикционные муфты на промежуточный вал, а с него через шестерни 7 и 8 на гайку, которая „потянет“ шпиндель в осевом направлении за счет разности оборотов ее и шпинделя, о чем было сказано выше. Так мы получим рабочий ход или медленную подачу. Бур будет идти вперед или назад, в зависимости от направления вращения мотора.

Второе положение (фиг. 4), когда рукоятку немного поворачивают назад, на бурильщика, с таким расчетом, чтобы кулачки муфты только лишь расцепились. Тогда усилие с шестерни через медную шайбу 10, проволочное кольцо 150, шпонку 103 (фиг. 4) передастся на промежуточный вал 12, благодаря чему шестерни 7 и 8 и гайка 38 вращаются с небольшим усилием, которого достаточно для того, чтобы гайка 38 и шпиндель вращались с одинаковым числом оборотов. Небольшое усилие достигается благодаря трению проволочного кольца 150 в пазу бронзовой шайбы 10. Следовательно, в этом случае шпиндель вращается без продольного перемещения (холостой ход), так как разность между оборотами гайки и шпинделя равна нулю. Это видно из следующего подсчета.

Пусть гайка и шпиндель делают по 193 об/мин. Тогда скорость подачи бура

$$V_6 = (193 - 193) \cdot 20 = 0 \text{ мм/мин.}$$

т. е. шпиндель будет вращаться без продольного перемещения.

Третье положение (фиг. 4), когда рукоятку поворачивают назад, на бурильщика, до отказа. В этом случае муфта отодвигается настолько значительно, что кулачное кольцо 34 своими задними кулачками упирается в кольцо 15 (фиг. 4), вделанное в корпус сверла, и создает такое трение, что через фрикционную муфту затормозится промежуточный вал, благодаря чему останутся шестерни 7 и 8 и гайка. Разность между числами оборотов гайки и шпинделя в этом случае равна числу оборотов шпинделя, и подача бура будет быстрой или, как говорят, лучшим маневровый ход. Причем бур теперь будет идти в осевом направлении в противоположную сторону, чем при медленной (рабочей) подаче, так как гайка будет стоять, а шпиндель будет из нее вывинчиваться.

Это подтверждается следующим примером.

Если гайка не будет вращаться, а шпиндель будет делать попрежнему 193 об/мин, то скорость подачи бура

$$V_6 = (0 - 193) \cdot 20 = -3860 \text{ мм/мин.}$$

Как видно из полученного результата, бур будет перемещаться с большой скоростью и в обратном, по сравнению с рабочим ходом, направлении, о чем указывает знак минус.

Быстрая подача необходима для смены буров и других вспомогательных операций. Направление осевого перемещения шпинделя (подачи) меняется путем реверсирования мотора при помощи пускового контролера¹⁾.

Скорость подачи шпинделя (бура) зависит от условий работы — крепости и структуры буримой породы. Подбор скорости подачи

¹⁾ Подробно об устройстве, действии и эксплуатации электросверла ЭК-2 см. нашу книгу „Электросверла для бурения шпуров“. Изд. 1939 г.

производится путем смены шестерен подачи № 8 и № 7, моторных шестерен № 2 и № 1 и других (см. фиг. 4 и табл. 1).

Ниже приведена таблица подбора шестерен для определенной скорости подачи шпинделя (табл. 1).

Таблица 1

Число оборотов шпинделя в минуту	Подача шпинделя (в мм/мин).	Подача шпинделя в мм. на один оборот	Ч И С Л О З У Б Ь Е В							
			Шестерни подачи		Моторная пара		Шпиндельная пара		Промежуточная пара	
			№ 8	№ 7	№ 2	№ 1	№ 6	№ 5	№ 4	№ 3
193	180	0,93	75	31	65	27	38	15	57	24
	380	1,97	74	32						
	570	2,95	73	33						
237	210	0,89	75	31	61	31	38	15	57	24
	450	1,90	74	32						
	670	2,83	73	33						
286	260	0,91	75	31	57	35	38	15	57	24
	540	1,89	74	32						
	820	2,86	73	33						
429	400	0,93	75	31	48	44	38	15	57	24
	800	1,87	74	32						
	1220	2,84	73	33						
	1660	3,87	72	34						
520	1440	2,77	71	35	47	45	37	16	56	25
	1900	3,65	70	36						

Завод с середины 1937 г. перешел на выпуск сверл с числом оборотов шпинделя 286 в минуту, при подаче его 260 мм/мин.

Из изложенного следует, что на производстве, в зависимости от местных условий (крепость и характер пород), приходится подбирать подачу, более соответствующую данной крепости буримых пород. Поэтому необходимо вместе со сверлом заказывать комплект соответствующих сменных шестерен.

Покажем на примере, как произвести подсчет передаточного числа, числа оборотов шпинделя и гайки и скорости подачи шпинделя. Возьмем вариант подбора тех шестерен, с которыми выпускается электросверло заводом.

Передаточное число моторной пары зубчатых колес:

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{35}{57} = 0,614,$$

где $Z_1 = 35$ — число зубьев роторной шестерни (ведущей);

$Z_2 = 57$ — число зубьев второй шестерни (ведомой).

Передаточное число промежуточной пары зубчатых колес равно

$$i_2 = \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{24}{57} = 0,421.$$

Передаточное число шпиндельной пары зубчатых колес

$$i_3 = \frac{Z_5}{Z_6} = \frac{15}{38} = 0,395.$$

Общее передаточное число между ротором мотора и шпинделем

$$i_{ш} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = 0,614 \times 0,421 \times 0,395 = 0,102.$$

Шпиндель будет делать

$$n_{ш} = n_m \cdot i_{ш} = 2800 \times 0,102 = 286 \text{ об/мин.},$$

где: $n_m = 2800$ — число оборотов ротора в минуту.
Передаточное число пары зубчатых колес подачи

$$i_4 = \frac{Z_7}{Z_8} = \frac{31}{75} = 0,413.$$

Общее передаточное число между ротором мотора и гайкой подачи

$$i_2 = i_1 \cdot i_2 \cdot i_4 = 0,614 \cdot 0,421 \cdot 0,413 = 0,1067.$$

Гайка подачи будет делать

$$n_2 = n_m \cdot i_2 = 2800 \cdot 0,1067 = 299 \text{ об/мин.}$$

Скорость подачи шпинделя

$$V_6 = (n_2 - n_{ш}) \cdot t = (299 - 286) \cdot 20 = 260 \text{ мм/мин.},$$

где:

t — шаг резьбы шпинделя.

Общая схема экспериментальной установки представлена на фиг. 5.

Сверло помещалось на своей колонке. Но колонка устанавливалась не в вертикальном, как обычно, положении, а в лежащем (горизонтально или наклонно) положении. Ее винт упирался в грудь забоя, а башмачная часть с траверзой в другую, такую же колонку, устанавливаемую вертикально и закрепляемую между кровлей и почвой обычным способом, но весьма тщательно и прочно. Лежащая колонка также тщательно и прочно закреплялась между вертикальной колонкой и грудью забоя.

Электросверло устанавливалось на лежащей колонке для того, чтобы имела возможность его перемещения во время бурения по ней под действием осевого усилия и сдерживания

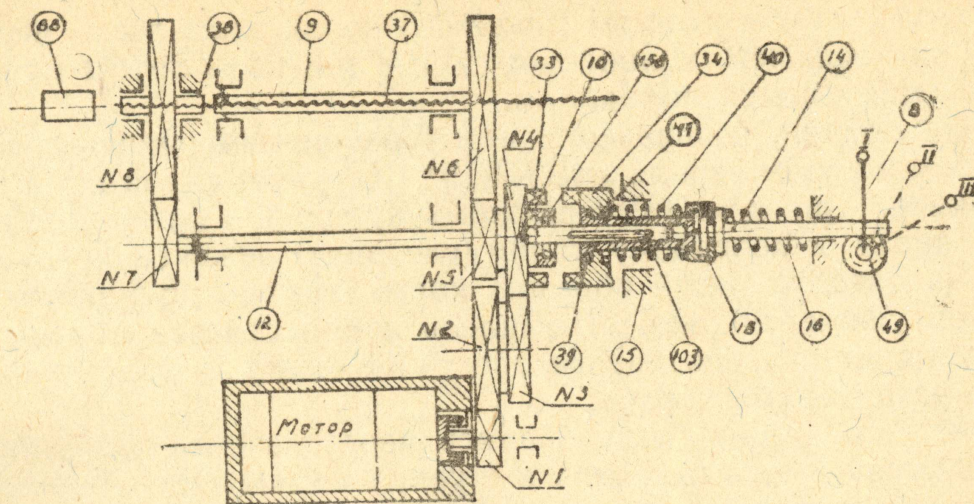


Рис. 4.

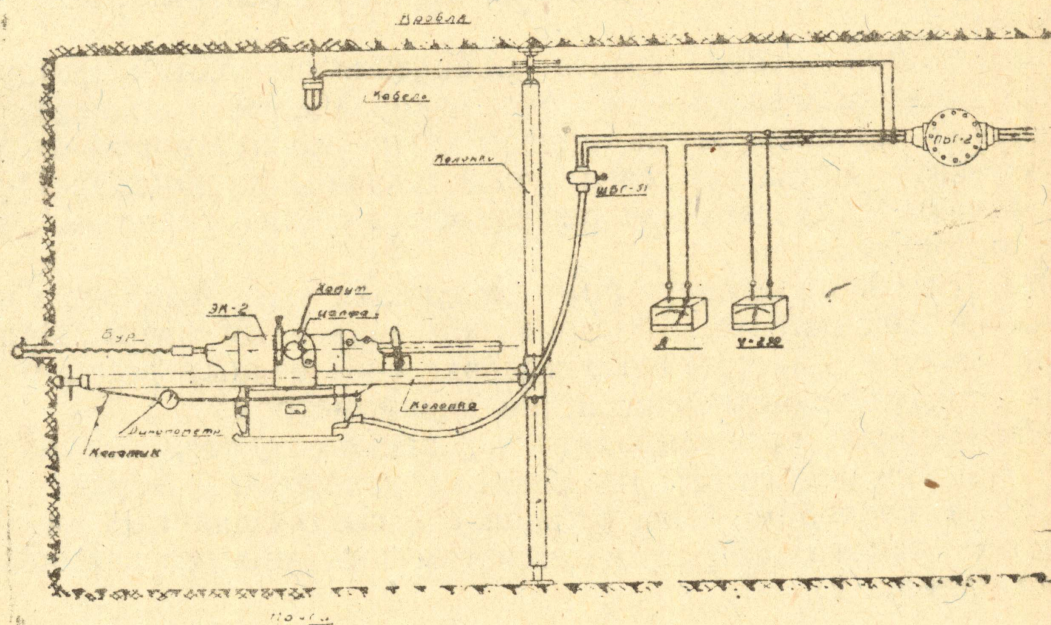


Рис. 5.

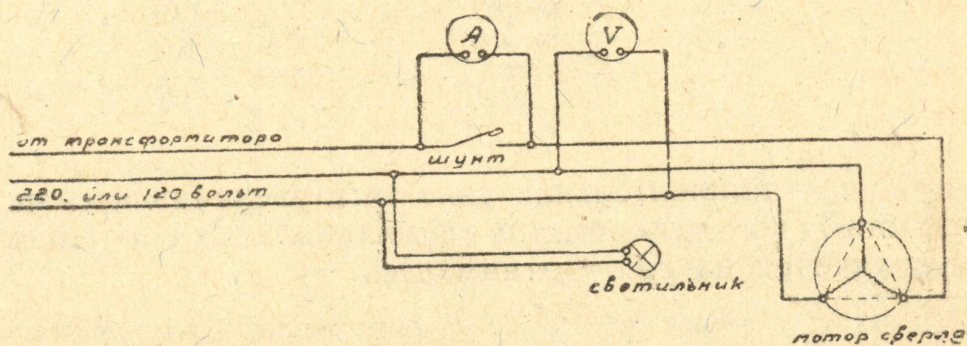


Рис. 6.

динамометром, по которому определялось осевое усилие в килограммах.

Для того, чтобы хомуты (ползуны) со сверлом легко перемещались по лежащей колонке и их не заедало—трубы колонки обильно смазывались солидолом.

Усилие подачи, развиваемое при бурении, измерялось пружинным динамометром завода „ВУТРИЗ“ (Харьков) силой до 1250 кг. Динамометр одним своим крючком укреплялся при помощи канатной петли к переднему концу (где винт) лежащей колонки, а другим—к сверлу. Таким образом, когда сверло при бурении, под действием усилия подачи, стремилось переместиться по лежащей колонке назад, то оно натягивало динамометр и последний показывал развиваемое усилие.

Отсчеты по динамометру брались через каждые пробуренные 10 см шпура и записывались в журнал наблюдений. При обработке эти показатели корректировались на силу тяги, которую нужно развить при бурении для перемещения самого сверла на трубах лежащей колонки. Поправка эта принималась различной, в зависимости от угла установки. Определялась она следующим образом.

Небольшой кусок троса прикреплялся одним концом к сверлу, перекидывался через блок, укрепленный к траверзе вертикальной колонки, а на другой конец его навешивались гири до момента подвижки сверла с постоянной скоростью. Гири и показывали силу тяги для перемещения самого сверла в холостом состоянии.

Так было сделано при следующих углах наклона сверла (лежащей колонки): 0° , 15° вниз, 25° вниз и 15° вверх. При 25° вверх сверло двигалось по колонке собственным весом и тяга была определена непосредственно динамометром.

Наблюдения проделывались по несколько раз, а затем брались средние результаты по каждому положению сверла.

Таким способом была установлена следующая тяга на перемещение самого сверла в холостом состоянии по лежащей колонке (табл. 2).

Таблица 2

Для положения	25° вверх	= — 20	кг.
„	„ 15° вверх	= + 1,0	„
„	„ 0° (гориз.)	= + 31	„
„	„ 15° вниз	= + 58	„
„	„ 25° вниз	= + 74	„

Полученная положительная сила тяги увеличивалась на 20%¹⁾ и к отсчетам по динамометру прибавлялась, а отрицательная после увеличения на 20%—отнималась.

¹⁾ При загрузке сверла (при бурении) сила трения между хомутами (ползунами) и лежащей колонкой возрастает, примерно, на 20% по сравнению с той силой трения, когда сверло не нагружено.

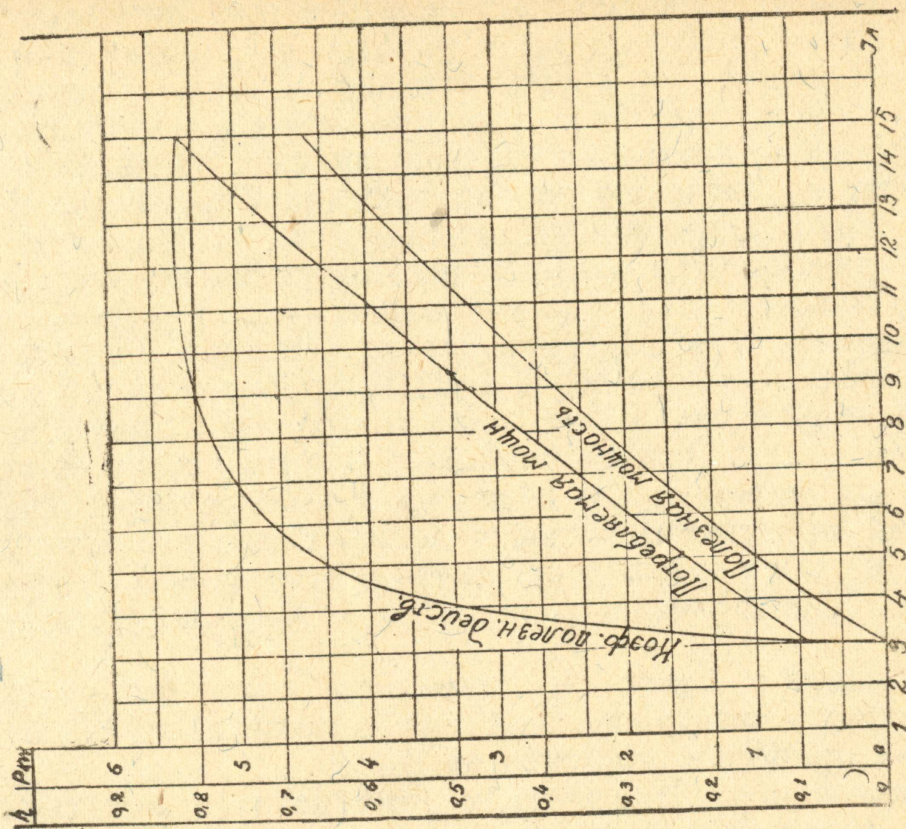


Рис. 8.

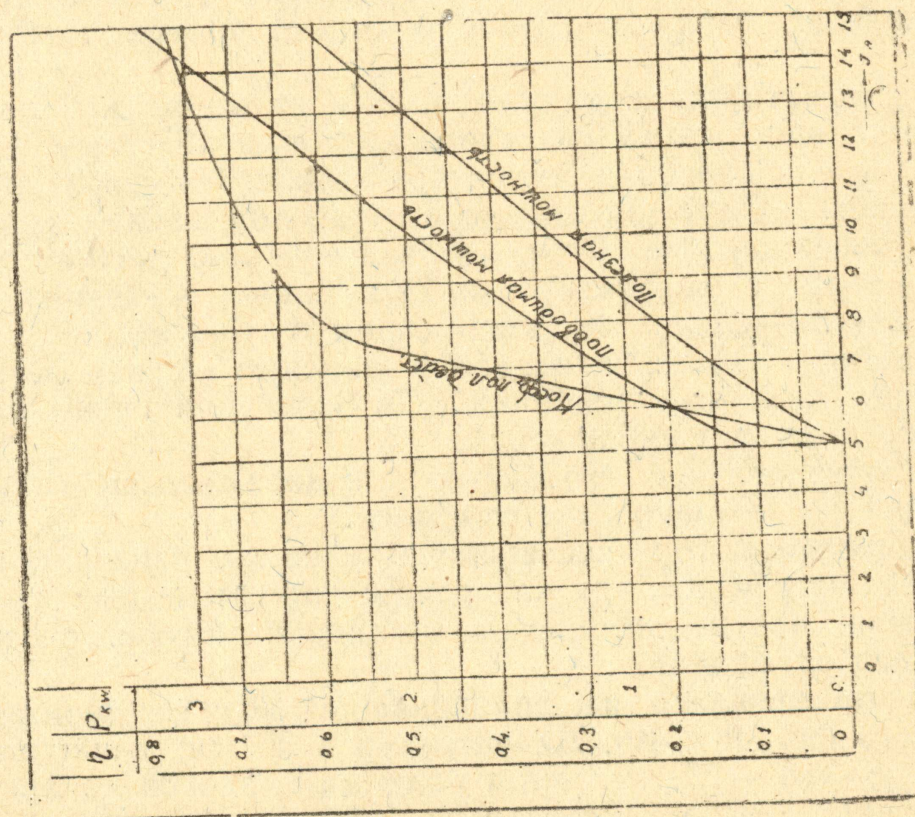


Рис. 17.

Как показала работа, снятие отсчетов через каждые 10 см шпура вполне возможно было делать и этот интервал был достаточен для характеристики работы на протяжении бурения шпура. Конечно, во время бурения стрелка динамометра не всегда стояла спокойно, а иногда колебалась. В этом случае фиксировались показания соответствующие среднему или более характерному значению на протяжении бурения десяти сантиметров шпура. Динамометр периодически тарировался. Самопишущего динамометра в нашем распоряжении не было.

Потребляемая сила тока учитывалась амперметром, а вольтаж в подводимой сети фиксировался вольтметром, показания которых снимались также через каждые пробуренные 10 см шпура. Стрелка вольтметра обычно мало колебалась. Стрелка же амперметра не всегда стояла спокойно. В этом случае ее показания брались соответствующие среднему или более характерному значению на протяжении бурения десяти сантиметров шпура, т. е. поступали так же, как при снятии показаний с динамометра. Приборы периодически тарировались. Самопишущих приборов не было.

Показания с приборов снимались также и при холостом ходе сверла. Электрическая схема установки, с указанием подключения приборов, показана на фиг. 6.

По полученным показателям (амперажу и вольтажу) и при помощи характеристических кривых (фиг. 7 и 8) определялась для каждого замера полезная мощность на шпинделе, расходуемая на собственно бурение (резание породы и сопротивление бура от трения о стенки шпура и от буровой муки).

Характеристические кривые были составлены для всех имевших место напряжений на основе круговых диаграмм, снятых с мотора без отключения редуктора сверла. На сверле работало два человека. Один смотрел за его работой, следил за метками на буре через каждые 10 см, подавал сигнал о снятии показаний с амперметра и вольтметра и сам снимал показания динамометра. Другой—следил за амперметром и вольтметром и снимал их показания. Он же записывал в записную книжку результаты показаний всех трех приборов. По окончании смены материал заносился в журнал наблюдений.

Обработка полученных данных не задерживалась, в случае обнаружения брака шпур перебуривался.

Температура мотора систематически не замерялась, кожух его почти не нагревался, так как режим работы не был напряженным, были частые интервалы остановки мотора, способствовавшие его охлаждению.

Буры применялись из сплошной витой стали ромбического сечения (6 фиг. 9 и 10). Диаметр буров 30 мм, а шаг винтовой канавки h 115—120 мм. Угол подъема винтовой канавки τ составляет 42° , а угол наклона ϕ ее — 48° . В комплекте было три бура разной длины: первый бур 0,60 и второй—1,40 м, а тре-

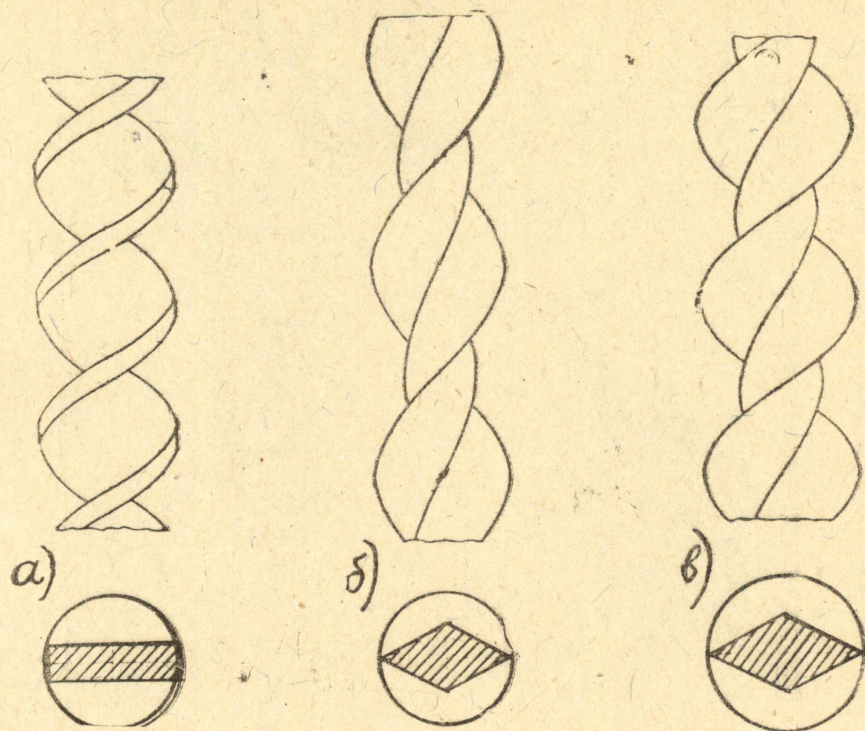


Рис. 9.

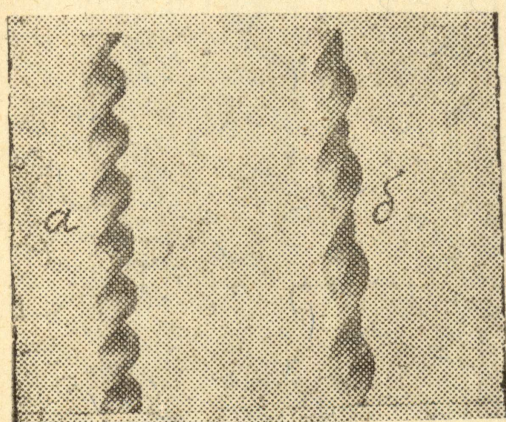


Рис. 10.

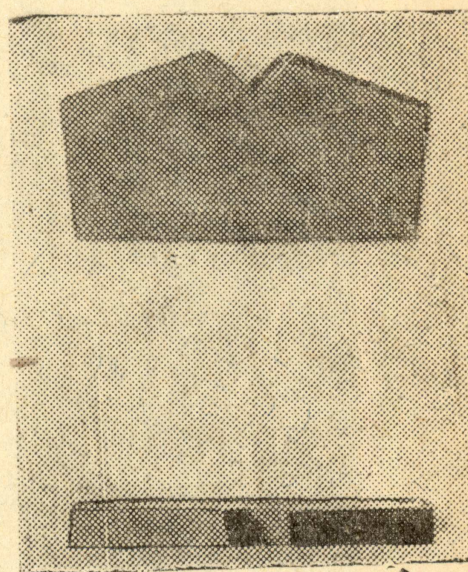


Рис. 13.

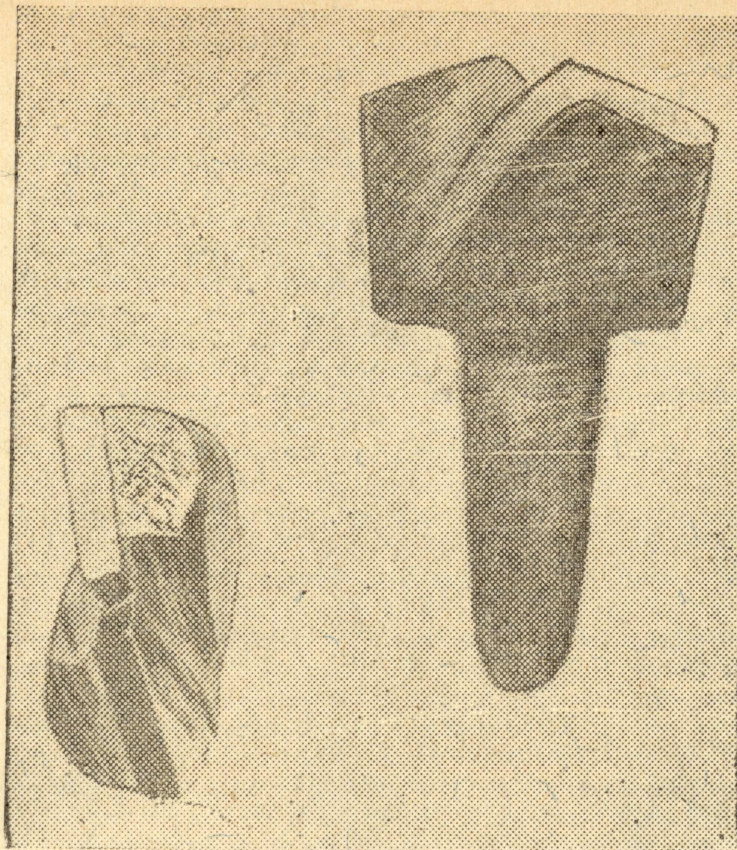


Рис. 11.

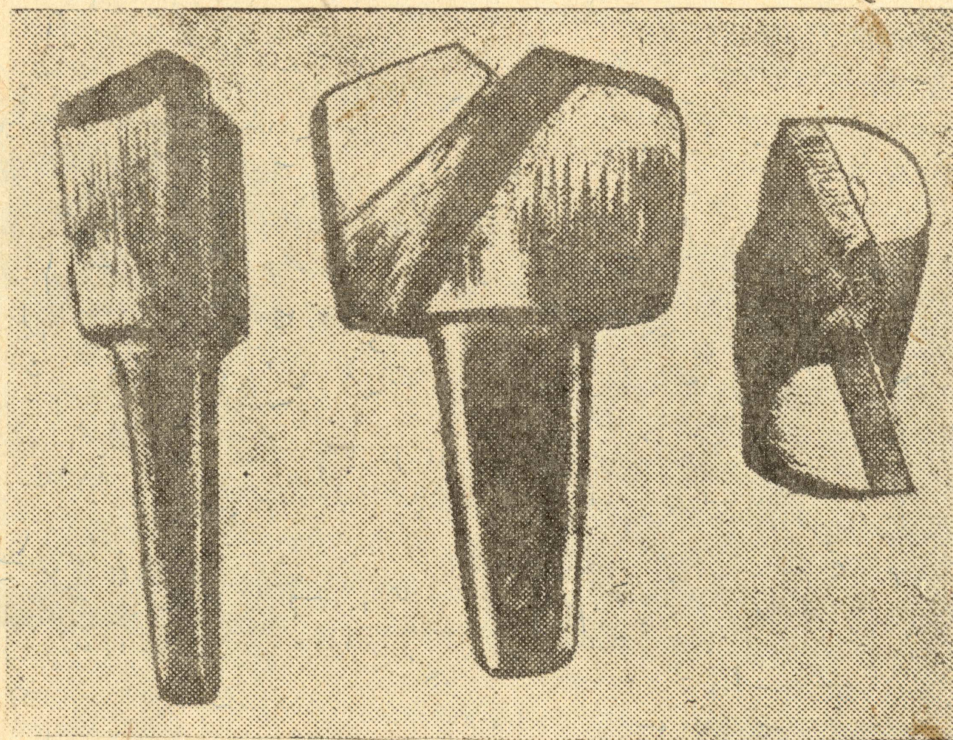


Рис. 12.

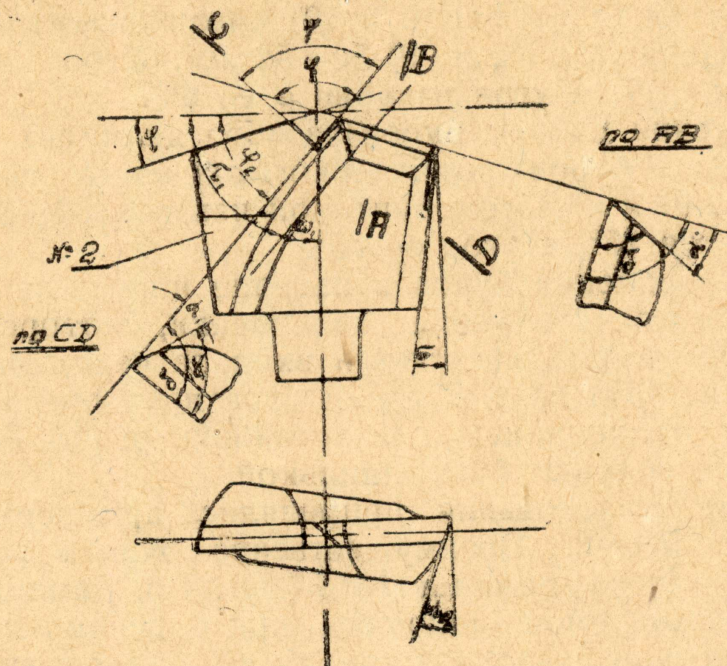


Рис. 14.

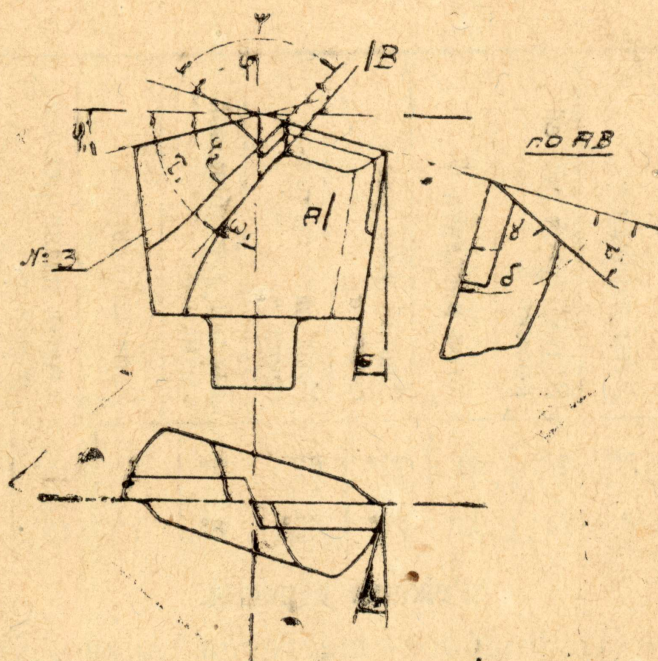


Рис. 15.

тий—длиною 2,00 м. Для получения бесперебойной работы имелось два рабочих комплекта буров. В целях сравнения работы витых буров ромбического и прямоугольного (a) сечения (фиг. 9 и 10) мы имели комплект буров и этого профиля. Буры прямоугольного сечения (a на фиг. 9 и 10) имели диаметр 30 мм, шаг винтовой канавки (h на фиг. 9) 50—52 мм. Угол подъема винтовой канавки τ 27, а угол наклона ω ее 63°.

Для сравнения работы буров разного диаметра, был приобретен комплект буров ромбического сечения, но диаметром 35 мм (b фиг. 9) и с шагом винтовой канавки 80—85 мм. Здесь угол τ равняется 35°, а угол ω —55°.

В целях укрепления буров в патроне шпинделя, к ним приваривались соответствующие хвостовики, которые имели с одной стороны вырез, в который входила чека, закрепляющая бур в патроне. На другой конец бура приваривалась головка с внутренним углублением для установки резца. Резец укреплялся в гнезде головки бура шпилькой.

Резцы при исследовании применялись армированные победитом марки РЭ—8. Преимущественно бурили резцами № 2 (фиг. 11) и немного резцами № 3 (фиг. 12). Разницы в осевых усилиях и расходуемой мощности при бурении этими резцами в производственных условиях не было обнаружено, да это и понятно, так как геометрия у них почти одинакова.

Геометрия резца № 2 представлена на фиг. 14, а резца № 3—на фиг. 15. Величины углов указаны в таблице 3. На данном этапе работы мы не изменяли величины углов, пользовались резцами в том виде, в каком они получались с завода.

Таблица 3

№ резцов	Угол при вершине (концевой угол) φ	Угол резания δ	Угол заточки γ	Задний угол реж-ей кромки α	Угол рассечки ψ	Задний угол рас-сечки α_1	Угол заточки рас-сечки γ_1	Задний угол боковой кромки α_2	Угол конусности	Угол в плане реж-ей кромки φ_1	Угол в плане рас-сечки φ_2	Угол подъема канавки на теле резца τ_1	Угол наклона канавки на теле резца ω_1
2	144°	90°	67°	23°	90°	21°	69°	7°	8°	18°	41°	48°	42°
3	150°	90°	66°	24°	90°	24°	66°	8°	7°	15°	45°	40°	50°

Режимы бурения.

Из таблицы (1) подбора шестерен видно, что сверло об-ладает большим диапазоном подбора скоростей подачи реза-ния (числа оборотов бура).

У нас имелись сменные шестерни для различных скоростей резания и подачи. Опытным путем, путем постепенного иссле-

дования, было установлено, что на данных породах при данном резце и бурах возможно изучить скорость подачи 180, 210, 260 и 400 мм в минуту при числах оборотов бура 193, 237, 286 и 429 в минуту. Следовательно, оказалось возможным подача на один оборот, примерно, один мм.

Делались попытки испробовать подачу на один оборот в размере двух мм (380 мм на 193 оборота), но они оканчивались неудачей—ломались буры.

В горном сверлении (бурении) до сих пор только фигурирует понятие о скорости подачи в единицу времени, обычно в минуту, но этого недостаточно, необходимо нам, горнякам, ввести понятие о скорости подачи на один оборот бура, как это давно принято в металлообработке. Это понятие хорошо увязывает скорость подачи со скоростью резания и легче ориентироваться в установлении более правильного режима бурения.

Помимо скорости подачи в минуту и на один оборот бура, необходимо знать скорость резания породы лезвиями резца. Резец имеет два лезвия. Оба они работают в одинаковых условиях.

Скорость резания по длине их режущих кромок будет разная, она будет увеличиваться с увеличением расстояния любых точек на режущей кромке от оси (центра) резца. Наибольшая скорость резания будет на наружном конце режущей кромки и она будет равняться нулю на геометрической оси резца.

Максимальная скорость резания на наружном конце режущей кромки будет:

$$V_p = \frac{2\pi Rn}{60} \text{ мм/сек.}$$

где R —радиус резца по лезвию в мм;
 n —число оборотов резца в минуту.

Радиус резца № 2 по лезвию составляет 20,5 мм, при числе оборотов резца $n=193$ в минуту, скорость резания на наружном конце его режущей кромки составит:

$$V_p = \frac{2\pi Rn}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 20,5 \cdot 193}{60} = 414,2 \text{ мм/сек.}$$

Если подсчитаем для разных оборотов резца скорость резания на различных точках на кромке лезвия с интервалами между ними в один миллиметр, то получим в осях координат прямые линии, характеризующие скорости резания на кромке лезвия резца (фиг. 16) при различных режимах работы.

Цифровые данные этих скоростей приведены в таблице № 4.

Бурение шпуров велось только острыми резцами. Как только начинали замечать хотя бы малейший намек на затупление резца—он менялся. В том случае, когда велось наблюдение над влиянием износа резца на мощность и осевое усилие, разви-

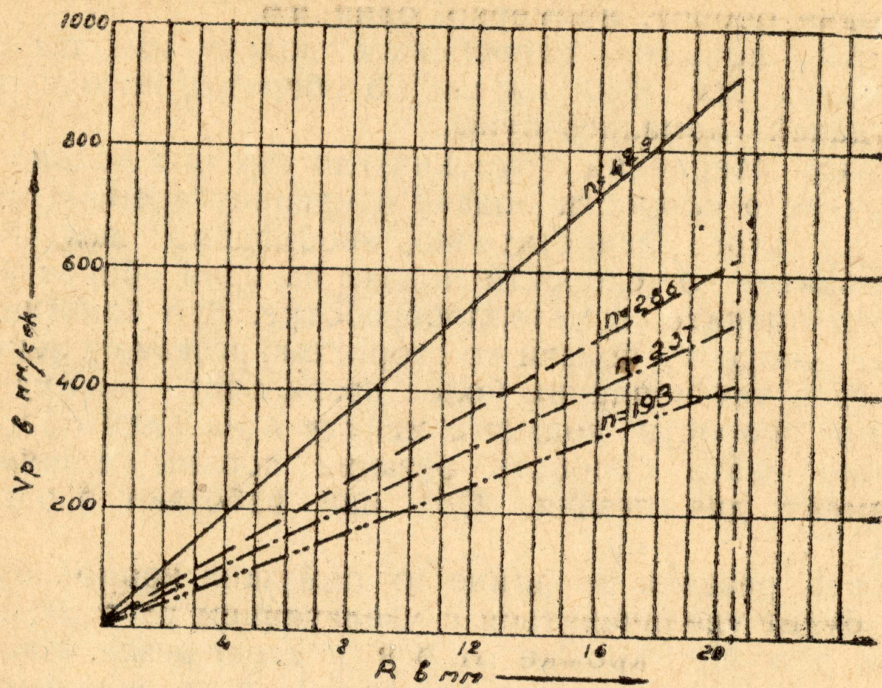


рис. 16.

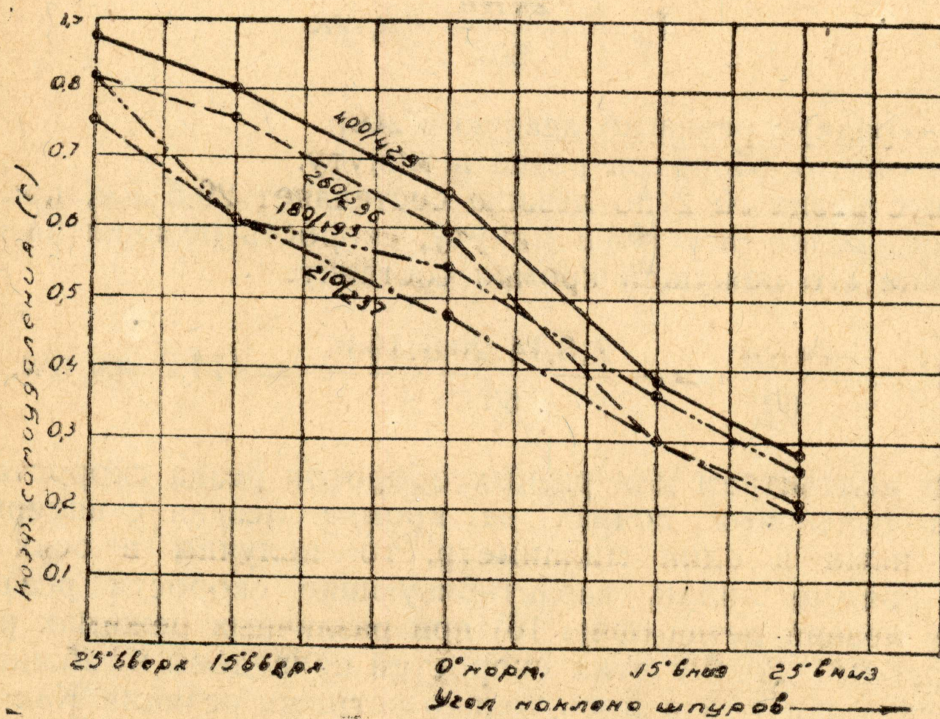


Рис. 17.

Таблица 4.

Скорость подачи бура мм в мин.	Число оборотов бура в мин.	Подача на один обор. бура мм в мин.	Скор. резания на наружном конце кромки лезвия	Радиусы по точкам на лезвии резца в мм (R)										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Скорость резания на лезвии резца в мм в секунду (V_p)										
180	193	0,93	414,1	20,2	40,4	60,6	80,8	101,0	121,2	141,4	161,6	181,8	202,0	222,2
210	237	0,89	508,4	24,8	49,6	74,4	99,2	124,0	148,8	173,6	198,4	223,2	248,0	272,8
260	286	0,91	615,0	30,0	60,0	90,0	120,0	150,0	180,0	210,0	240,0	270,0	300,0	330,0
400	429	0,93	922,5	45,0	90,0	135,0	180,0	225,0	270,0	315,0	360,0	405,0	450,0	495,0

Скорость подачи бура мм в мин.	Число оборотов бура в мин.	Подача на один обор. бура мм в мин.	Скор. резания на наружном конце кромки лезвия	Радиусы по точкам на лезвии резца в мм (R)									
				12	13	14	15	16	17	18	19	20	20,5
				Скорость резания на лезвии резца в мм в секунду (V_p)									
180	193	0,93	414,1	242,4	262,6	282,8	303,0	323,2	343,4	363,6	383,8	404,0	414,1
210	237	0,89	508,4	297,6	322,4	347,2	372,0	396,8	421,6	446,4	471,2	496,0	508,4
260	286	0,91	615,0	360,0	390,0	420,0	450,0	480,0	510,0	540,0	570,0	600,0	615,0
400	429	0,93	922,5	540,0	585,0	630,0	675,0	720,0	765,0	810,0	855,0	900,0	922,5

ваемые при бурении, резцы заранее затуплялись на карборундовом круге „экстра“ или велось тщательное наблюдение и замер над затуплением резца, когда он испытывался на стойкость.

§ 4. Коэффициент разрыхления буровой муки.

Установление этого коэффициента необходимо для того, чтобы знать объем буровой муки, получающейся при бурении той или иной породы. Нами коэффициент разрыхления определен для песчаника и сланца.

В процессе бурения собиралась тщательно вся буровая мука, также тщательно очищался шпур после каждого бура и вся мука полученная из одного шпура сыпалась в железную банку при легком встряхивании. Чтобы тщательно собрать всю буровую муку, под устье шпура клался брезент, а на него—

газета; пыль собиралась на газете, затем аккуратно пересыпалась в железную банку. Точно определялся объем муки в банке и объем выбуренного шпура.

Коэффициент разрыхления определялся, как частное от деления объема буровой муки на объем шпура.

$$K = \frac{q_m}{q_{ш}},$$

где K — коэффициент разрыхления буровой муки;

q_m — полный объем буровой муки, получаемой из шпура (кб. см);

$q_{ш}$ — объем шпура (кб. см).

В свою очередь объем шпура определится по формуле:

$$q_{ш} = \frac{\pi d^2 l}{4},$$

где d — диаметр шпура в см;

l — длина (глубина) шпура в см.

Диаметр шпура определится:

$$d = \alpha \cdot D \text{ см};$$

где

D — диаметр резца в см;

$\alpha = 1,05 \div 1,10$ коэффициент расширения шпура.

Всего было проделано десять наблюдений, из них восемь наблюдений по песчанику и два — по сланцу.

Полученные данные приводятся в таблице 5.

Таблица 5.

№№ п. п.	П о р о д а	Коэффициент разрыхления
1	Песчаник	1,62
2	"	1,83
3	"	1,77
4	"	1,75
5	"	1,80
6	"	1,76
7	"	1,70
8	"	1,78
	Средний	1,75
1	Глинистый сланец	2,16
2	"	2,18
	Средний	2,17

Полученные результаты по отдельным наблюдениям дают небольшое отклонение, это показывает на постоянство этого коэффициента для данной породы и при определенной подаче на один оборот бура (здесь $0,89 \div 0,93$ мм/об).

Как видно, сланец дал более высокий коэффициент разрыхления. Его буровая мука отличалась пышностью по сравнению с мукой песчаника. Вероятно коэффициент разрыхления несколько изменится, если изменить скорость подачи на один оборот бура, то-есть увеличить толщину стружки, но этого нам сделать не удалось, так как буры и колонка не выдерживали большей подачи.

§ 5. Коэффициент самоудаления буровой муки.

Коэффициентом самоудаления буровой муки мы называем отношение объема муки высверленной (самотечной) из шпура в процессе самого бурения ко всему объему муки, получаемой из шпура.

Для определения коэффициента самоудаления собиралась на брезент и газету вся мука, высыпавшаяся из шпура в процессе самого бурения, затем она ссыпалась в железную банку и определялся ее объем. Полный объем муки, получаемой из шпура, определялся путем фактического замера всей муки. Затем объем самотечной муки делился на объем всей муки, полученной из шпура.

$$C = \frac{q_c}{q_m}$$

где

C — коэффициент самоудаления буровой муки в процессе самого бурения;

q_c — объем муки, высверленной (самотечкой) из шпура в процессе самого бурения (кб. см);

q_m — полный объем муки, получаемой из шпура (кб. см).

Этот коэффициент нами введен и определен для того, чтобы судить отчего зависит (от каких факторов) и в какой степени самоудаление муки, которое, как увидим ниже, значительно влияет на мощность, расходуемую на преодоление сопротивления бура о буровую муку.

При определении коэффициента самоудаления было выявлено как влияет качество буримой породы, форма и диаметр бура, угол наклона шпуров, а также режим сверления на самоудаление буровой муки в процессе самого сверления.

Всего было сделано сорок наблюдений, из них половина по песчанику и половина по сланцу.

На обоих породах были опробованы скорости подачи: 180 мм, 210 мм, 260 мм и 400 мм в минуту и соответственно числа оборотов: 193, 237, 286, 429 в минуту.

Все шпуры бурились бурами ромбического сечения и диа-

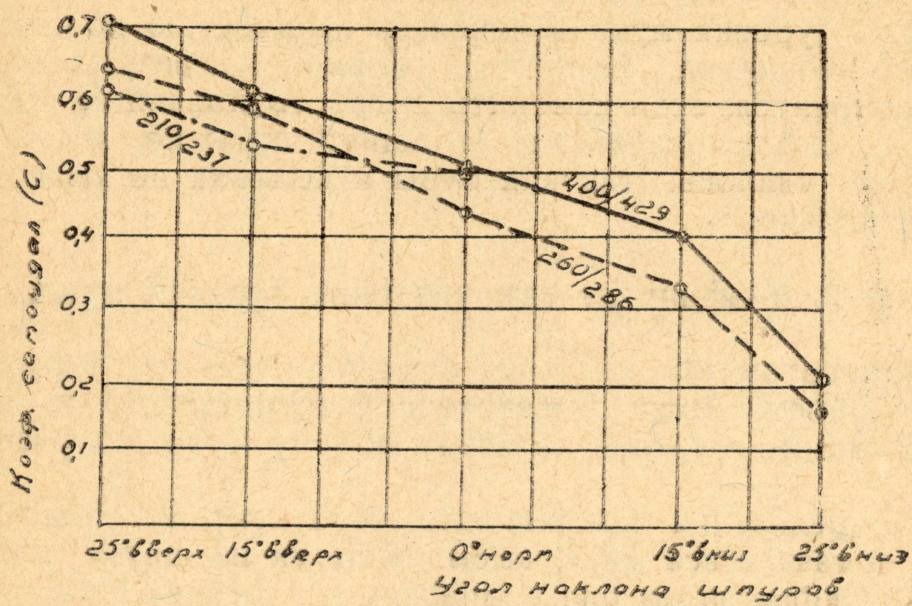


Рис. 18.

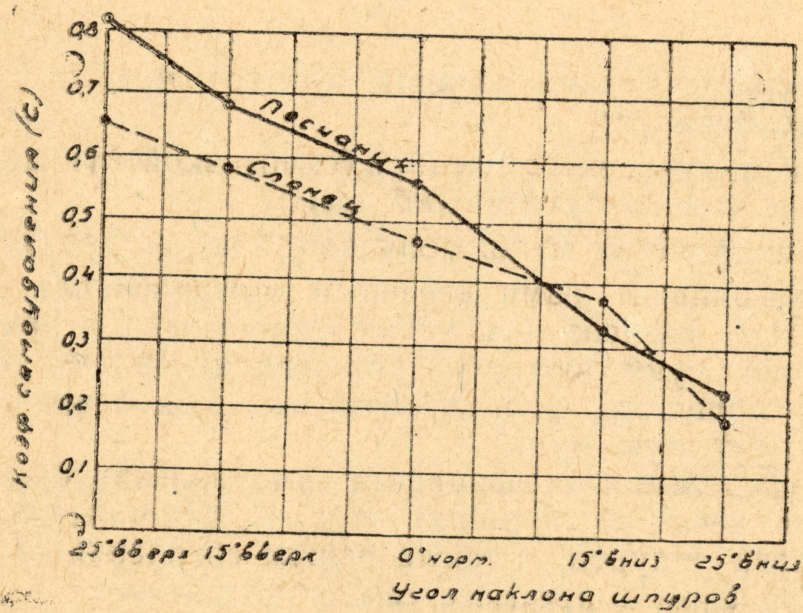


Рис. 19.

метром 30 мм. Для изучения влияния сечения бура и его диаметра на самоудаление муки бурились также шпурь бурами из витой стали прямоугольного сечения и ромбического сечения, но диаметром 35 мм; но эти результаты будут даны в соответствующих параграфах, посвященных этим бурам.

Полученные данные по песчанику представлены в табл. 6, по глинистому сланцу в табл. 7, а сравнение данных по песчанику и сланцу представлено в табл. 8.

Указанный цифровой материал представлен в графическом изображении на фиг. 17, 18 и 19.

Из полученных материалов можно сделать следующие выводы:

1) Коэффициент самоудаления буровой муки уменьшается по мере уменьшения угла подъема шпуров и по мере увеличения угла наклона шпуров.

Эта закономерность ясно выражена как для песчаника, так и для сланца, причем, для любого режима бурения.

Как видно из фигуры 19 коэффициент самоудаления уменьшается почти по закону прямой линии.

Из табл. 6 видно, что по песчанику средний для всех оборотов бура коэффициент самоудаления муки поднимается с 0,232 (100%) в шпурах наклонных под 25° вниз до 0,815 (351%) для шпуров с подъемом в 25° или в 3,5 раза больше, что дает прирост в 250% или по 5% на каждый градус наклона шпура, так как интервал между самым нижним шпуром (25° вниз) и самым верхним шпуром (25° вверх) составляет 50°.

Ориентировочный средний коэффициент самоудаления муки при изученных режимах по песчанику для любого угла наклона шпура (в пределах +25° (вверх) и -25° (вниз) можно определить, если знать этот коэффициент для одного какого-либо наклона шпура, по следующей формуле:

$$C = C_u + (0,0116 \cdot \alpha^\circ),$$

где

C — искомый коэффициент самоудаления муки;

C_u — известный коэффициент самоудаления муки для какого либо угла наклона шпура;

α° — интервал в градусах между наклоном шпура, для которого коэффициент самоудаления известен и наклоном шпура для которого коэффициент отыскивается.

Пример.

Коэффициент самоудаления муки для шпура по песчанику с наклоном 15° вниз составляет 0,342 (табл. 6).

Для шпура с наклоном 15° вверх этот коэффициент составит:

$$C = C_u + (0,0116 \cdot \alpha^\circ) = 0,342 + (0,0116 \cdot 30) = 0,690,$$

что вполне совпадает с данными таблицы 6.

Таблица 6 (по песчанику)

У г л ы н а к л о н а ш п у р о в													
Скорость подачи бура м в минуту	Число обо- ротов бура		Показа- тели	25° вверх		15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
	в мин.	% соотно- шения		коэфф. самоуд.	% соот- ношения	коэф. самоуд.	% соот- ношения	коэфф. самоуд.	% соот- ношения	коэфф. самоуд.	% соот- ношения	коэфф. самоуд.	% соот- ношения
180	193	100	Коэф. самоуд. % соот.	0,749 156,0	100,0	0,582 121,5	100,0	0,479 100,0	100,0	0,390 62,6	100,0	0,210 43,9	100,0
210	237	123	Коэф. % соот.	0,814 151,5	109,0	0,616 115,0	106,0	0,537 100,0	112,3	0,380 70,9	126,6	0,258 48,1	123,0
260	286	148	Коэф. % соот.	0,820 139,0	109,5	0,760 128,8	130,5	0,590 100,0	123,2	0,300 51,0	100,0	0,200 33,9	95,3
400	429	222	Коэф. % соот.	0,880 136,5	117,5	0,800 124,0	137,5	0,645 100,0	134,8	0,388 60,0	129,0	0,260 40,3	123,8
Средн. коэф. самоудаления				0,815 144,8		0,690 122,5		0,563 100,0		0,342 60,7		0,232 41,2	
Средн. % соотношения				100,0 351,0		84,7 297,5		69,2 243,3		42,0 147,5		28,5 100,0	

Таблица 7 (по глинистому сланцу)

У г л ы н а к л о н а ш п у р о в																
Скорость подачи бур в минуту	Число обо- ротов бур	Показатели	25° вверх						15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
			25° вверх		15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз					
			Коэфф. самоуд.	% соот- ношения	Коэфф. самоуд.	% соот- ношения	Коэфф. самоуд.	% соот- ношения	Коэфф. самоуд.	% соот- ношения	Коэфф. самоуд.	% соот- ношения	Коэфф. самоуд.	% соот- ношения		
210	237	100	Коэфф. самоуд.	0,620	100,0	0,543	100,0	0,495	100,0	—	—	—	—	—	—	
			% соотн.	125,0		109,6		100,0		—		—		—		
260	286	120	Коэфф.	0,630	101,5	0,590	108,5	0,450	91,0	0,340	100,0	0,170	100,0	100,0		
			% соотн.	140,0		131,0		100,0		75,5		37,8				
400	429	181	Коэфф.	0,705	113,5	0,620	114,0	0,510	103,0	0,400	117,5	0,210	123,5	123,5		
			% соотн.	138,3		121,5		100,0		78,5		41,2				
Средн. коэф. самоудаления				0,652		0,584		0,485		0,370		0,190				
Средн. % соотношения			{		134,5		120,0		100,0		76,5		39,2			
					100,0		89,5		74,4		56,8		29,2			
					343,0		307,0		255,0		194,5		100,0			

Таблица 8.

Скорость подачи бур в мин.		Число оборотов бур в минуту		У г л ы н а к л о н а ш п у р о в											
				25° вверх.		15° вверх.		0° норм.		15° вниз		25° вниз			
Порода				25° вверх.		15° вверх.		0° норм.		15° вниз		25° вниз			
				коэф. самоуд.	% соотношения	коэф. самоуд.	% соотношения	коэф. самоуд.	% соотношения	коэф. самоуд.	% соотношения	коэф. самоуд.	% соотношения		
210	237	}	Сланец . .	0,620	100,0	0,543	100,0	0,495	100,0	—	—	—	—		
			Песчан. . .	0,814	131,0	0,616	113,5	0,537	108,3	—	—	—	—		
У песчаника лучше на				31,0%		13,5%		8,3%		—		—			
Или в среднем на				—		17,6%		—		—		—			
260	286	}	Сланец . .	0,630	100,0	0,590	100,0	0,450	100,0	0,340	100,0	0,170	100,0		
			Песчан. . .	0,820	130,0	0,760	128,5	0,590	131,0	0,300	88,3	0,200	117,5		
У песчаника лучше на				30,0%		28,5%		31,0%		—		17,5			
Или в среднем на				—		26,7%		—		—		—			
400	428	}	Сланец . .	0,705	100,0	0,620	100,0	0,510	100,0	0,400	100,0	0,210	100,0		
			Песчан. . .	0,880	124,0	0,800	129,0	0,645	126,5	0,388	97,0	0,260	124,0		
У песчаника лучше на				24,8%		29,0%		26,5%		—		24,0%			
Или в среднем на				—		26,1%		—		—		—			
Среднее % соотнош. коэф. по всем скостям				Сланец . .		100,0		100,0				100,0			
				Песчан. . .		126,8		123,7		121,9				120,8	

Среднее соотношение по всем углам наклона шпуров для сланца и песчаника 100 и 123,3%.

Также имеется соотношение для средних коэффициентов самоудаления и для сланца. Из таблицы 7 следует, что для самых нижних шпуров (25° вниз) коэффициент составляет 0,190 (100%), а для самых верхних (25° вверх)—0,652 (343%), или в 3,43 раза больше, что дает прирост в 243% или 4,86% на один градус наклона шпура.

2) Коэффициент самоудаления буровой муки несколько возрастает по мере увеличения числа оборотов бура.

Эта закономерность выражена почти для всех наклонов шпура и для обоих пород—песчаника и сланца, что видно из таблиц 6 и 7 и на фигурах 17 и 18.

3) Коэффициент самоудаления буровой муки при бурении песчаника выше чем при бурении глинистого сланца, что видно из табл. 8 и на фиг. 19.

Средний коэффициент (по всем скоростям) самоудаления по песчанику выше такового по сланцу на $20,8\% \div 26,8\%$, а в среднем на $23,3\%$ (табл. 8).

Что же касается угла наклона, то эта разница несколько больше при шпурах, направленных вверх и уменьшается с наклоном шпуров вниз, что видно на фиг. 19.

Влияние диаметра буров и профиля их сечения на коэффициент самоудаления буровой муки будет рассмотрено ниже, в соответствующих параграфах.

§ 6. Крупность буровой муки.

Резец бура при вращении и внедрении (подачи) снимает стружку. Толщина стружки, как известно, зависит от подачи на один оборот резца. Крупность муки зависит как от толщины стружки, так и от твердости, хрупкости и строения породы.

Мука при бурении устья шпура получается крупнее, а с углублением шпура измельчается трением бура и зерен друг от друга. Поэтому крупность снимаемой резцом стружки характеризуется крупностью буровой муки, полученной при бурении только устья шпура, а не из его дна (глубины).

Сравнивая крупность буровой муки из устья и дна шпуров можно узнать степень измельчения ее за счет истирания. Набор проб брался из самотечной муки на брезент и бумагу, затем ссыпался в стеклянную банку и подвергался ситовому анализу в химлаборатории треста Анжеро-уголь. Мука по крупности рассортировывалась на пять классов: 1) выше 2 мм; 2) от 1,5 до 2 мм, 3) от 1 до 1,5 мм, 4) от 0,25 до 1,0 мм и 5) ниже 0,25 мм.

Чтобы выявить влияние твердости породы и режима бурения на крупность муки—пробы были взяты как по песчанику, так и по сланцу и для разных чисел оборотов резца, но при бурении только горизонтальных шпуров. Полученные результаты представлены в табл. 9 (по песчанику), 10 (по слан-

Скор. подачи бура мм в мин.	Число обор. бура в мин.	Подача бура на один оборот в мм	Где взята проба муки	Крупность буровой муки в %					
				Свыше 2 мм	От 1,5 до 2 мм	От 1 до 1,5 мм	От 0,25 до 1 мм	Ниже 0,25 мм	Итого
180	193	0,93	Устье шпура . .	6,8	10,8	14,8	12,4	55,2	100,0
"	"	"	Дно " . .	6,0	8,4	12,4	12,0	61,2	100,0
210	237	0,89	Устье " . .	8,8	10,0	13,6	12,0	55,6	100,0
"	"	"	Дно " . .	1,2	3,2	7,6	10,4	77,6	100,0
260	286	0,91	Устье " . .	9,7	9,4	16,3	8,4	56,2	100,0
"	"	"	Дно " . .	3,6	6,0	7,2	12,4	70,8	100,0
400	429	0,93	Устье " . .	10,1	9,8	13,6	8,6	57,9	100,0
Средние значения			Устье " . .	8,8	10,0	14,6	10,3	56,3	100,0
			Дно " . .	3,6	5,9	9,1	11,6	69,8	100,0

Таблица 9 (по песчанику)

Итого крупных сортов (от 1 мм и выше)	Распред. их в % соотн.		Соотнош. крупн. сортов в % %		Итого мелких сортов (ниже 1 мм)	Распред. их в % соотн.		Соотнош. мелких сортов в % %	
	Устье	Дно	Устье	Дно		Устье	Дно	Устье	Дно
32,4	100,0	—	100,0	—	67,6	100,0	—	100,0	—
26,8	—	100,0	—	82,8	73,2	—	100,0	—	108,0
32,4	100,0	—	100,0	—	67,6	100,0	—	100,0	—
12,0	—	45,0	—	37,0	88,0	—	120,0	—	130
35,4	109,0	—	100,0	—	64,6	95,5	—	100,0	—
16,8	—	62,7	—	47,5	83,2	—	113,6	—	128,5
33,5	103,5	—	100,0	—	66,5	98,5	—	100,0	—
33,4	—	—	100,0	—	66,6	—	—	100,0	—
18,5	—	—	—	55,4	81,5	—	—	—	122,2

Скор. подачи бура мм в мин.	Число обор. бура в мин.	Подача бура на один оборот в мм	Где взята проба муки	Крупность буровой муки в %					
				Свыше 2 мм	От 1,5 до 2 мм	От 1 до 1,5 мм	От 0,25 до 1 мм	Ниже 0,25 мм	Итого
180	193	0,93	Устье шлура . .	20,0	18,0	19,2	15,2	27,6	100,0
"	"	"	Дно " . .	26,0	11,5	7,5	14,5	40,5	100,0
210	237	0,89	Устье " . .	13,0	14,0	19,5	18,5	35,0	100,0
"	"	"	Дно " . .	10,8	15,6	19,6	17,6	36,4	100,0
400	429	0,93	Устье " . .	8,0	9,0	19,5	16,5	47,0	100,0
"	"	"	Дно " . .	5,5	6,0	13,5	9,0	66,0	100,0
Средние значения			Устье " . .	13,7	13,7	19,4	16,7	36,5	100,0
			Дно " . .	14,1	11,0	13,5	13,7	47,7	100,0

Таблица 10 (по глинистому сланцу)

Итого крупных сортов (от 1 мм и выше)	Распред. их в % соотн.		Соотнош. крупн. сортов в % %		Итого мелких сортов (ниже 1 мм)	Распред. их в % соотн.		Соотнош. мелких сортов в % %	
	Устье	Дно	Устье	Дно		Устье	Дно	Устье	Дно
57,2	100,0	—	100,0	—	42,8	100,0	—	100,0	—
45,0	—	100,0	—	78,8	55,0	—	100,0	—	128,5
46,5	81,3	—	100,0	—	53,5	125,0	—	100,0	—
46,0	—	102,3	—	98,8	54,0	—	98,3	—	101,0
36,5	63,8	—	100,0	—	63,5	148,3	—	100,0	—
25,0	—	55,6	—	68,6	75,5	—	136,0	—	118,2
46,7	—	—	100,0	—	53,3	—	—	100,0	—
38,7	—	—	—	83,0	61,3	—	—	—	115,0

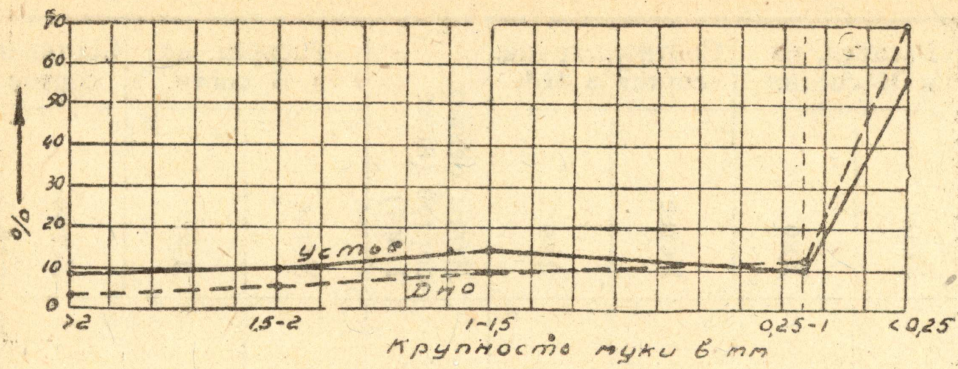


Рис. 20.

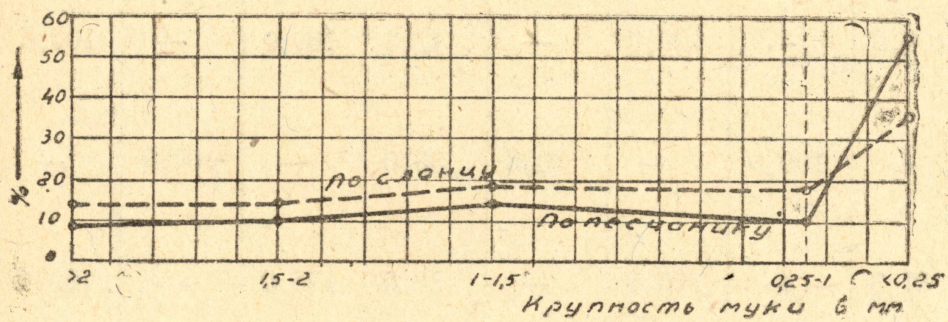


Рис. 21.

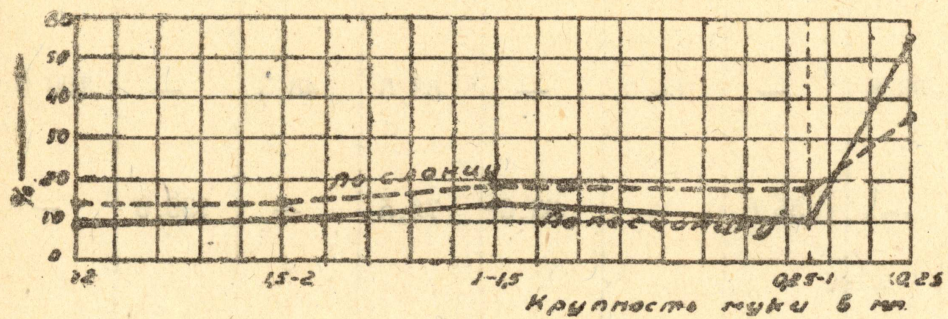


Рис. 22.

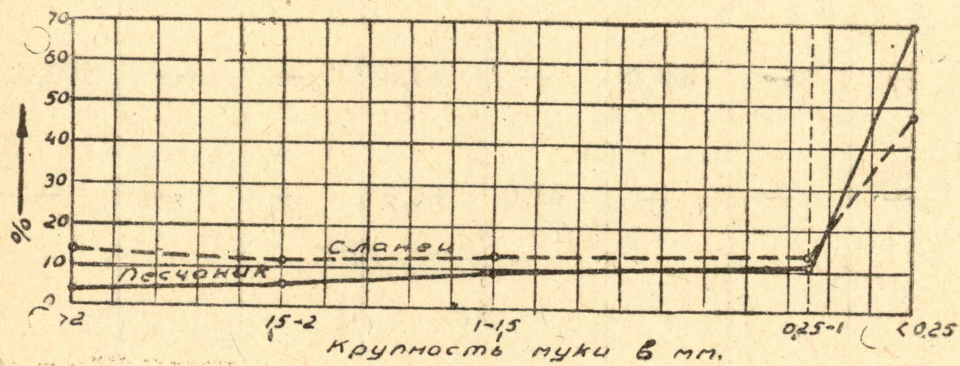


Рис. 23.

цу) и в табл. 11 среднее сравнение по песчанику и сланцу для всех скоростей.

Таблица 11

Порода	Где взята проба муки	Крупность буровой муки в % %						Итого крупных сортов (от 1 мм и выше)	Итого мелких сортов (ниже 1 мм)
		Свыше 2 мм	От 1,5 до 2 мм	От 1 до 1,5 мм	От 0,25 до 1 мм	Ниже 0,25 мм	Итого		
Песчаник	Устье . .	8,8	10,0	14,6	10,3	56,3	100,0	33,4	56,6
	% % соот.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0	100,0
Сланец . .	Устье . .	13,7	13,7	19,4	16,7	36,5	100,0	46,7	53,3
	% % соот.	156,0	137,0	133,0	162,0	65,0	—	140,0	80,0
Песчаник	Дно . . .	3,6	5,9	9,1	11,6	69,8	100,0	18,5	81,5
	% % соот.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	—	100,0	100,0
Сланец . .	Дно . . .	14,1	11,0	13,5	13,7	47,7	100,0	38,7	61,3
	% % соот.	392,0	186,5	148,3	118,0	68,4	—	209,0	75,4

Указанный цифровой материал представлен в графическом изображении на фиг. 20, 21, 22 и 23.

Из полученных данных можно сделать следующие выводы.

1) При бурении сланца, как правило, получается более крупная буровая мука, чем при бурении песчаника, что видно из таблиц 9, 10, 11 и на фиг. 22 и 23.

Крупных сортов (от 1 мм и выше) в среднем, для принятых чисел оборотов, получилось 46,7% на сланце и 33,4% на песчанике или на сланце более на 40%.

Это, очевидно, получается благодаря меньшей твердости сланца по сравнению с песчаником. Сланец более мягкий и хрупкий чем песчаник, поэтому стружка его откалывается более крупной, чем у песчаника. Более мелкая мука песчаника показывает, что при снятии его стружки больше имеет место отдиранье и меньше—скалывание, а это, в свою очередь, увеличивает расход мощности на резание. Здесь полная аналогия с зарубным штыбом из под врубовой машины, где при зарубке более мягкого или чистого или хрупкого угля, штыб получается более крупным, чем при зарубке более крепких, землистых и вязких углей.

2) Буровая мука, получаемая при бурении устья шпура, как правило, крупнее муки, получаемой в конце бурения шпура, из его дна (фиг. 20 и 21).

Из таблиц 9, 10 и 11 следует, что крупных сортов муки по песчанику в дне шпура (в среднем, по всем скоростям) получается 18,5%, а в устье 34,4% или более на 80%, а по сланцу—38,7 и 46,7% соответственно или увеличение составит 20%.

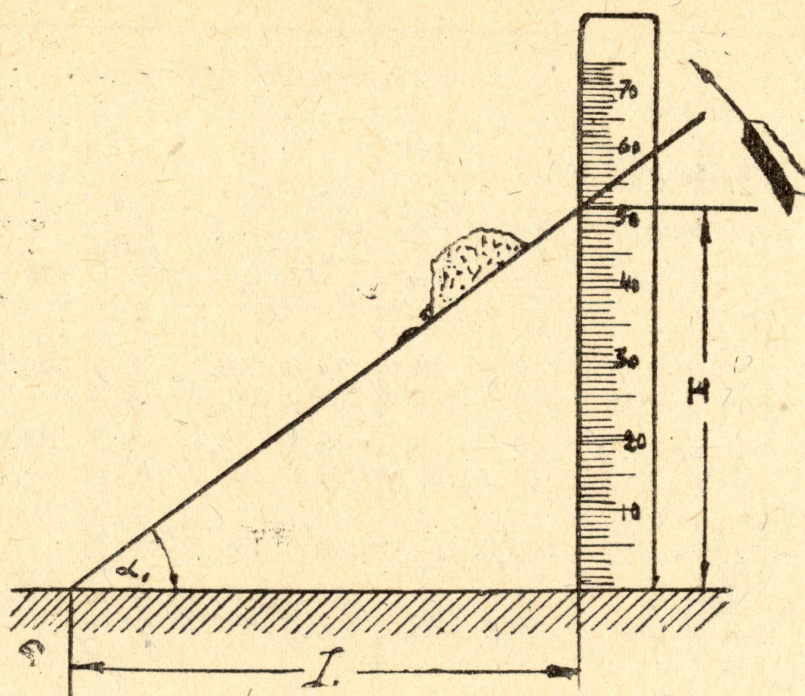


Рис. 24.

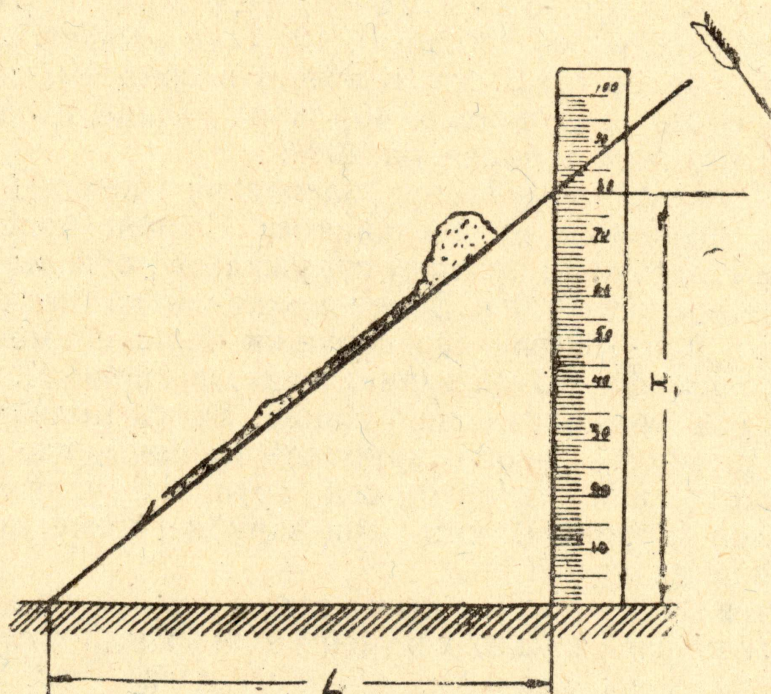


Рис. 25.

Последнее соотношение показывает, что мука песчаника подвергается истиранию больше, чем мука сланца. Этому, очевидно, способствует больший коэффициент трения, которым обладает мука песчаника по сравнению с мукой сланца ¹⁾).

3) С увеличением числа оборотов бура, крупность буровой муки, получаемой из конца шпура, несколько уменьшается.

На глинистом сланце при 193 оборотах бура в минуту крупных сортов муки (от одного мм) получилось 45%, а при 429 оборотах—только 25% или абсолютное уменьшение на 20%.

Так как число оборотов бура возросло на 122% (с 193 до 429 об/мин.), то на один процент увеличения оборотов бура крупных сортов муки уменьшается на $20 : 122 = 0,164\%$.

На песчанике крупных сортов муки получилось 26,8% при 193 об/мин и 16,8% при 286 об/мин. или абсолютное уменьшение на 10%, то один процент увеличения оборотов бура даст уменьшение крупности муки на

$$10 : 48 = 0,21\%.$$

§ 7. Коэффициенты трения буровой муки.

Буровая мука, перемещаясь по винтовой канавке бура, развивает определенную силу трения, которую приходится преодолевать, чтобы муку выталкивать из шпура. Эта сила трения, как известно, зависит от коэффициента трения между мукой и буровой сталью, с одной стороны, и между мукой и стенками шпура—с другой. Так как стенки шпура всегда покрыты слоем буровой муки, то в последнем случае мы имеем коэффициент трения муки о муку.

Для определения коэффициента трения покоя и движения муки о сталь и угла естественного откоса (муки о муку) нами была проделана экспериментальная работа.

На стальную пластинку (фиг. 24) насыпалась кучка буровой муки и верхняя кромка пластинки постепенно поднималась (нижняя неподвижно опиралась на стол) вверх до тех пор, пока мука не начинала равномерно скользить по пластинке вниз. В этот момент поднятие пластины прекращалось, измерялись (в мм) высота поднятия пластины (H) и катет L . Известно, что коэффициент трения покоя есть тангенс угла трения покоя, поэтому

$$f_n = \operatorname{tg} \alpha_n = \frac{H}{L}$$

Коэффициент трения движения определялся таким же способом, но, в процессе непрерывного насыпания муки на пластину, последняя опускалась (фиг. 25) до тех пор, пока мука не прек-

¹⁾ Большой процент перехода муки песчаника в мелкий класс очевидно зависит также и оттого, что мука эта вообще мельче сланцевой и при дроблении она быстрее переходит в более низкий класс крупности.

ращала скатывания вниз. В этот момент опускание пластины прекращалось и замерялись H_1 и L . Коэффициент трения движения определялся по формуле:

$$f_{\text{дв}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{дв}} = \frac{H_1}{L}$$

Угол естественного откоса определялся следующим образом (фиг. 26). На стальную пластинку насыпалась постепенно и свободно буровая мука в виде конуса (кучки). Так как было свободное отсыпание такой кучки, то мука располагалась под углом естественного откоса. Угол естественного откоса определялся по формуле

$$f_{\text{отк}} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{отк}} = \frac{h}{D:2} = \frac{2h}{D}$$

Определялись коэффициенты для буровой муки песчаника и сланца. Причем, образцы брались из устья и из забоя (дна) шпуров, пробуриваемых при разной скорости подачи и резания; из всех полученных данных, при этих условиях, брались средние величины для каждой породы.

Коэффициенты трения определялись как для очищенной поверхности пластинки (до блеска), так и не очищенной и натертой буровой мукой. Последний вариант представлял условия близкие к действительным при бурении.

Во всех случаях производилось по два—три измерения на каждое наблюдение и в окончательные результаты фиксировались средние значения. Всего было сделано более ста опытов (измерений).

Полученные средние результаты представлены в таблице 12.

Из приведенного материала можно сделать следующие выводы.

1) Угол естественного откоса песчаниковой буровой муки выше, чем у сланцевой.

Средний угол естественного откоса у сланцевой муки $42^{\circ}07'$, а у песчаниковой— 44° или на 5% выше. Это можно объяснить большей шероховатостью поверхности зерен песчаника, чем сланца, и еще тем, что зерна сланца большей частью плоские, в виде пленки, тогда как зерна песчаника более угловатой формы.

2) Коэффициенты трения покоя и движения у песчаниковой муки выше, чем у сланцевой.

Как правило, коэффициенты трения у песчаниковой муки выше, чем у сланцевой на 10—12%. Это явление объясняется вышеуказанными доводами.

3) Коэффициенты трения покоя выше чем коэффициенты трения движения.

Это превышение составляет около 7—8%. Так как это явление подтверждает известные законы механики, то и не требует особых пояснений.

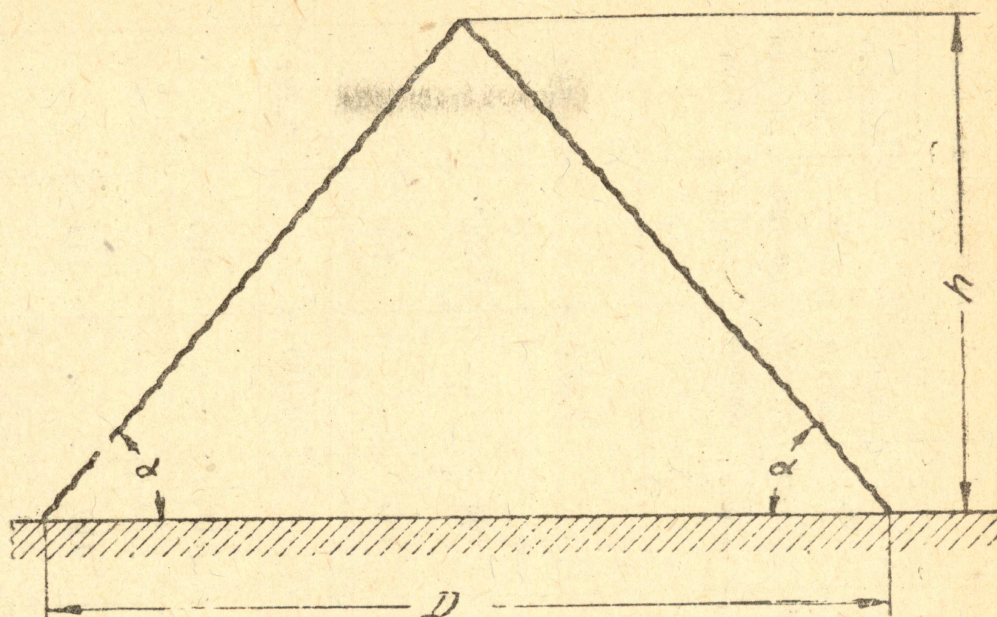


Рис. 26.

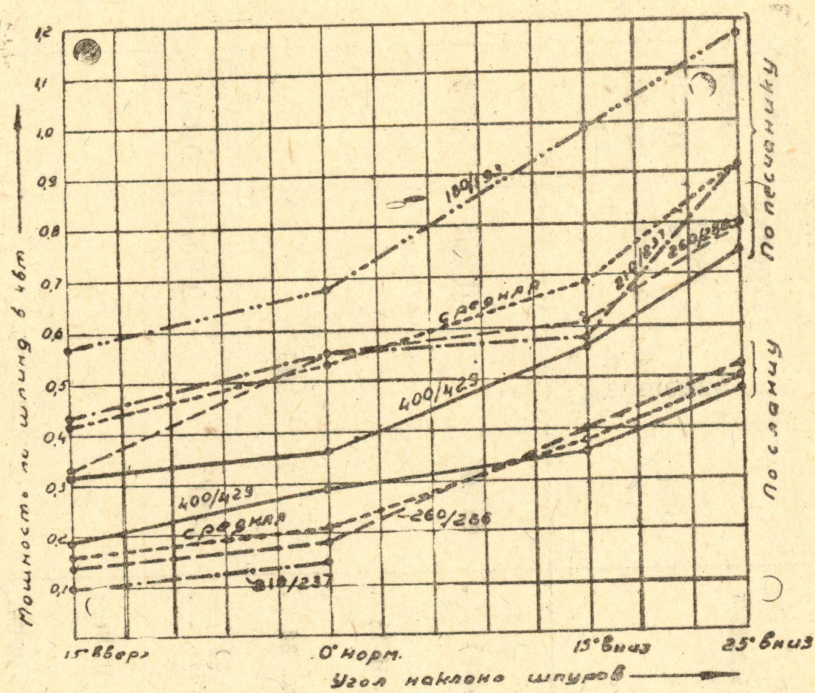


Рис. 27.

Таблица 12

Объект испытания	Угол естественного откоса		Коэфф. трения муки о муку	Очищенная пластина				Неочищенная пластина				
	$\alpha_{отк}$	Отношение % % в		Коэф-циент трения движ. $f_{дв.}$	% соотношение	Коэф. трения покоя f_n	% соотношение	Коэф-циент трения движ. $f_{дв.}$	% соотношение	Коэф-циент трения покоя f_n	% соотношение	
Гл. сланец (мука) . .	42°07'		0,905	0,578		0,624		0,657		0,704		107
% соотн. f дв. и f_n .					100		108		100		100	
Сланец примим. за .					100		100		100		100	
Песчаник (мука) . .	44°0'		0,967	0,617		0,688		0,735		0,791		108
% соотн. f дв. и f_n .					100		111,5		100		108	
% соотношен. песч. к сланцу		107			106,5		110		112		112,3	

4) Коэффициенты трения для неочищенной пластинки выше, чем для очищенной.

Это превышение составляет 7—10%, оно вполне естественно и не требует пояснений.

§ 8. Влияние буровой муки и стенок шпура на мощность, развиваемую при бурении.

Наличие буровой муки в шпуре несомненно затрудняет вращение бура. Затем, благодаря винтовым канавкам, бур стремится вытолкнуть муку из шпура.

Кроме того, бур своими ребрами касается стенки шпура, рас-сверливает (раззинковывает) их и тем самым тоже вызывает дополнительный расход мощности. Особенно велики эти вредные сопротивления при значительном продольном изгибе бура, то есть при значительной осевой нагрузке.

Следовательно, бур встречает сопротивление в шпуре не только от буровой муки, но и от трения о стенки шпура. В данном случае определялось влияние буровой муки и трения бура о стенки шпура без осевого усилия.

Чтобы определить влияние буровой муки и трения бура о стенки шпура при холостом ходе, были поставлены соответствующие измерения.

Измерения были сделаны как на песчанике, так и на сланце и для различного режима работы и для разного диаметра буров и разного наклона шпуров. Наблюдения проделывались следующим образом.

Как только шпур кончался бурением, сверло останавливалось. Ни в коем случае не допускался ни обратный, ни холостой ход, чтобы не выдать муку из забоя (дна) шпура. Бур из шпура не вытаскивался. Аккуратно бур разъединялся с патроном, сверло несколько отодвигалось по лежащей колонке, снималась передняя крышка его редуктора, снималась со шпинделя гайка подачи (сначала снимали со шпинделя патрон) и снова все собирали и соединяли как для бурения.

Как известно, без гайки нет подачи шпинделя, последний будет только вращаться на месте. В этот момент определяли потребляемую мотором мощность¹⁾ из сети, после замеряли потребляемую мощность¹⁾ при холостом ходе. Разница этих мощностей дает нагрузку сверла со стороны буровой муки и трения бура о стенки шпура. Работа производилась одинаковыми бурами, как по песчанику, так и по сланцу (диаметр буров 30 мм).

Всего было сделано тридцать наблюдений. Полученные результаты представлены в таблицах 13, 14, и 15 и на фигуре 27.

При рассмотрении данных таблицы можно сделать следующие выводы:

¹⁾ При помощи замера ампеража, вольтажа и круговой диаграммы.

Таблица 13 (по песчанику).

Скорость подачи бура мм в минуту	Число оборотов бура в минуту	15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
		Мощн. на шпин- деле квт	% соотно- шение	Мощн. на шпин- деле квт	% соотно- шение	Мощн. на шпин- деле квт	% соотно- шение	Мощн. на шпинделе квт	% соотно- шение
180	193	0,576*)	100,0	0,683*)	100,0	0,989*)	100,0	1,167*)	100,0
			100,0		118,5		171,0		202,0
210	237	0,434	75,5	0,561	82,2	0,574	58,0	0,917	78,6
			100,0		129,5		132,0		211,0
260	286	0,335	58,2	0,560	82,2	0,613	62,0	0,800	68,6
			100,0		167,0		183,0		239,0
400	428	0,330	57,3	0,367**)	53,7	0,576	58,3	0,750	64,3
			100,0		111,0		174,5		227,5
Средняя % соотношение		0,419	72,7 100,0	0,543	79,5 130,0	0,688	69,6 164,0	0,909	77,8 217,0

Таблица 14 (по сланцу)

Скорость подачи бура мм в минуту	Число оборотов бура в минуту	15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
		Мощность на шпин- деле квт.	% соотно- шение	Мощность на шпин- деле квт.	% соотно- шение	Мощность на шпин- деле квт.	% соотно- шение	Мощность на шпин- деле квт.	% соотно- шение
210	237	0,098	100,0	0,150	100,0	—	—	—	—
			100,0		153,0	—	—		
260	286	0,150	153,0	0,180	120,0	0,400	100,0	0,520	100,0
			100,0		120,0		267,0		347,0
400	428	0,180	183,8	0,290	193,5	0,370	92,5	0,490	94,3
Средняя % соотнош. . .		0,143	145,8 100,0	0,207	138,0 144,5	0,385	96,3 269,0	0,505	97,2 353,0

*) Мощности кажутся завышенными, необходима дополнительная проверка.

**) Мощность кажется заниженной, необходима проверка.

Таблица 15.

П о р о д а	15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
	Мощность на шпинделе <i>квт.</i>	% соотношение	Мощность на шпинделе <i>квт.</i>	% соотношение	Мощность на шпинделе <i>квт.</i>	% соотношение	Мощность на шпинделе <i>квт.</i>	% соотношение
Глинистый сланец	0,143	100,0	0,207	100,0	0,385	100,0	0,505	100,0
% соотношение		100,0		145,0		269,0		353,0
Песчаник	0,419	293,0	0,543	262,0	0,688	179,0	0,909	180,0
% соотношение		100,0		130,0		164,0		216,0

1) Расход мощности на преодоление сопротивления буровой муки и трения бура о стенки шпура по песчанику, как правило, выше, чем по сланцу.

Это отчетливо видно из таблицы как для различных углов наклона шпуров, так и для различных чисел оборотов бура. Пока это явление можно, очевидно, объяснить тем, что в песчанике бур имеет больше сопротивления о стенки шпура, чем в сланце, благодаря большей крепости самого песчаника. Кроме того, буровая мука песчаника имеет коэффициент трения по стали больше, чем мука сланца, это обстоятельство также влияет на повышение мощности от муки песчаника.

2) Угол наклона шпуров оказывает значительное влияние на расход мощности от буровой муки и от трения бура о стенки шпура.

Из таблиц ясно видно, что с уменьшением угла подъема верхних шпуров и увеличением угла наклона нижних шпуров мощность на преодоление сопротивления бура от муки и о стенки шпура возрастает как при бурении песчаника, так и сланца. Особенно этот рост велик при бурении сланца. Это вполне увязывается с тем обстоятельством, что на коэффициент самоудаления буровой муки угол наклона влияет по сланцу значительно, чем по песчанику.

§ 9. Влияние направления шпуров на развиваемую электро-сверлом полезную мощность и осевое усилие.

Как известно, при проведении выработок шпуры закладываются не только горизонтальные и перпендикулярно к забою, но и вбок, а также наклонно вверх и вниз. В рассматриваемой работе были определены развиваемые мощность (полезная) и осевые усилия при бурении шпуров с принятыми, в данной работе, углами наклона. Мощность указана развиваемая на собственно бурение—резание и на преодоление всех вредных сопротивлений, испытываемых буром в шпуре.

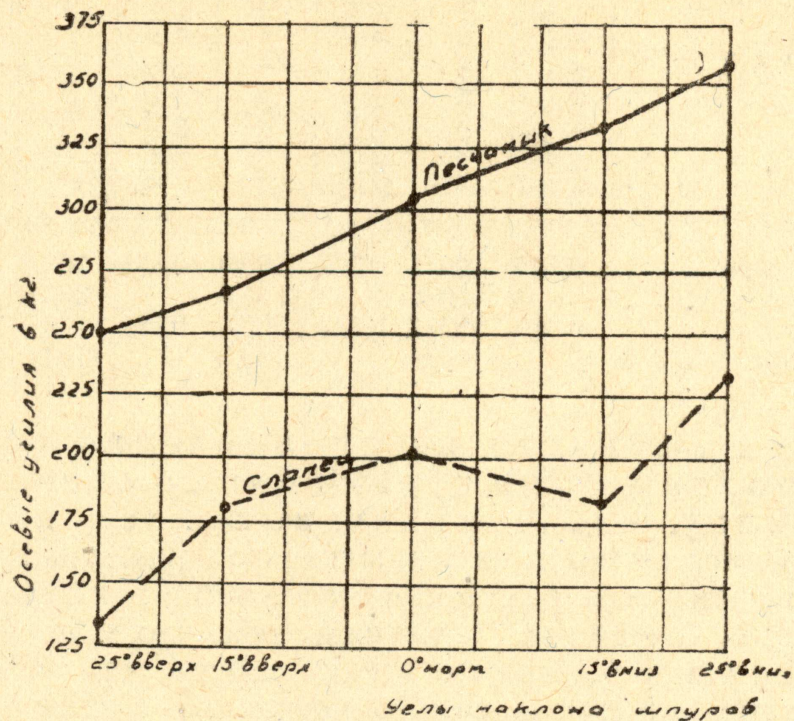


Рис. 28.

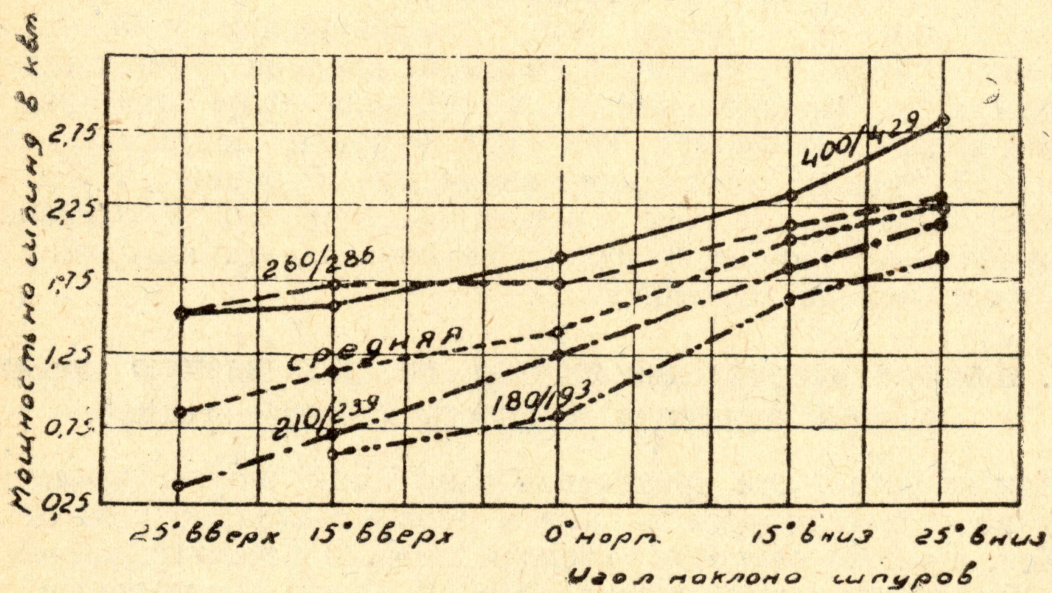


Рис. 29.

Осевые усилия и полезная мощность фиксировались на протяжении бурения всей глубины шпуров (через 10 см.), но практическое значение, с точки зрения интересующего нас вопроса, имеют средние значения этих показателей, полученные для различного наклона шпуров. Эти данные покажут насколько они возрастают от угла наклона шпуров, следовательно, как повлиял угол наклона на сопротивления, испытываемые буром.

Средние, для всех изучаемых чисел оборотов бура, осевые усилия и полезная мощность на шпинделе, полученные при бурении песчаника, приведены в табл. 16, при бурении сланца—в табл. 17, а сравнение данных по песчанику и сланцу в табл. 18. Графическое изображение полученных материалов представлено на фиг. 28, 29, 30 и 31.

При рассмотрении полученных данных можно сделать следующие выводы.

1) Осевые усилия растут по мере опускания вниз шпуров. Это отчетливо видно как в отношении песчаника, так и особенно сланца. Среднее (по длине шпура) осевое усилие по сланцу возрастает с 134 кг при шпурах 25° вверх до 232 кг в шпурах 25° вниз, то-есть рост на 73%. По песчанику эти усилия соответственно составляют 250 и 355 кг или показывают рост на 40%.

Так как скорость подачи бура, конструкция бура и резца и прочие условия бурения одинаковы для всех наклонов шпуров, то следует считать, что рост осевых усилий вызывается внутренними сопротивлениями в шпуре, которые получает бур от буровой муки и от трения о стенки шпура. Большой рост осевых усилий по сланцу объясняется меньшим коэффициентом удаления буровой муки при бурении этой породы. При бурении нижних шпуров наблюдалось прессование муки в шпуре, что вызывало особо большой рост осевого усилия.

2) Осевые усилия с изменением числа оборотов бура почти не изменяются. Это объясняется тем, что скорость подачи на один оборот бура остается почти постоянной.

3) Осевые усилия по песчанику значительно выше, чем по сланцу. Это отчетливо выдерживается при всех углах наклона шпуров. Объясняется оно тем, что песчаник обладает большей твердостью, чем сланец. Увеличение осевых усилий по песчанику колеблется от 48,5 до 86,5%, а в среднем составляет 61,5%, то есть осевое усилие по песчанику более чем в полтора раза выше, чем по сланцу.

4) Расходуемая мощность на шпинделе растет по мере опускания вниз шпуров.

Это также отчетливо видно из приведенных таблиц как в отношении сланца, так и особенно песчаника.

Средняя (по длине шпура) мощность по сланцу возрастает с 0,61 квт при шпурах 25° вверх до 1,16 квт при шпурах 25° вниз или рост на 90%. По песчанику эта мощность соответственно составляет 0,96 и 2,30 квт или рост 140%.

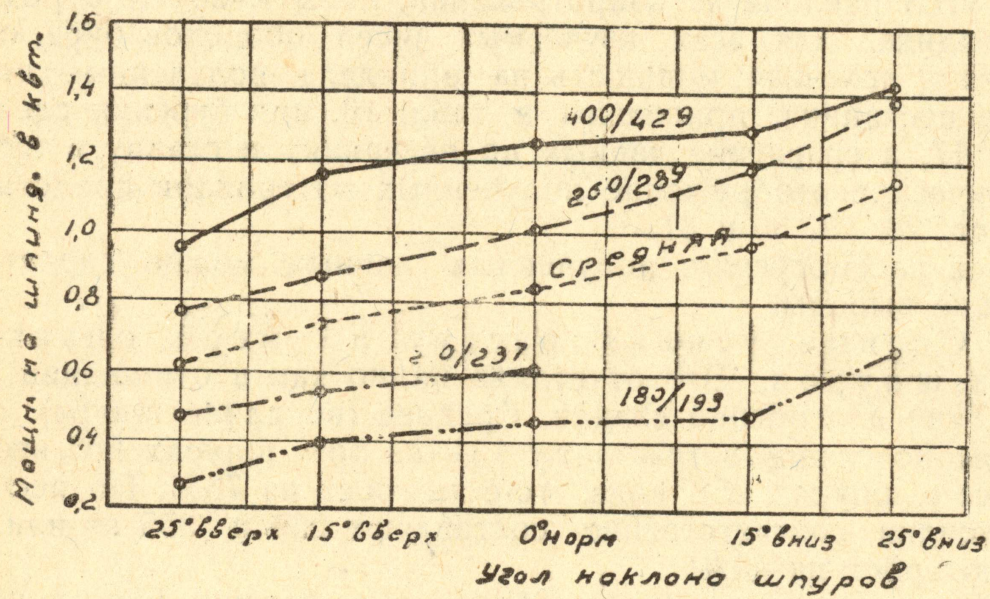


Рис. 30.

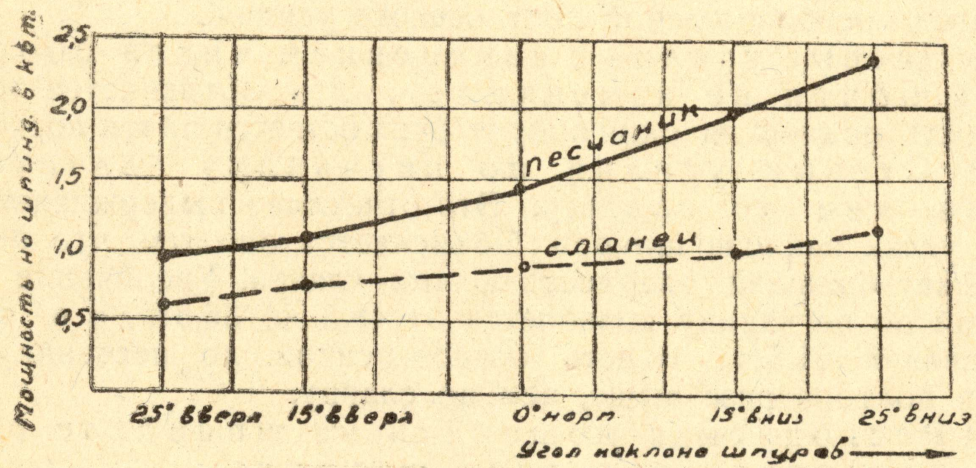


Рис. 31.

Таблица 16 (по песчаннику).

Скорость подачи бура мм в мин.		Число оборотов бура в мин.	Угол наклона шпуров									
			25° вверх		15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
			Среднее осевое усилие кг	Средняя мощн. на шпindle-ле квт	Среднее осевое усилие кг	Средняя мощн. на шпindle-ле квт	Среднее осевое усилие кг	Средняя мощн. на шпindle-ле квт	Среднее осевое усилие кг	Средняя мощн. на шпindle-ле квт	Среднее осевое усилие кг	Средняя мощн. на шпindle-ле квт
180		193	280	—	293	0,60	304	0,80	390	1,66	390	1,93
210		237	225	0,38	244	0,70	—	1,30	267	1,85	290	2,17
260		286	—	1,57	—	1,73	—	1,74	—	2,15	—	2,33
400		429	242	1,57	268	1,63	304	1,88	344	2,30	384	2,80
В среднем			250	0,96	268	1,17	304	1,43	333	1,99	355	2,30
% соотношение			100	100	107	122	121	149	133	207	142	240

Таблица 17 (по сланцу)

У г о л н а к л о н а ш п у р о в													
Скорость подачи бура мм в мин.	Число оборотов бура в мин.	25° вверх				15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
		Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.				
180	193	—	0,26	—	0,39	—	0,45	—	0,48	—	0,67	—	—
210	237	130	0,47	155	0,54	180	0,60	—	—	—	—	—	—
260	286	118	0,77	155	0,87	220	1,05	163	1,18	175	1,38	—	—
400	429	154	0,95	229	1,16	208	1,25	212	1,28	288	1,44	—	—
В среднем		134	0,61	180	0,74	203	0,84	188	0,98	232	1,16	—	—
% соотношение . .		100	100	134	121	151	138	140	161	173	190	—	—

Таблица 18

ПОРОДА	25° верх		15° верх		0° норм.		15° вниз		25° вниз		Средние значения	
	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.	Среднее осевое усилие кт.	Средняя мощн. на шпинделе квт.
Сланец . . .	134	0,61	180	0,74	203	0,84	188	0,98	232	1,16	187	0,87
% соотношен.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Песчаник . .	250	0,96	268	1,17	304	1,43	333	1,99	355	2,30	302	1,57
% соотношен.	186,5	157,3	148,5	158,3	150,0	170,5	177,0	203,0	153,0	198,0	161,5	180,5

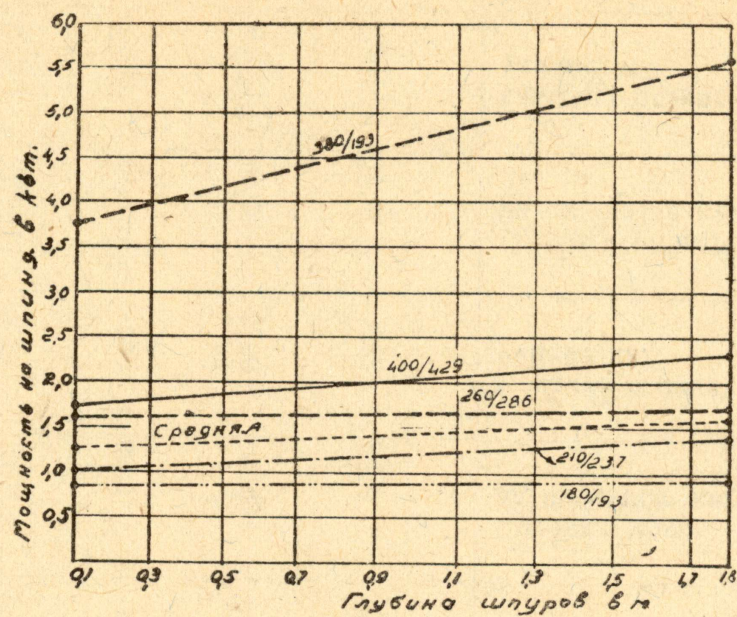


Рис. 32.

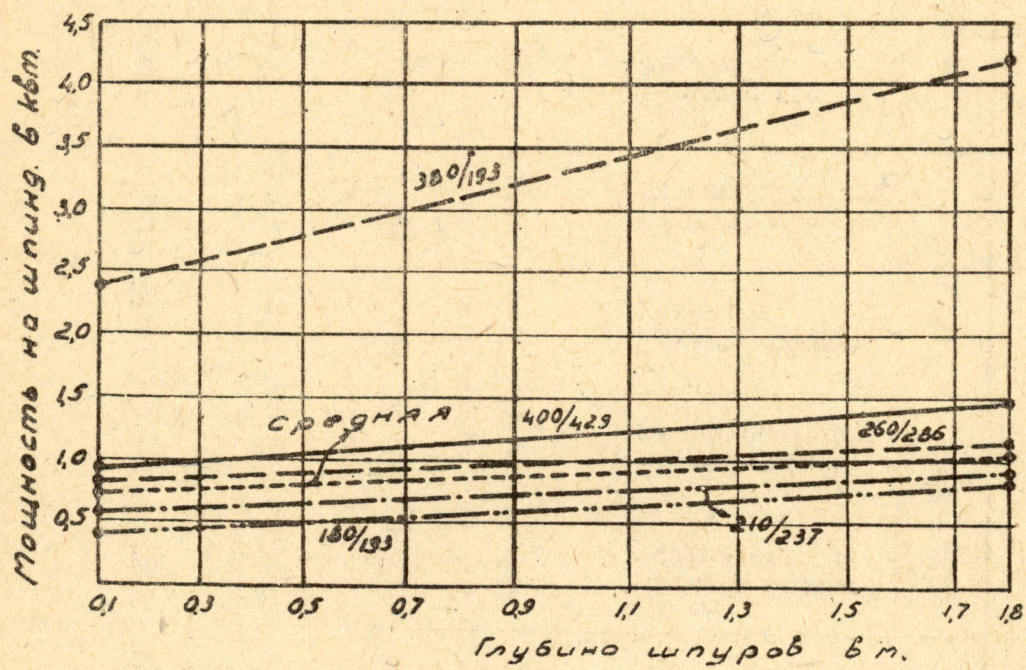


Рис. 33.

Значительный рост расходуемой мощности по мере опускания шпуров объясняется большим сопротивлением буровой муки, большей вибрацией бура и большим трением, в связи с этим, бура о стенки шпура. Большой рост этой мощности для нижних шпуров по песчанику нежели по сланцу объясняется, повидимому, временными причинами, случайного характера.

5) Мощность на шпинделе возрастает по мере увеличения скорости резания (числа оборотов бура).

Это ясно видно из приведенных таблиц и не требует особых пояснений, так как известно, что скорость резания увеличивает расход мощности.

6) Мощность на шпинделе электросверла при бурении песчаника значительно выше, чем при бурении сланца.

Это увеличение колеблется от 57,3 до 103%, а в среднем составляет 80,5%. Оно объясняется большей твердостью песчаника по сравнению со сланцем.

§ 10. Влияние глубины шпуров на полезную мощность и осевое усилие, развиваемые при бурении.

По мере углубления шпура несомненно должны повышаться развиваемые сверлом мощность и осевые усилия. Они будут, очевидно, увеличиваться за счет дополнительных вредных сопротивлений, которые встречает бур с углублением шпура от стенок последнего (увеличивается площадь соприкосновения бура со стенкой шпура), от изгиба бура (больше трения о стенки шпура) и от буровой муки (больше ее количество).

Наблюдения велись по песчанику и сланцу для различных режимов работы и для разных углов наклона шпура. Так как влияние угла наклона шпуров на мощность и осевое усилие было выявлено в предыдущем параграфе, то здесь выявим влияние на эти показатели только со стороны глубины шпуров. Чтобы не иметь влияния наклона шпуров обработаем полученные данные только для одного горизонтального направления шпуров.

В таблице 19 приведены данные по осевым усилиям и расходуемой полезной мощности на сверление, а графическое изображение их представлено на фиг. 32, 33, 34 и 34а. Приведены данные начальные (при бурении устья шпуров) и конечные — при бурении дна шпуров. Шпуры бурились, как ранее указывалось, глубиной по 1,8 метра. Данные приведены как для песчаника, так и для сланца и для разных режимов бурения.

Из приведенных в таблице 19 данных можно сделать следующие выводы.

1) Абсолютное значение осевых усилий по песчанику значительно выше, чем по сланцу как при одинаковых режимах сверления, так и по средним значениям. Среднее (по всем режимам сверления) начальное осевое усилие

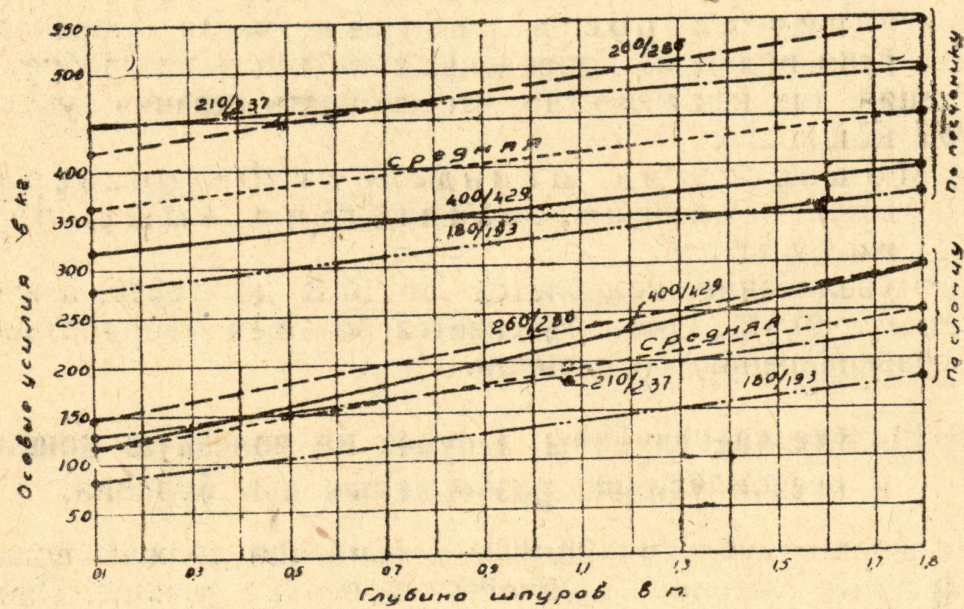


Рис. 34.

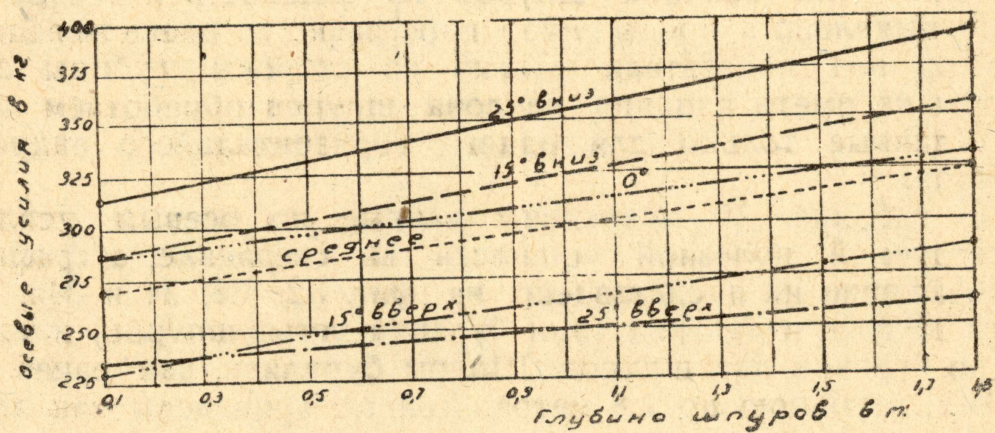


Рис. 34-а.

Таблица 19.

Скор. подачи бура мм в ми- нуту	Число оборотов бура мин.	Осевое усилие в кг		% увеличения	Мощность на шпинделе квт.		% увеличения	Средняя мощность квт.	% соотношение
		Начальное	Конечное		Начальная	Конечная			
Глинистый сланец									
180	193	80	180	125	0,44	0,76	72,5	0,60	100,0
210	237	130	230	77	0,52	0,79	52,0	0,65	108,0
260	286	145	295	103	0,78	1,16	48,6	0,97	161,5
400	429	120	295	146	0,93	1,48	59,0	1,20	200
Среднее . . .		119	250	110	0,69	1,05	52,0	0,80	—
Если принять за		100%	100%	—	100%	100%	—	100%	—
Песчаник									
180	193	278	370	33	0,84	0,94	12,0	0,89	100,0
210	237	445	495	11	0,99	1,40	41,5	1,20	135,0
260	286	420	545	30	1,60	1,70	6,3	1,65	185,0
400	429	320	395	23,5	1,71	2,33	36	2,02	227
Среднее . . .		366	451	23,5	1,28	1,59	24,2	1,44	—
% соотн. к сланцу . . .		307	180,5	—	185,5	151,0	—	180%	—

по сланцу составило 119 кг., а по песчанику—366 кг или на 207% больше. Среднее конечное осевое усилие по сланцу составило 250 кг., а по песчанику 451 кг или на 80,5% больше.

Значительное осевое усилие по песчанику по сравнению со сланцем объясняется его большей крепостью. Но, несомненно, на уменьшение разницы между конечными усилиями по песчанику и сланцу (80,5%) по сравнению с разницей начальных усилий (207%) оказал влияние меньший коэффициент самоудаления муки при бурении сланца. Буровая мука, очевидно, значительно повысила конечные осевые усилия по сланцу, чем при бурении песчаника.

2) Конечные осевые усилия выше начальных усилий.

Это увеличение в среднем составляет 110% на сланце и 23,5% на песчанике. Так как бурение производилось только острыми резцами и при одинаковом режиме, то причиной роста осевых усилий являются следующие факторы:

а) с углублением шпура увеличивается площадь соприкосновения бура со стенками шпура, а следовательно и сила трения, вызываемая этим;

б) с углублением шпура увеличивается продольный изгиб бура, а следовательно, и сила трения его о стенки шпура;

в) с углублением шпура сопротивление буровой муки увеличивается.

Значительный рост осевых усилий по сланцу по сравнению с песчаником объясняется действием буровой муки, коэффициент самоудаления которой по сланцу, как указывалось ранее, гораздо ниже такового по песчанику. Кроме того, сланцевая буровая мука более вязка и менее рассыпчата, чем песчаника. Все эти факты, как показали непосредственные наблюдения, играют очень большую роль как в увеличении осевых усилий, так и в потребляемой мощности на сверление.

Что же касается режима бурения, то как известно решающее влияние на осевые усилия имеет скорость подачи на один оборот бура. Но так как в нашем исследовании эта скорость была почти постоянна (см. табл. 1), то она влияния не оказывала. Влияние числа оборотов бура на осевые усилия как это видно из полученных материалов (табл. № 19) не имеет места.

3) Полезная мощность, расходуемая на сверление по песчанику, значительно выше, чем по сланцу. Это отчетливо видно из таблицы для всех режимов сверления по обеим породам. Средняя начальная мощность по песчанику выше таковой по сланцу на 85,5%. Необходимо считать, что это увеличение целиком идет за счет большей крепости песчаника, так как в начальной стадии бурения шпуров (в устье их) влияние буровой муки ничтожно, а средства бурения и условия работы были по обеим породам одинаковы.

Средняя конечная мощность по песчанику выше таковой по сланцу на 51%. Увеличение попрежнему идет за счет крепости породы, но снижение разницы в расходуемой мощности (51% вместо 85,5%) необходимо объяснить большим влиянием буровой муки в сланцевых шпурах, чем при бурении по песчанику.

4) Конечная мощность выше начальной. Это ярко выражено по обеим породам и для всех режимов бурения. Это увеличение в среднем составляет 52% по сланцу и 24,2% по песчанику. Бóльшее увеличение по сланцу, чем по песчанику, объясняется вышеуказанными причинами—влиянием буровой муки.

5) С увеличением скорости резания (числа оборотов бура) расходуемая мощность на бурение увеличивается.

Из таблицы 19 и на фиг. 32 и 33 видно, что это увеличение резко выражено для обеих пород. По сланцу это увеличение составило 100%, а по песчанику—127% при увеличении скорости резания (429 оборотов вместо 193) на 122%, следовательно, на каждый процент увеличения скорости имеем один процент увеличения мощности, расходуемой на бурение песчаника и около 0,82% увеличения мощности по сланцу.

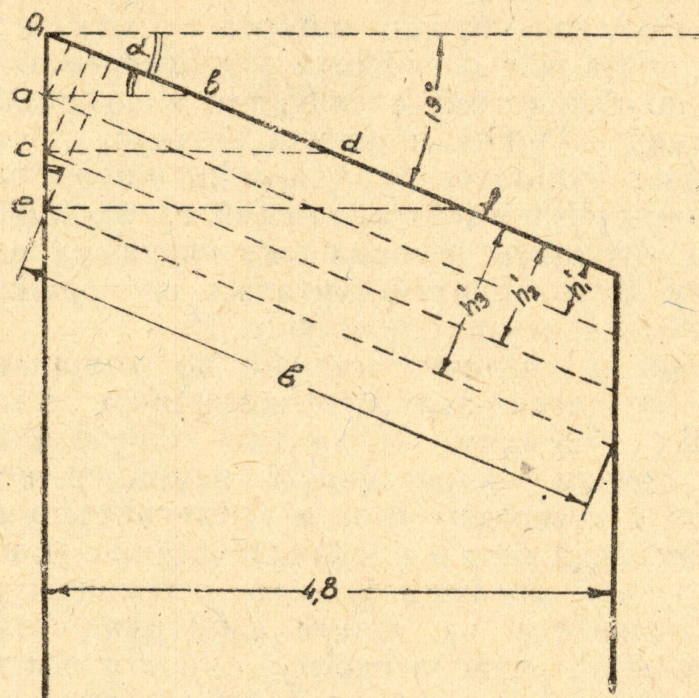


Рис. 35.

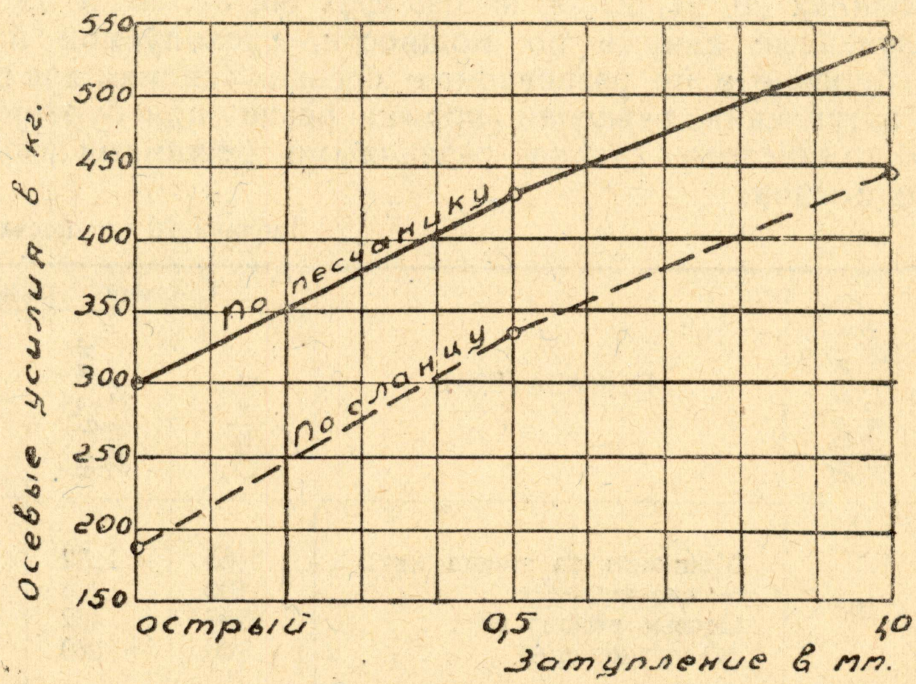


Рис. 36.

§ 11. Влияние износа резцов на мощность и осевое усилие электросверла.

Для определения влияния износа резцов на мощность и осевое усилие электросверла бурили шпуры горизонтального направления, но резцами с различным затуплением. Бурение производилось как по глинистому сланцу, так и по песчанику и на различных режимах скорости подачи и резания.

Для сравнения результатов бурили одни шпуры резцами острыми, другие шпуры резцами затупленными на 0,5 мм (аб фиг. 35) и третьи шпуры бурились резцами затупленными на 1 мм. (сд фиг. 35). Степень затупленности считалась по толщине режущей кромки (пластинки), как указано на фиг. 35.

Замер степени затупления, именно по толщине режущей кромки (лезвия), является наиболее наглядным и доступным в производственных условиях. Тогда как определение степени затупления по другим направлениям, например, по передней грани, сопряжено с замерами углов и геометрическими построениями, что крайне неудобно в производственных условиях и не всегда доступно для обслуживающего персонала. Затупление кромки резца создавалось на точиле карборунд „экстра“, так что затупленный резец начинал работу с подготовленной кромкой. Это гарантировало получение более точных результатов.

Шпуры бурились на расстоянии 4—5 см друг от друга, чтобы они проходились в одинаковых условиях.

В процессе наблюдения снимались показания амперметра, вольтметра и динамометра через каждые 10 см шпура.

На таблицах 20, 21, 22 и на фигурах 36, 37, 38 и 39 показаны полученные данные по мощности, расходуемой на собственное бурение и по развиваемым осевым усилиям для разных степеней затупления режущей кромки резца при бурении песчаника и глинистого сланца различными режимами скорости резания и подачи.

Таблица 20 (по песчанику)

Скорость подачи бура мм в мин.	Число обор. бура в мин.	ПОКАЗАТЕЛИ	Состояние резца		
			Острый	Затупл. на 0,5 мм.	Затупл. на 1 мм.
180	193	Мощность на шпинд. квт . .	0,65	1,32	1,53
		% соотношение	100	203	236
		Осевые усилия кг	257	462	649
		% соотношение	100	180	253
210	237	Мощность на шпинд. квт . .	0,98	1,58	1,65
		% соотношение	100	161	169
		Осевые усилия кг	314	493	619
		% соотношение	100	157	197

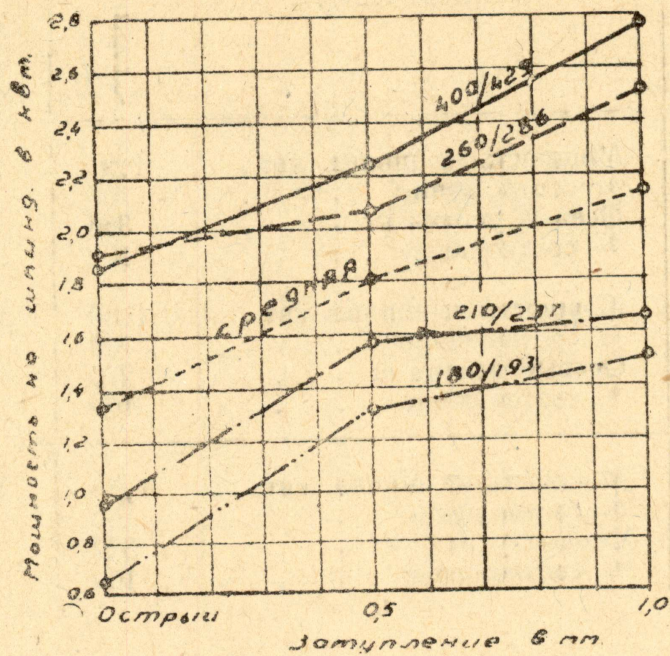


Рис. 37.

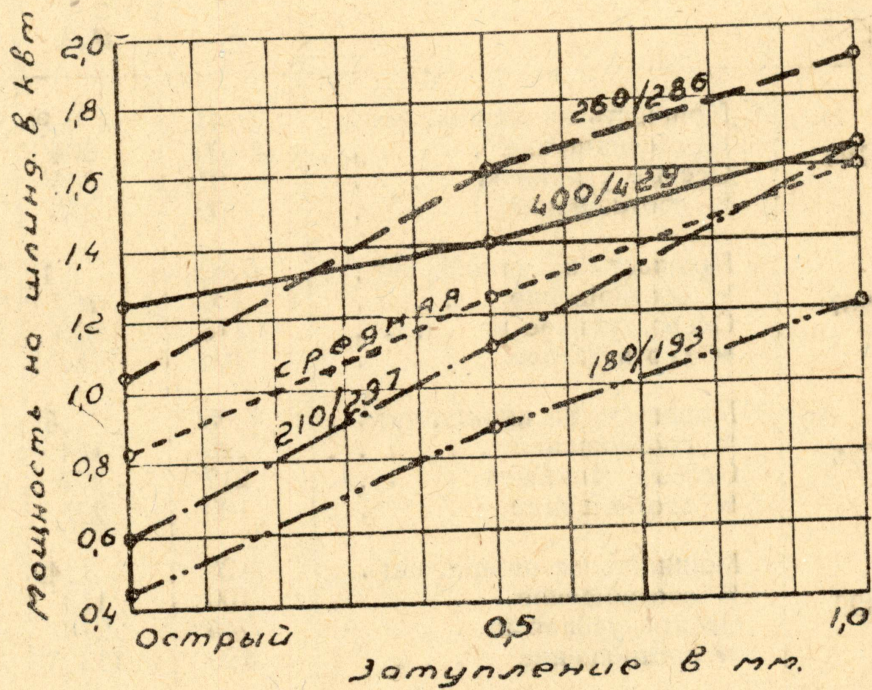


Рис. 38.

Скорость по- дачи бура мм в мин.	Число обор. бура в мин.	ПОКАЗАТЕЛИ	Состояние резца		
			Острый	Затупл. на 0,5 мм.	Затупл. на 1 мм.
260	286	Мощность на шпинд. квт . .	1,9	2,07	2,52
		% соотношение	100	109	133
		Осевые усилия кг	366	400	468
		% соотношение	100	109	128
400	429	Мощность на шпинд. квт . .	1,86	2,23	2,77
		% соотношение	100	120	149
		Осевые усилия кг	270	361	420
		% соотношение	100	133	155
Средние значения		Мощность на шпинд. квт . .	1,35	1,80	2,12
		% соотношение	100	133	157
		Осевые усилия кг	302	429	538
		% соотношение	100	142	178,5

Таблица 21 (по сланцу)

Таблица 21 (по сланцу)

Скорость по- дачи бура мм в мин.	Число обор. бура в мин.	ПОКАЗАТЕЛИ	Состояние резца		
			Острый	Затупл. на 0,5 мм.	Затупл. на 1 мм.
180	193	Мощность на шпинд. квт . .	0,44	0,90	1,21
		% соотношение	100	204	275
		Осевые усилия кг	97	306	407
		% соотношение	100	315	420
210	237	Мощность на шпинд. квт . .	0,62	1,12	1,67
		% соотношение	100	180	270
		Осевое усилие кг	178	318	447
		% соотношение	100	179	250
260	286	Мощность на шпинд. квт . .	1,05	1,62	1,91
		% соотношение	100	154	182
		Осевые усилия кг	212	427	531
		% соотношение	100	201	250
400	429	Мощность на шпинд. квт . .	1,26	1,42	1,67
		% соотношение	100	113	133
		Осевые усилия кг	245	278	395
		% соотношение	100	113,5	161
Средние значения		Мощность на шпинд. квт . .	0,85	1,27	1,62
		% соотношение	100	150	191
		Осевые усилия кг	183	332	445
		% соотношение	100	181,5	243

Таблица 22.

Показатели	Наимен. показателя	Состояние реза		
		Острый	Затупл. на 0,5 мм	Затупл. на 1 мм
Средние осевые усилия по сланцу .	кг.	183	332	445
Средние осевые усилия по песчанику	"	302	429	538
% соотношение песчаника к сланцу .		165	129	121
Средняя мощность на шпинделе по сланцу	квт.	0,85	1,27	1,62
Средняя мощность на шпинделе по песчанику	"	1,35	1,80	2,12
% соотношение песчаника к сланцу		159	141	131

Из рассмотрения и анализа полученных данных можно прийти к следующим выводам.

1) С увеличением степени затупления лезвия реза растут осевые усилия. Это хорошо видно данных таблиц 20, 21 и 22 и представленной диаграммы № в отношении как песчаника, так и сланца, а также и для всех испытанных скоростей резания и подачи.

2) С увеличением крепости породы осевые усилия при остром резе возрастают. Это наглядно видно из данных таблиц и диаграммы в отношении песчаника и сланца. Среднее осевое усилие при остром резе по сланцу составило 183 кг, а по песчанику—302 кг или на 65% больше.

3) С увеличением затупления реза влияния крепости породы на увеличение осевого усилия падает. Это хорошо видно из данных таблицы 22. Из нее следует, что увеличение осевого давления по песчанику (по сравнению со сланцем) при остром резе составляет 65%, а при затуплении его на 0,5 мм—уже составляет 29%, а при износе на 1 мм это увеличение осевого давления составит только 21%.

Влияние режима бурения на осевые усилия в этих условиях выявить не представилось возможным, так как подача на один оборот бура (а от нее главным образом зависит осевое усилие) оставалась почти без изменения. Что же касается скорости резания (числа оборотов бура), то она не влияет на осевые усилия.

4) С увеличением затупления лезвия реза значительно растет расходуемая мощность на шпинделе.

Это ясно видно из представленных таблиц как в отношении обеих пород, так и разных режимов бурения.

Средняя мощность по песчанику при подработанном резе на 1 мм на 57% выше, чем при остром резе, а по сланцу на 91%.

5) С увеличением крепости породы мощность на шпинделе значительно возрастает.

Средняя мощность на шпинделе по сланцу при остром резе составила 0,85 квт, а по песчанику—1,35 квт или выше на

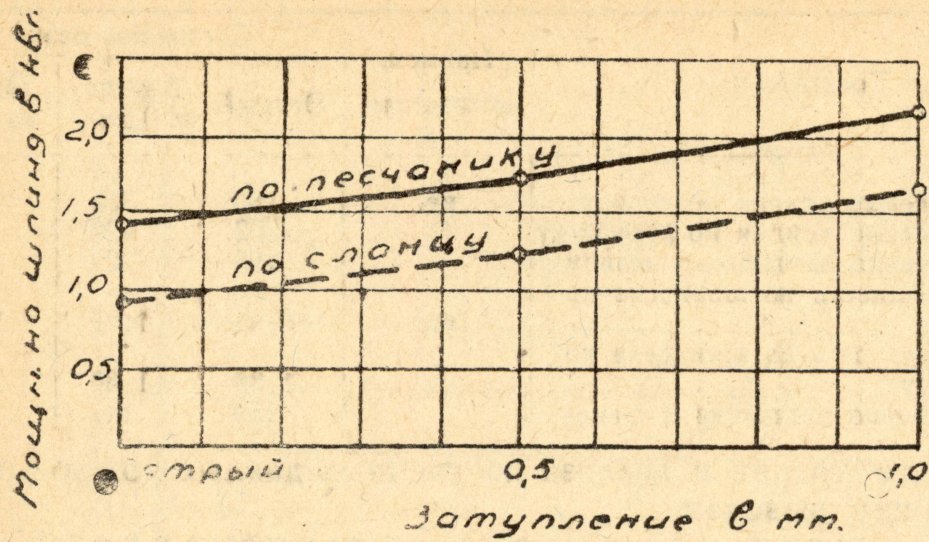


Рис. 39.

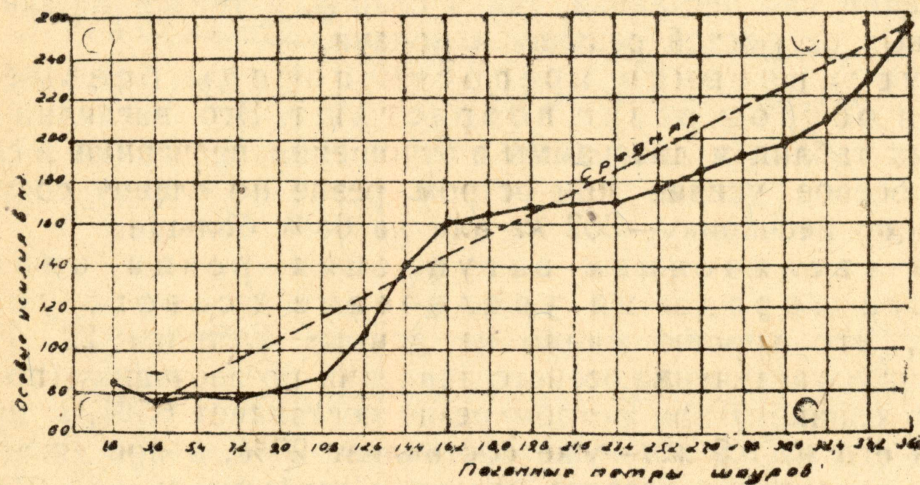


Рис. 40.

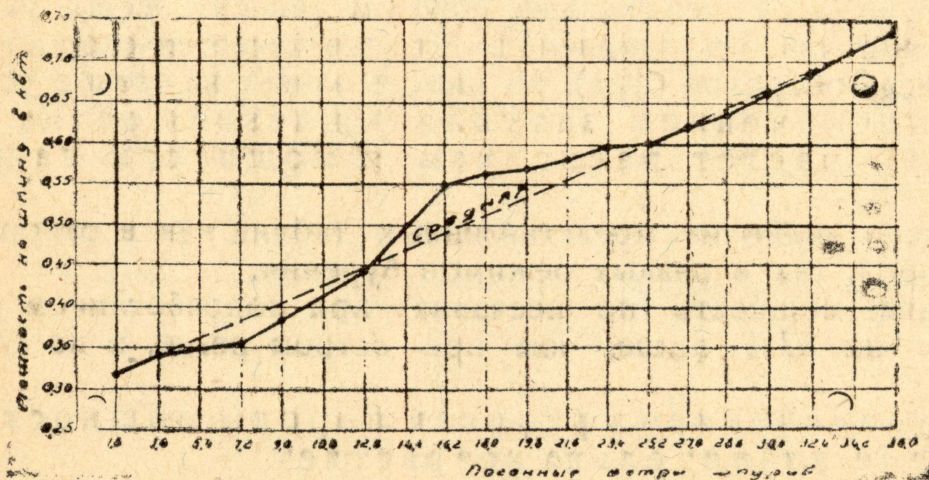


Рис. 41.

59%. Это объясняется большим временным сопротивлением снятию песчаника по сравнению со сланцем.

6) С увеличением затупления резца влияние крепости породы на увеличение мощности на шпинделе падает.

Из таблицы 22 видно, что увеличение мощности по песчанику (по сравнению со сланцем) при остром резце составляет 59%, а при износе его на 0,5 мм—уже составляет 41%, а при затуплении на 1 мм—только на 31%.

7) С увеличением скорости резания (числа оборотов бура) мощность на шпинделе возрастает.

При остром резце рост мощности при 429 оборотах бура в минуту по сравнению с 193 оборотами для обеих пород составит на 186%, при затупленных резцах на 0,5 мм этот рост составит 69% для песчаника и 58% для сланца, а при подработке резца по толщине его кромки на 1 мм—рост составит 81% для песчаника и 38% для сланца.

Эти данные говорят о том, что по мере затупления резца влияние скорости резания на мощность уменьшается, особенно для сланца.

Было произведено также наблюдение над стойкостью резца. Наблюдение проведено по сланцу. Для этого бурили только горизонтальные шпуры на глубину 1,80 метра каждый одним резцом, ведя учет пробуренному метражу и снимая замеры степени затупления резца.

Всего было пробурено двадцать шпуров или 36 п. м., резец был затуплен на 0,3 мм по толщине лезвия, на его периферийном конце.

Во время бурения снимались отчеты по динамометру, амперметру и вольтметру обычным порядком.

Полученные результаты по осевому усилию и полезной мощности приведены в табл. 23 и на фиг. 40 и 41.

Таблица 23

№№ шпуров	Пробурено п. м.	Осевые усилия кг	Мощность на сверление квт.	№№ шпуров	Пробурено п. м.	Осевые усилия кг	Мощность на сверление квт.
1	1,8	85	0,320	11	19,8	168	0,570
2	3,6	76	0,340	12	21,6	162	0,580
3	5,4	77	0,420	13	23,4	169	0,595
4	7,2	76	0,355	14	25,2	175	0,600
5	9,0	95	0,385	15	27,0	185	0,620
6	10,8	86	0,440	16	28,8	191	0,635
7	12,6	127	0,445	17	30,6	197	0,660
8	14,4	140	0,520	18	32,4	207	0,680
9	16,2	159	0,550	19	34,2	227	0,710
10	18,0	164	0,565	20	36,0	259	0,730

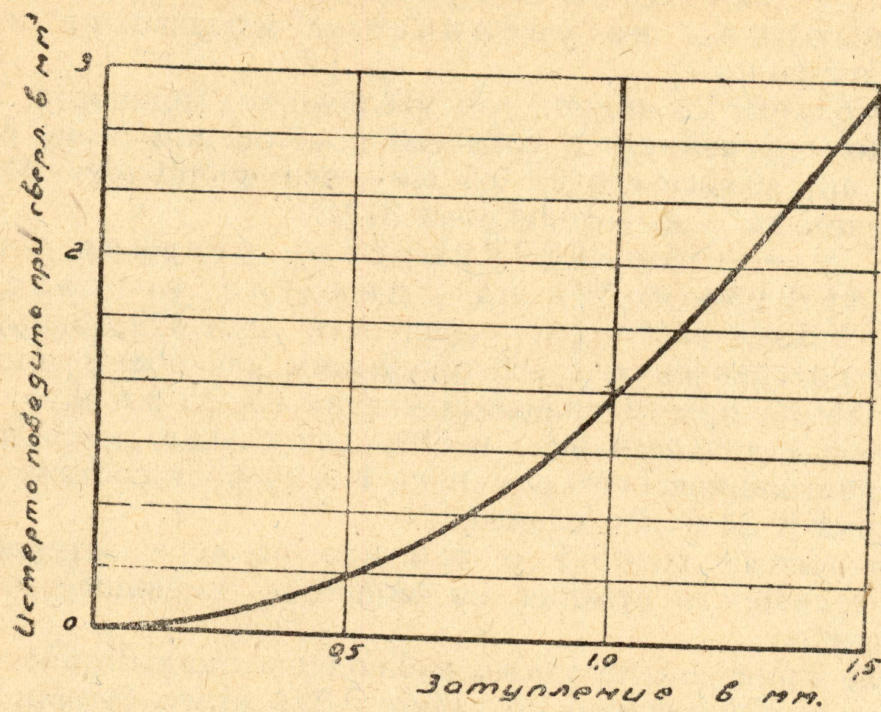


Рис. 42.

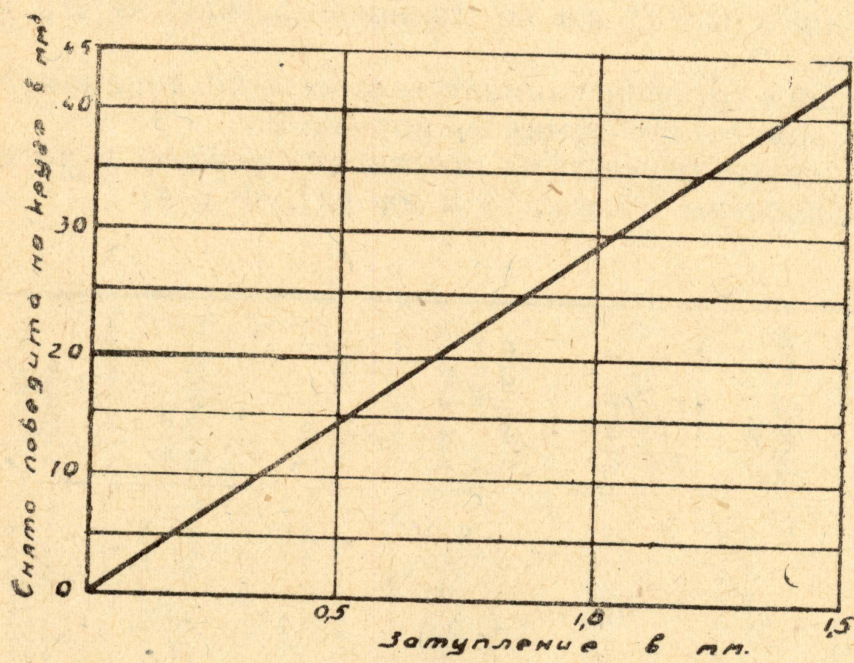


Рис. 43.

Рассматривая полученные результаты по осевому усилию, мы видим, что оно неуклонно возрастало по мере затупления резца. Соединение точек-замеров осевых усилий дает некоторую ломаную линию, неизбежно получающуюся при наблюдениях в производственной обстановке, но эта линия вполне соответствует и может быть заменена какой то средней прямой линией, показывающей, что усилие растет от затупления резца по закону прямой линии, т. е. это наблюдение подтвердило то, что было получено выше.

Наблюдения показывают, что затупление лезвия начинается и происходит постепенно и весьма медленно. Ни при этом испытании и ни в процессе других наблюдений не было замечено отступления от этого правила.

Приведенные данные по развиваемой мощности на шпинделе показывают неуклонный рост по мере затупления лезвия резца. Кривая (фиг. 41) роста мощности почти идентична кривой роста осевых усилий. Также можно кривую мощности принять за некоторую среднюю прямую и считать, что рост мощности по мере затупления лезвия резца идет по закону прямой линии.

При затуплении резца расходуется (истирается) победитовая пластинка. С увеличением затупления сильно растет расход победитовой пластинки от истирания (фиг. 42 для резца № 2). Еще значительно увеличивается расход победитовой пластинки от заточки (фиг. 43). Общий расход победитовой пластинки от истирания и заточки, в зависимости от степени затупления ее режущей кромки, представлен на фиг. 44.

Установление экономически выгодного предела затупления резца должно быть специально изучено для различных условий работы и при различных режимах.

§ 12. Сравнение витых буров ромбического и прямоугольного сечения.

Как известно, в практике каменноугольных шахт применяется буровая витая сталь двух сечений: ромбическая (свита из ромбической стали) и прямоугольная—свита из стали прямоугольного сечения. Испытанная ромбическая сталь имела шаг винтовой канавки 110—115 мм, а прямоугольная—50—52 мм, диаметр буров обоих профилей был одинаков и равнялся 30 мм. Буров с одинаковым шагом винтовой канавки в нашем распоряжении не имелось. Сравнение проведено по следующим показателям: 1) по потребляемой мощности на сверление; 2) по развиваемому осевому усилию; 3) по коэффициенту самоудаления буровой муки.

Для определения этих показателей были пробурены шпурь в одинаковых условиях по песчанику бурами ромбического и прямоугольного сечения при скорости подачи 400 мм в мин. и при числе оборотов 429 в минуту. Шпурь бурились рядом. Методика наблюдений аналогична указанной ранее.

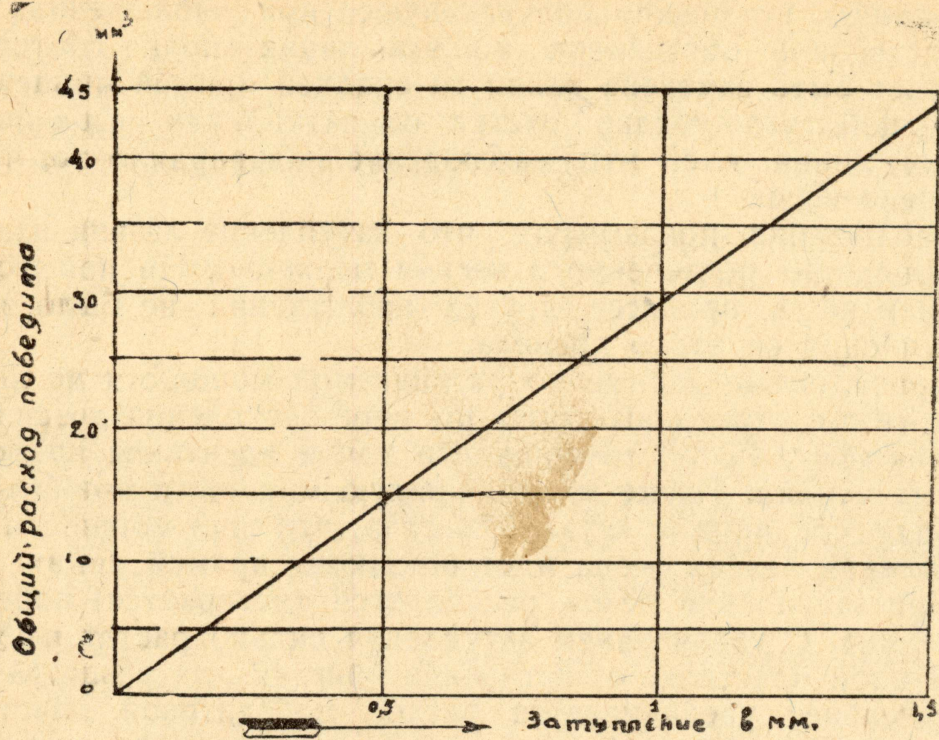


Рис. 44.

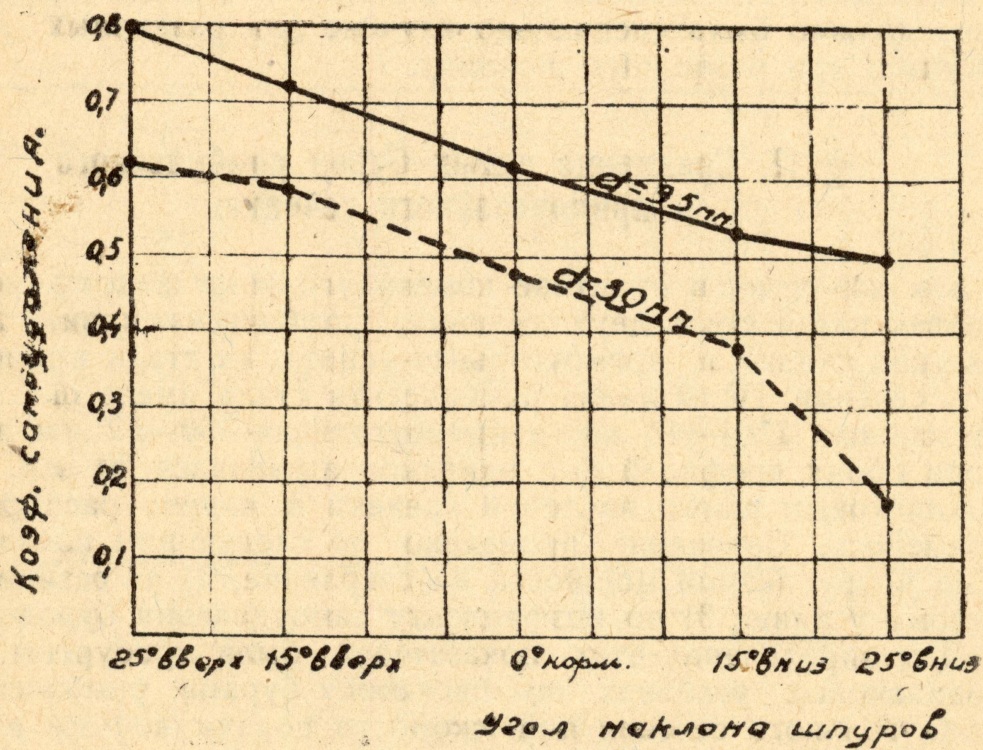


Рис. 45.

Полученные данные по всем вышеуказанным показателям приведены в таблице 24.

Таблица 24

Скорость подачи бура мм в мин.	Число оборотов бура в мин.	Сечение стали	Мощн. на сверление квт	% соот-нош.	Осевое усилие кг	% соотн.	Кэффиц. самоудал. буров. муки	% соотн.
400	429	Прямоугольное	2,28	121	365	117,5	0,605	93,8
400	429	Ромбическое	1,88	100	310	100	0,645	100

Из приведенных данных можно сделать следующие выводы:

1) При витой стали прямоугольного сечения осевые усилия больше, чем при ромбической стали. Это обуславливается большим трением прямоугольной стали о стенки шпуров, так как ребра у нее плоские.

2) Коэффициент самоудаления буровой муки у прямоугольной стали несколько хуже, чем у ромбической.

Это, вероятно, можно объяснить тем, что она недостаточно отдирает муку от стенок шпура благодаря своим плоским ребрам. Но все же этот вопрос требует дополнительной проверки.

3) Полезная мощность, расходуемая на сверление, при прямоугольной стали выше, чем при ромбической. Это объясняется большим трением ребер бура о стенки шпура и худшим коэффициентом самоудаления буровой муки.

Прямоугольная сталь, имея меньшую прочность на продольный изгиб, легче и скорее изгибается, касается своими ребрами стенок шпура, увеличивая силу трения бура о стенки. В дополнение к полученным результатам необходимо добавить, что сравнение профилей стали происходило с разными шагами винтовой канавки, что может, в известной мере, повлиять на полученный цифровой материал. С получением стали с одинаковым шагом будет сделано повторное сравнение, при котором, возможно, цифровые показатели несколько изменятся, но общий отрицательный вывод о прямоугольном профиле, очевидно, останется

§ 13. Сравнение ромбической витой стали разного диаметра.

На каменноугольные рудники поступает ромбическая сталь двух размеров: ¹⁾ 16×30 мм и 18×35 мм (по ромбу, т. е. диаметры составляют 30 и 35 мм (или близкие им). Были сравнены два комплекта ромбических буров. Один комплект вклю-

¹⁾ „Ценник на материалы“. Изд. Кузбассугля. 1937 г.

чал буры диаметром 30 мм и с шагом навивки 110—115 мм, а другой комплект—диаметром 35 мм и с шагом навивки 80—85 мм. Диаметр резцов у обоих комплектов был одинаков (40 мм).

Сравнение этих буров велось по следующим показателям:

1) По коэффициенту самоудаления:

2) По развиваемой мощности и осевому усилию при бурении.

Показатели определялись при бурении глинистого сланца, так как при нем наблюдаются затруднения с самоудалением муки. Полученные данные представлены в табл. 25 и 26 и на фиг. 45.

Таблица 25

Диаметр буров мм	У г л ы н а к л о н а ш п у р о в									
	25° вверх		15° вверх		0° норм.		15° вниз		25° вниз	
	Коэфф. самоуд.	% соотн.	Коэфф. самоуд.	% соотн.	Коэфф. самоуд.	% соотн.	Коэфф. самоуд.	% соотн.	Коэфф. самоуд.	% соотн.
30 мм	0,652	100	0,584	100	0,485	100	0,370	100	0,190	100
35 мм	0,794	121	0,728	125	0,620	128	0,545	147	0,493	260

Таблица 26

Диам. буров мм	Порода	Скор. подачи бура мм в мин.	Число обор. бура в мин.	У г л ы н а к л о н а ш п у р о в									
				15° вверх				0° норм.				15° вниз	
				Мощн. на шпинд.		Осев. усилия		Мощн. на шпинд.		Осев. усилия		Осев. усилия	
				квт	% соотн.	кг	% соотн.	квт	% соотн.	кг	% соотн.	кг	% соотн.
16×30	Гл. слан.	180	193	0,5	100	102	100	0,53	100	115	100	223	100
18×35	"	"	"	0,4	80	103	100	0,45	85	97	85	111	50

Из таблиц и фигуры следует:

1) С увеличением диаметра бура и уменьшением шага навивки коэффициент самоудаления буровой муки увеличивается. Особенно это увеличение возрастает с увеличением угла наклона шпуров вниз. Оно объясняется тем, что буры большого диаметра лучше отдирают муку от стенок шпура, не дают ей прилипнуть к ним. А уменьшение шага навивки облегчает движение буровой муки по винтовой линии.

2) С увеличением диаметра бура и уменьшением шага навивки (при постоянном диаметре резца) осевые усилия уменьшаются. Особенно это уменьшение заметно при бурении шпуров с наклоном вниз, так как сланцевая мука крайне плохо поддается самоудалению при нижних шпурах. Наклонные шпуры вниз на сланце бурами диаметром 30 мм бурились с трудом, тогда как при бурах с диаметром 35 мм эти шпуры удавалось выбуривать без особых осложнений.

3) С увеличением диаметра бура и уменьшением шага навивки (при постоянном диаметре резца) расходная мощность на сверление уменьшается.

Из таблицы 26 следует, что в одинаковых условиях развиваемая мощность при бурах диаметром 35 мм составляет 80—85% от мощности при бурах диаметром 30 мм. Это объясняется тем, что буровая мука при бурах диаметром 35 мм лучше удаляется и она меньше влияет на развиваемую мощность, а также, очевидно, большая жесткость бура меньше дает продольный изгиб и трения о стенки шпура.

В заключение необходимо подчеркнуть, что данные получены при бурах не только с разным диаметром, но и с разным шагом навивки, поэтому влияние этих параметров в отдельности на сравниваемые показатели не выявлено. С получением соответствующих размеров стали этот вопрос будет доведен до конца.

§ 14. Недостатки электросверла.

Изучение работы электросверла в производственных условиях и во время проведения экспериментальной части данной исследовательской работы показало, что оборудование обладает рядом недостатков.

1) Значительный (120 кг) вес. Благодаря этому приходится задалживать на установку и перестановку сверла два человека, тогда как при самом бурении требуется лишь один человек.

2) Благодаря отсутствию каких-либо подъемных приспособлений, перемещение сверла по колонке также приходится производить вдвоем.

3) Колонка тяжела (50 кг). Одному ставить ее трудно.

4) Недостаточная жесткость колонки. При осевом усилии в 600—700 кг она сильно изгибается и грозит разрушением.

5) Дужки (4), скобы (5) и винты (6) крайне слабы, быстро расшатываются, изнашиваются и плохо держат сверло за цапфы.

6) Наличие фрикционно-кулачной муфты, не позволяющей на ходу включать рабочий ход бура. Было бы лучше иметь только фрикционную муфту.

7) Ненадежная работа фрикционно-кулачной муфты в ее фрикционной части.

8) Абсолютно ненадежная работа холостого хода. Сверло его почти никогда не имеет, так как проволочное кольцо (150)

быстро разрабатывает свой паз в бронзовой шайбе (10), после чего оно начинает легко проскальзывать и не передавать усилия на промежуточный вал (12).

9) Подрабатывается бронзовая гайка (18) фрикционно-кулачной муфты благодаря трению о шайбу (19) и головку рейки (14).

10) Наличие подшипников скользящего трения увеличивает расход смазки, затрудняет производство ее и уменьшает коэффициент полезного действия редуктора.

11) Сложное устройство заднего лабиринта на валу мотора; его можно сделать проще, что уже намечено заводом к осуществлению.

12) Ненадежно укрепление оси (32), на которой сидят вторая и третья шестерни. Болт, укрепляющий головку этой оси, отвертывается, ось провертывается и смазка его поверхности нарушается.

13) Камера контролера недостаточного размера, крайне трудно присоединять и отсоединять в ней провода, что ведет, нередко, к нарушению их изоляции.

14) Полость мотора недостаточно предохранена от попадания масла через лабиринтовые уплотнения.

15) Неудовлетворителен способ укрепления бура в патроне шпинделя (шпонкой). Требуется значительное время на выбивание этой шпонки при смене буров.

16) Внутреннее отверстие в патроне шпинделя для бура делается круглого сечения, это заставляет к бурам приваривать круглые хвостовики, что создает слабое место в бурах, на этой сварке они обычно ломаются. Необходимо внутреннее отверстие в патронах делать согласно профилю и размеру хвостовика применяемых буров. Если буры применяются разного профиля или размера, то придется иметь несколько патронов, но это не составит особого затруднения, так как буры можно подбирать комплектно по отдельным электросверлам.

17) Шариковые масленки неудобны в шахтных условиях. Смазочные отверстия вместо них должны закрываться обычными пробками, имеющими приспособление для отвертывания и завертывания руками.

§ 15. Заключение и предложения.

Полученный, в результате данной исследовательской работы, материал в порядке дальнейшей работы над этой темой будет пополняться, обобщаться и анализироваться с тем, чтобы подвести под него теоретическую базу.

В данной статье мы изложили только первично обработанный экспериментальный материал и на основе полученных данных делали соответствующие обобщения с пояснениями. Обобщения эти сводятся к следующему.

1) С увеличением крепости породы коэффициент разрыхления буровой муки уменьшается (табл. 5).

По песчанику, при подаче бура около одного мм на один оборот, он составил $1,60 \div 1,80$ (в среднем 1,75), а по глинистому сланцу $2,16 \div 2,18$ (в среднем 2,17).

При бурении на другом режиме, при другой толщине стружки коэффициент разрыхления буровой муки, конечно, изменится, но, по всей вероятности, незначительно, так как толщина стружки изменяется в небольших пределах.

Безусловно можно считать, что при бурении более мягких пород получаемой буровой муки больше (по объему), чем при бурении более твердых пород. Это должно быть учитываемо при выборе конструкции буров—сечения, диаметра, шага винтовой канавки и т. д.

2) Коэффициент самоудаления буровой муки при бурении твердых пород выше, чем при бурении мягких пород (табл. 6, 7 и 8).

Средний, для всех испытанных режимов резания и подачи, коэффициент самоудаления муки при бурении песчаника составил от 0,232 (при шпурах с наклоном в 25° вниз) до 0,815 (при шпурах с подъемом в 25° вверх). При бурении глинистого сланца коэффициент составил от 0,190 до 0,652 соответственно.

При бурении песчаника средний коэффициент самоудаления муки для различных условий выше такового по сланцу на $20,8\% \div 26,8\%$, а в среднем на 23,3%.

Причем разница эта несколько увеличивается для шпуров, направленных вверх и уменьшается для шпуров, направленных вниз (табл. 8).

3) Коэффициент самоудаления буровой муки увеличивается с увеличением угла подъема шпуров. Эта закономерность ясно выражена для различных пород и для любого режима бурения (фиг. 17 и 18).

4) Коэффициент самоудаления буровой муки несколько возрастает с увеличением числа оборотов бура. Эта закономерность имеет место при различных породах и при разных режимах бурения, что видно на фигурах 17 и 18.

5) Буровая мука получается более крупной при бурении более мягких и хрупких пород (фиг. 22 и 23 и табл. 11).

6) В устье шпура мука получается более крупной, чем из дна шпура (фиг. 20 и 21 и табл. 11).

7) С увеличением числа оборотов бура крупность буровой муки, получаемой из дна шпуров, несколько уменьшается (табл. 9 и 10).

8) Угол естественного откоса буровой муки из твердых пород больше, чем из более мягких пород (табл. 12).

9) Коэффициенты трения, покоя и движения для буровой муки из твердых пород выше, чем из более мягких пород (табл. 12).

10) Расход мощности на шпинделе на преодоление сопротивления буровой муки и трения бура о стенки шпура в твердых породах выше, чем в мягких породах (таб. 15 и фиг. 27).

Особенно возрастает эта мощность с увеличением угла падения шпуров. Угол наклона шпуров особенно влияет на эту мощность при мягких породах.

11) Осевые усилия на шпинделе растут с увеличением падения шпуров, особенно при бурении мягких пород (табл. 16, 17 и 18).

12) Осевые усилия с изменением числа оборотов бура при постоянной стружке почти не изменяются (таб. 16 и 17).

13) Осевые усилия при бурении более твердых пород гораздо выше, чем при бурении мягких пород. (таб. 16, 17 и 18).

14) Расходуемая мощность на шпинделе при бурении более твердых пород выше, чем при бурении более мягких пород. (табл. 16, 17 и 18).

15) С увеличением скорости резания развиваемая мощность на шпинделе возрастает (таб. 16, 17, 18 и фиг. 29 и 30).

16) Мощность на шпинделе также возрастает с увеличением угла падения шпуров (табл. 16, 17 и 18 и фиг. 29, 30 и 31).

17) С увеличением глубины шпура расходуемая мощность на шпинделе и осевые усилия возрастают, особенно при бурении более мягких пород. (таб. 19 и фиг. 32, 33, 34, 34-а)

18) С увеличением степени затупления резца значительно возрастают осевые усилия и расходуемая мощность на шпинделе (таб. 20, 21, 22 и фиг. 36, 37, 38, 39).

С увеличением затупления резца влияние крепости породы на увеличение осевого усилия и развиваемой мощности на шпинделе несколько падает.

19) Буровая сталь ромбического сечения дает лучшие показатели по расходуемой мощности, развиваемым осевым усилиям и коэффициенту самоудаления муки, чем сталь прямоугольного сечения (таб. 24).

20) Диаметр резца и диаметр буровой стали должны находиться в определенных соотношениях при бурении пород разной крепости. Пока удалось выяснить, что значительная разница между диаметрами резца и бура дает худшие результаты, чем более умеренная разница. Можно предварительно считать, что диаметральный зазор между ребрами бура и стенками шпура должен быть около пяти мм. Но этот вопрос требует дальнейшего изучения.

21) Существующие колонковое электросверло и колонка требуют реконструкции или создания новых, более легких и прочных (колонка).

На основе полученного опыта изучения вращательного бурения шпуров напрашиваются следующие предложения:

1) Изучение геометрии резца. На основе изучения его экономической стойкости и динамических свойств при различных условиях и при разных элементах его геометрии, размерах и конфигурации можно будет подойти к наиболее рациональному резцу для тех или иных условий работы и для соответствующих режимов.

2) Изучение буров, их геометрии, механической прочности и динамических свойств для различных условий и режимов работы.

3) Создание теории сверления горных пород.

4) Конструирование нового колонкового электросверла, на базе вышеуказанного материала (резцы, буры) для пород осадочного происхождения.

5) Изучение вращательного бурения изверженных пород и руд с целью скорейшей замены пневматического бурения электрическим на базе создания колонкового электросверла для этих пород.

6) Техничко-экономическое сравнение чисто вращательного и вращательно-ударного бурения электрическими сверлами и электрическими перфораторами.
