

И.
Н.О.

Диз. преста. 3. "Линейный керосин"
(ком. С. З. Соловьев, Гурови).

т. III.

РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ СОВЕТ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА УПРАВЛЕНИЕ ОБЩЕГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

**МЕЖОТРАСЛЕВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА**

М Л Э Г Э

Ленинград, К-64
Политехническая ул., 3

Расчетный счет №
в Выборгском отделении
Госбанка

Тел. Г 2-88-05

Изм. исх. № _____

с 1 февраля 1960 г.

"УТВЕРЖДАЮ"

ДИРЕКТОР МЛЭГЭ

Монте /Юткин Л.А./

с 1 февраля 1960 г.

Отчет по теме № 9142

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ БУРЕНИЕ

Научный руководитель-

Монте
/Юткин Л.А./

Ответственные руководители-

Вит /Лиманский А.М./
/Пирогов В.Н./

Л е н и н г р а д
1 9 6 0

ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЕ
БУРЕНИЕ

О Г Л А В Л Е Н И Е

	стр.
В в е д е н и е	5
ГЛАВА 1. Краткий обзор существующих методов бурения.....	5
ГЛАВА 2. Классификация ЭГ-буров.....	8
1. Бури с вращающимся центральным электродом.....	9
2. Бури с неподвижным центральным электродом.....	10
3. Линейные бури.....	10
4. Многоэлектродные бури.....	11
5. Многозабойные бури.....	13
6. Пило-электродные бури.....	13
7. Дробозлектродные бури.....	13
8. Прочие типы буров.....	14
ГЛАВА 3. Конструкции применявшихся ЭГ-буров....	15
1. Бури с вращающимся электродом.....	15
2. Бури с центральной прошивкой.....	19
3. Бури с "Т" образным электродом.....	23
4. Принадлежности к ЭГ-бурам.....	45
а) Изолирующий удлинитель.....	45
б) Удлинительная штанга.....	45
в) Тренога.....	45
г) Стаканчик для забуривания.....	50
5. Колонокный ЭГ-бур.....	50
ГЛАВА 4. Результаты экспериментов.....	53
1. Техника эксперимента.....	53
2. Исследование режимов бурения.....	60

3. Влияние давления и расхода промывочной жидкости на процесс бурения	61
4. Скорости бурения различных пород	61
5. Затраты энергии на бурение	62
6. Принцип грязного забоя	63
7. Исследование устойчивости изоляции в зави- симости от ее формы и формы электродов . .	64
ГЛАВА 5. Экономическая целесообразность и перспек- тивы развития ЭГ-бурения	66
I. К эскизному проекту агрегата ЭГ-бурения	67
Выводы	71

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе излагаются исследования электрогидравлического бурения горных пород. Задача разработки и изучения вопросов, связанных с электрогидравлическим бурением, была поставлена перед лабораторией ЭГЗ, по ее предложению, договором № 9142, заключенным лабораторией с трестом "Ленгеолнеруд" в 1955 г.

Исследовательские работы по выполнению настоящей договорной темы были начаты 5 мая 1956г. и полностью завершены к 1 февраля 1957г.

Целью работы являлось установление возможной эффективности ЭГ-бурения горных пород.

В ходе исследований было создано несколько конструкций ЭГ-буров, анализ работы которых позволил сделать ряд выводов как по конструктивному решению некоторых узлов ЭГ-бура, так и по выявлению дальнейших перспектив применения ЭГ-бурения.

Кроме того, была проверена эффективность колонкового ЭГ-бурения скважин с отбором керна.

В этом отчете не приводится описание силовой установки и техники безопасности при ведении ЭГ-буровых работ за их общезвестностью из других отчетов лаборатории ЭГЗ.

В выполнении данной работы принимали участие также со стороны лаб.ЭГЗ механики Анхимов В.В. и Мустин Б.И. и со стороны заказчика - ст.инженер треста "Ленгеолнеруд" т.Морозов Н.Д.

ГЛАВА 1. КРАТКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ БУРЕНИЯ.

Ввиду большого разнообразия буровых работ, ведущихся в самых различных отраслях народного хозяйства и резко различающихся

ся друг от друга по целям и выполнению бурение, как таковое, классифицируется на:

- 1) Шпуровое бурение;
- 2) Колонковое, разведочное бурение;
- 3) Ударное и ударно-вращательное разведочное бурение;
- 4) Роторное и турбинное бурение нефтяных скважин;
- 5) Бурение шахтных стволов.

Бурение шпуров производится, как правило, на глубину 1-3 м при диаметре шпуров до 30-50 мм и осуществляется ударно-вращательным методом - при бурении твердых пород, и вращательным - при бурении слабых пород и пород средней твердости.

При бурении твердых пород в качестве движущей силы обычно используется энергия сжатого воздуха, а это обуславливает необходимость наличия компрессорной установки и воздухопроводов. В качестве воздухопроводов используются газовые трубы и резиновые шланги.

При транспортировании сжатого воздуха по трубам и шлангам происходит значительное снижение его давления, обусловленное сопротивлением трубопроводов и наличием утечек в них, а это снижает и КПД перфораторных установок.

Вывос разбуренной породы, как правило, производится отработанным воздухом, что создает опасность заболевания обслуживающего персонала силикозом и антракозом при бурении кварцевых и угленосных пород.

Для обеспечения безопасности работ требуется наличие дополнительных устройств.

Применение электросверл значительно снижает энергетические затраты на бурение шпуров, но ими можно бурить только слабые и средней твердости породы, при этом опасность заболевания рабочих силикозом и антракозом частично сохраняется.

Электрогидравлический способ бурения шпуров полностью устраняет возможность появления какой-бы то ни было пыли. Имея очень простое устройство, ЭГ-бур позволяет бурить шпуры с высоким ИИД.

Особое место в проведении буровых работ занимает разведочное колонковое бурение с отбором керна, осуществляемое на глубину до 1000-1200 м.

В настоящее время колонковое разведочное бурение в основном ведется вращательным методом, путем снятия стружки - при бурении твердосплавными и алмазными наконечниками, и путем царапания и скалывания - при бурении дробью. Вращение к буровому наконечнику передается от находящегося на поверхности станка колонной буровых труб. При бурении скважин на глубинах сотен метров колонна буровых труб изгибается и при вращении бьет по стенкам скважины, снижая ИИД установки. Эти же причины обуславливают быстрый износ буровых штанг и возникновение аварий ввиду обвала стенок скважины.

Передача трубами крутящего момента с поверхности на забой скважины требует от буровых труб особой прочности. Поэтому их обычно изготавливают цельнотянутыми из сталей марки 35 СТ и 35 Г2С.

Для уменьшения времени на спуско-подъемные операции буровые штанги собираются в "свечи". Длина свечи составляет 9-18 м, но несмотря на это спуск и подъем занимают очень много времени.

Все вышеназванные факторы удорожают буровые работы.

Ударное бурение применяется при разведке месторождений, залегающих в несвязных породах в условиях вечной мерзлоты. ЭГ-бур, в котором отсутствует вращение инструмента, вполне может быть использован и для разведки указанных месторождений.

Так как при ЭГ-бурении инструмент не вращается, то буровая колонна отсутствует и заменяется кабель-канатом. Время спуско-подъемных операций в этом случае будет ограничиваться только скоростью навивки каната на барабан и, практически, не будет превышать 5+10% от рабочего времени.

В настоящее время для производства буровых геологоразведочных работ многими организациями ведутся исследования новых методов бурения:

а) Турбобур малого диаметра. Этот метод конечно явится шагом вперед по сравнению со станком колонкового бурения, но при турбобурении время на спуско-подъемные операции будет так же велико. Кроме того, при турбобурении велики энергетические затраты за счет потерь давления промывочной жидкости в буровых трубах.

б) Ультразвуковой метод. Этот метод бурения скважин в настоящее время еще не разработан в степени, пригодной для практического использования.

в) Огневой и электро-термический методы. Эти весьма эффективные методы бурения, к сожалению, нельзя использовать для геологоразведочных целей, когда требуется обязательное извлечение керна.

Таким образом, в настоящее время для целей разведочного бурения наиболее перспективным направлением исследований является разработка ЭГ-бурения.

ГЛАВА 2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЭГ-БУРОВ.

Электро-гидравлические буры конструктивно делятся нами на семь основных групп, каждая из которых распадается на ряд типов или вариантов.

1. Бури с вращающимся центральным электродом.

а) Сплошного забоя

Бури этого типа при напряжении до 100 кв, по видимому, могут быть использованы для бурения скважин диаметром до 300+500 мм.

Вариант такого бора приведен на рис.2, рис.3 и рис.4.

Вращение центрального электрода, или точнее переднего конца его, может быть осуществлено в них различными способами, например:

- 1) От электромотора.
- 2) От турбинки, приводимой в движение промывочной водой, поступающей по трубе бора.
- 3) От реактивного действия самих ЭГ-ударов.

Буровая коронка для этих буров, при небольших энергиях импульса, может выполняться сплошной, с гладким или зубчатым краем, но при больших энергиях импульса коронка должна выполняться эластичной, например, из отдельных тонких эластичных проволок (рис.4 и рис.2Б-а).

б) Кольцевого забоя

Конструкция их принципиально аналогична первому типу, а вращение центрального трубчатого электрода может быть осуществлено теми же способами.

Бури этого типа при напряжении до 50+80 кв могут быть использованы для образования круглых скважин любого диаметра, при ширине разбуриваемого кольца около 30+50 мм.

Отрыв керна при больших диаметрах его решается также только электрогидравлическим способом.

2. Бури с неподвижным центральным электродом.

(Бури "грязного забоя")

а) Сплошного забоя.

Бури этого типа не имеют никаких движущихся частей, а поэтому способны образовывать не только круглые, но и квадратные

и других форм скважины, диаметром до 300-500 мм при напряжении до 100 кв. В этих бурах, в ряде случаев, целесообразно осуществлять подачу воды на забой не только через отверстия, расположенные вне изоляции центрального электрода, но и через полость центрального электрода, который в этом случае выполняется трубчатым. На рисунках с рис.5 по рис.28 даны варианты таких буров.

Поскольку в этих бурах для автоматического распределения разрядов по всему сечению торца буровой коронки, используется метод, получивший условное название метода "грязного забоя", то и буры получили наименование буров "грязного забоя".

б) Кольцевого забоя.

Выполняются аналогично бурам первого типа в нескольких вариантах, один из которых приведен на рис.32 и рис.33. Поскольку они могут создавать отверстия любого диаметра и конфигурации, то применение таких буров целесообразно для целей проходки полного профиля шахт, штолен, штреков, тоннелей и т.п.

Питание обоих типов буров целесообразно осуществлять от силовой установки резонансного типа или от установки с фильтровой емкостью.

3. Линейные буры.

Если, образно говоря, "сплющить" бур сплошного или кольцевого забоя с неподвижным центральным электродом, то конструктивно получаются два типа линейных буров.

а) Бур с подачей воды через центральный электрод.

Буры этого типа при конструктивной длине резания в 1-2 м могут образовывать при напряжении до 50-80 кв узкие прорезы шириной до 8-10 мм и больше, осуществляя их не только по

прямым, но и по любым кривым линиям.

Следует сказать также, что в отличие от всех других типов буров, электрогидравлическими бурами возможна проходка скважин с любой продольной кривизной их. Это достигается путем придания стержню бура необходимой продольной кривизны и путем осуществления соответствующей подачи.

б) Бур с подачей воды вне центрального электрода.

Выполняется аналогично буру первого типа и конструктивно подобен ему.

Питание обоих типов буров целесообразно осуществлять от тех же силовых установок, что и в предыдущем случае.

4. Многоэлектродные буры.

(Описан как "долото" в брошюре Л.А.Иткина)

Простейшими вариантами бура этого типа является двухэлектродный бур-долото (см.рис.1).

Увеличивая число таких долот и различным образом располагая их, получим целый ряд типов многоэлектродных буров.

Расположение электродов долот может быть либо линейным — по периферии окружности в один, два и более рядов колец, — либо все они могут располагаться уступами, например, в шахматном порядке.

✓ Питание буров этого типа целесообразно осуществлять от кенотронной установки с фильтровой емкостью, с распределением разрядов коммутаторным устройством, желательно без трущихся контактов.

Подобный 32-х электродный бур был запроектирован нами для Мостоотряда № 1 в 1957 г.

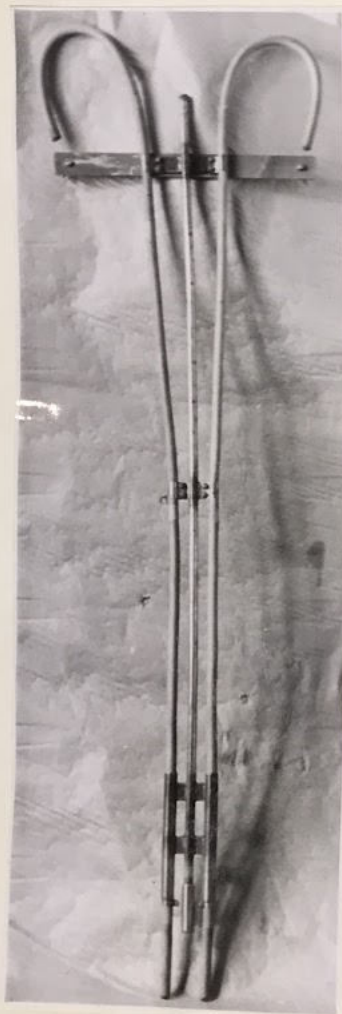


Рис. I
двухэлектронный ЗГ-бур-"долото".

5. Многозабойные буры.

Комбинация в одном агрегате двух, трех и более кольцевых буров типа с неподвижным центральным электродом, дает различные варианты многозабойных буров. По существу эти буры являются бурами сплошного забоя, позволяющими получать, при напряжении до 100 кв, любые диаметры скважин.

Питание таких буров осуществляется либо от однофазной многоконтурной, либо от трехфазной, либо от схемы с фильтровой емкостью.

6. Пило-электродные буры.

Если в воде между двумя основными - "питающими" электродами поместить большое количество близко расположенных и хорошо изолированных (обязательно!) дополнительных электродов, можно получить направленное бурение - "пиление" породы, осуществив этим новый конструктивный класс буров, могущих быть выполненными как линейные, так и кольцевые.

Питание этих буров можно осуществлять от силовых установок аналогичного предыдущим типа.

7. Дробо-электродные буры.

Если в пило-электродном буре заменить его многочисленные неподвижные дополнительные электроды насыпанной в забой мелкой металлической дробью, то дробинки начнут играть роль отдельных дополнительных электродов, и конструкция образует новый класс буров.

Эти буры образуют в породе резко очерченную, самоцентрирующуюся прямолинейную прорезь, а следовательно на их основе могут быть созданы как линейные, так и кольцевые - точнее, "много-

гранные" буры.

Питание этих буров осуществляется от тех же силовых установок.

8. Прочие типы буров.

Используя разработанный Л.А.Дткиным метод "пузырьковой кумуляции" можно на этой основе создать целый ряд типов так наз. "пузырьковых" ЭГ-буров.

При использовании метода получения высоких давлений способом взрыва металлической проволоки - методов "теплового взрыва" может быть создан ряд типов так называемых "кумулятивных буров".

Применяя различные варианты ЭГ-вибраторов, можно создать ряд типов ЭГ-вибро-буров.

Представляют интерес также и буры, основанные на комбинации обычных способов и электрогидравлического бурения.

Буры с вращающимся электродом применялись на первой стадии выполнения работы для бурения шпуров. Их основным недостатком является необходимость осуществления вращательного движения непосредственно на забое. Поэтому в дальнейших работах они были заменены бурами, не имеющими никаких вращающихся частей.

Простота конструкции и отсутствие всякого вращения делали эти буры наиболее удобными при бурении шпуров и скважин диаметром не свыше 100-130 мм.

Для бурения скважин, диаметром свыше 130 мм, а также шахтных стволов наиболее целесообразным будет применение ЭГ-буров кольцевого забоя, а также многозабойных и многоэлектродных буров.

ГЛАВА 3. КОНСТРУКЦИИ ПРИМЕНЯВШИХСЯ ЭГ-БУРОВ.

1. Бур с вращающимся электродом.

Образец ЭГ-бура с вращающимся электродом - Бур № 1 - приведен на рис.2 и рис.3.

Бур выполнен из текстолитового стержня (4), связанного текстолитовыми планками с часовым механизмом.

На нижний конец стержня одета стальная коронка (5), имеющая в нижней части зубцы (8). Коронка является одним из электродов, подвод энергии к которому осуществляется через медную пластинку, связанную с латунным кольцом и клеммой.

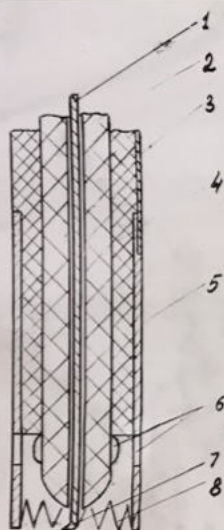
По оси текстолитового стержня (4) просверлено отверстие, в которое вставлен стальной стержень (1) в резиновой изоляции (2). Стержень (1) является вторым электродом. Конец его отогнут под прямым углом. Подвод энергии к электроду производится скользящим контактом, т.к. электрод приводится во вращение небольшим электромотором или часовым механизмом.

Во время работы бура в зоне разрядов может происходить выделение некоторого количества пара и газа, для отвода которых в коронке сделаны выходные отверстия (6).

Вариантом такого бура предназначенным для работы на больших емкостях, является бур, изображенный на рис.4 и 26-а.

Вариант - Бур № 2

Центральный электрод (1) в изоляции (2) выполнен аналогично его конструкции в предыдущем буре. Текстолитовый стержень (5), в отличие от аналогичного стержня в предыдущем буре, имеет отверстия (4) для прохода промывочной жидкости. Коронка этого бура также является вторым электродом. Она состоит из верхней (8) и нижней (7) втулок с укрепленными в них эластичными стальными, заостренными в нижней части проводочными стержнями (6).



Черт N1

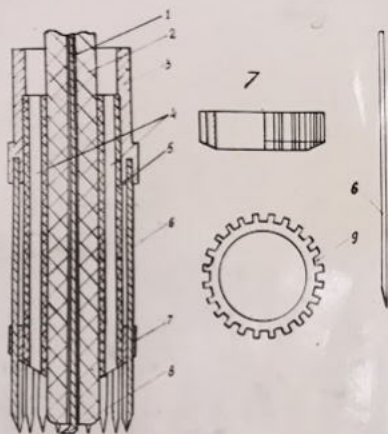
Электрогидравлический
бур N1

Рис. 2



Рис. 3

ВГ-бур с вращающимся
центральный электродом



Черт. N2

Электروهидравлический цилиндр N2

Рис. 4

Верхняя втулка имеет резьбу для соединения с трубой бура.

При работе этого бура разряды идут с загнутого конца электрода (8) на стержни (6) коронки бура.

2. Буры с центральной промывкой.

Бур № 3 - см.рис.5 - выполнен из внешней стальной трубки (4), в развальцованной части которой сделаны отверстия для отвода газов.

В трубку (4) в изоляции (3) плотно вставляется тонкая латунная трубка (1) диаметром 6 мм. Эта трубка служит для подачи в шпур промывочной жидкости и также слегка развальцована. Трубки являются электродами бура.

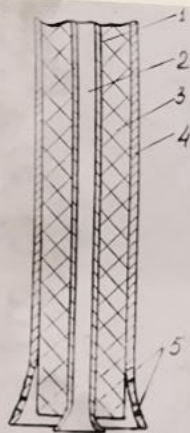
Во время работы разряды развиваются в зазоре между торцами трубок хаотично, но в соответствии с принципом "грязного забоя" обязательно охватывают всю площадь забоя.

Бур № 4 (см.рис.6) в отличие от бура № 3 имеет сменную нижнюю часть - коронку (5) и текстолитовый отрагатель (6). Наружный диаметр бура увеличен до 42 мм.

Бур № 5 (см.рис.7) ввиду сильного разрушения текстолитового отрагателя в буре № 4, в данном буре отрагатель (5) поднят выше и в него на резьбе посажен полиэтиленовый "палец" (6).

Для того, чтобы разряды развивались только с конца электрода центральная трубка кончается Т-образным "пяточком" (7).

Все три конструкции буров с центральной промывкой быстро выходили из строя вследствие разрушения изоляции центрального электрода, поэтому в дальнейшем работы велись на так называемых бурах с "Т"-образным электродом.



черт. №3
Электрогидравличес-
кий буб. №3

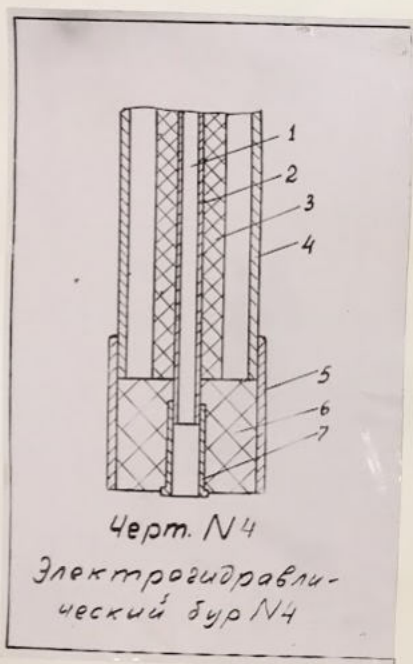
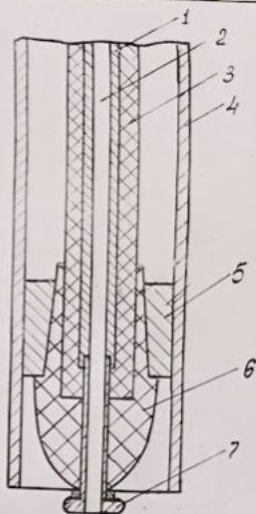


Рис. 6



Черт. N5
Электроуправля-
емый бур N5

3. Бур с "Т"-образным электродом.

Все буры этого типа состоят из следующих основных частей (см.рис.8 и 9):

1. Центрального электрода (17) в изоляции (18).
2. Корпуса бура (19),изготовленного из отрезка буровой трубы диаметром 33 или 42 мм.
3. Коронки бура (21) из того же материала.
4. Переходника (15) со штуцером (16) для подвода промывочной жидкости и клеммой (4) /см.рис.10).
5. Эбонитовой втулки (14),служащей для герметизации верхней части бура, фиксации центрального электрода и для соединения с изолирующим удлинителем бура (см.рис.11 стр.43).

Бур № 6 представлен на рис.12. Бур имеет центральный электрод (1) с изоляцией (2) из вакуумной резины, коронку (3),имеющую в нижней части зубцы (8), текстолитовую втулку (4) с каналами для прохода промывочной жидкости (5). В текстолитовую втулку ввинчивается полиэтиленовая втулка (7),имеющая выточку (6) и каналы для прохода промывочной жидкости (5).

Бур № 7 (см.рис.13),в отличие от конструкции бура № 6 имеет массивный "пятачек" (8) диаметром 15 мм. Втулка (4) изготовлена из эбонита.

Бур № 8 (см.рис.14) в отличие от бура № 7 имеет более плоский "пятачек" (8) и коронка бура не имеет зубцов.

Бур № 9 (см.рис.№ 15) имеет центральный электрод (1) выполненный в резиновой изоляции (2). Нижняя часть центрального электрода снабжена "пятачком" (7). Вторым электродом служит коронка (3). Крепление центрального электрода осуществляется металлической втулкой (5) с отверстиями (4) для прохода промывочной жид-

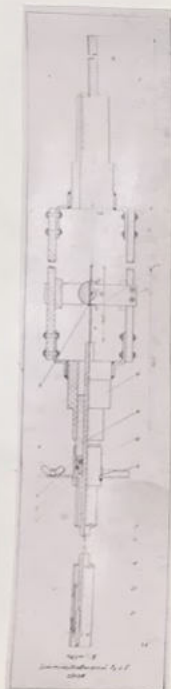


Рис. 8



Рис. 9

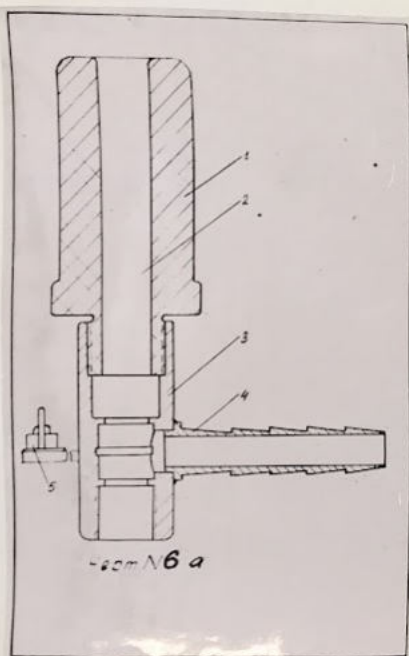
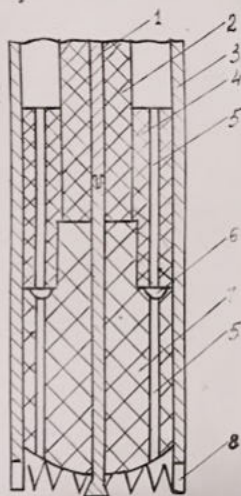
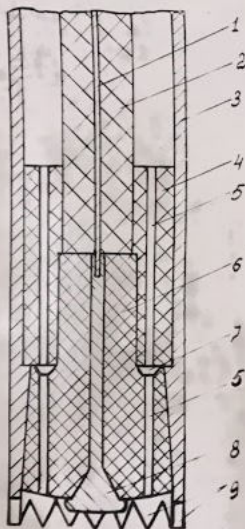


Рис. 10

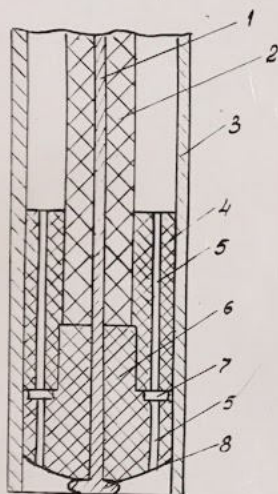
Герметизирующая втулка со
штуцером и клеммой



Черт. N7
Электродвигательный бур N6



Черт. N8
Электрогидравличес-
кий бур N7



Черт. N9
Электродавильный
бур N8

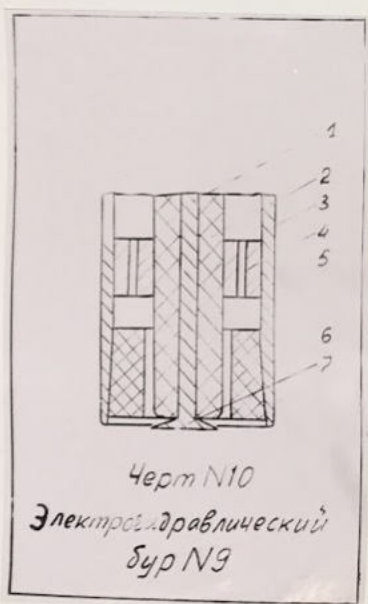


Рис. 15

кости. Этим же целям служит и текстолитовая шайба (6) - отрагатель, посаженная на конус.

Бур № 10 (см.рис.16) имеет центральный электрод (1) с "пятачком"(8), изоляцией (2) и коронку (9), являющуюся вторым электродом. Центральный электрод снизу крепится в текстолитовой втулке (3) и предохраняется от выталкивания втулками (5) и (6).

Бур № 11 (см.рис.17) в отличие от бура № 10 имеет стальную верхнюю втулку (4), в которую упирается текстолитовая шайба(6) полиэтиленового "отрагателя" (7).

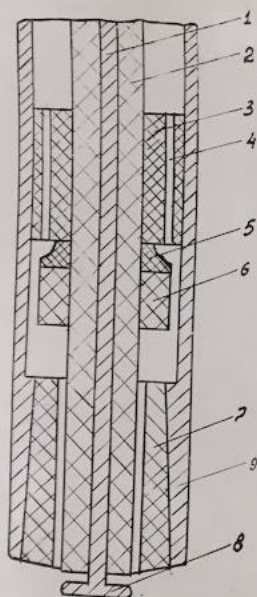
Бур № 12 (см.рис.18), в отличие от бура № 11, имеет высоко поднятый (на 20 мм от зоны разрядов) резиновый отрагатель (7), упирающийся на гетинаксовую шайбу (6).

Бур № 13 (см.рис.19), в отличие от бура № 12 имеет вогнутую форму отрагателя (8), выполненного из резины или полиэтилена.

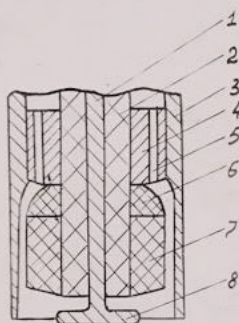
Бур № 14 (см.рис.20) имеет только одну текстолитовую втулку (3), служащую одновременно и отрагателем. Диаметр нижней части резиновой изоляции (2) уменьшен с 16 мм до 8.

Бур № 15 (см.рис.21) отличается тем, что в нем текстолитовая втулка (5) поднята на 40 мм, в сравнении с положением аналогичной втулки имеющейся в буре № 14. Для лучшего крепления втулка выполнена конусной и входит в посаженный на резьбе на коронку (3) металлический конус (4). Коронка имеет 3 ряда отверстий для выхода газов.

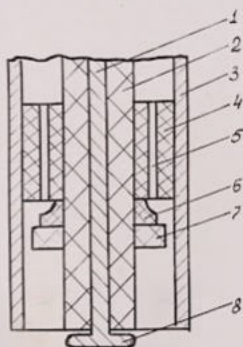
Бур № 16 (см.рис.22) дополнительно имеет сидящую на резьбе упорную стальную втулку (4) и текстолитовый отрагатель (10), расположенный в непосредственной близости от зоны разряда. Отверстия для газов (11) расположены в нижней части коронки. Нижний конец центрального электрода имеет полиэтиленовую изоляцию.



Черт. №11
Электрогидравлический
бур №10



Черт N12
Электродвигательный бур N11



Черт N13
Электрогидравличес-
кий бур N12

Рис. 18

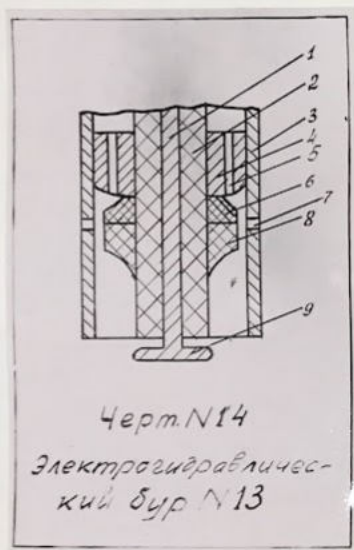


Рис. 19

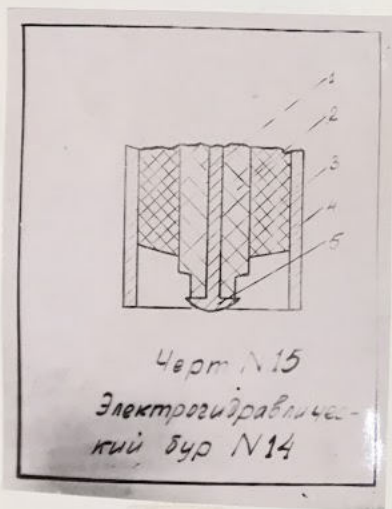
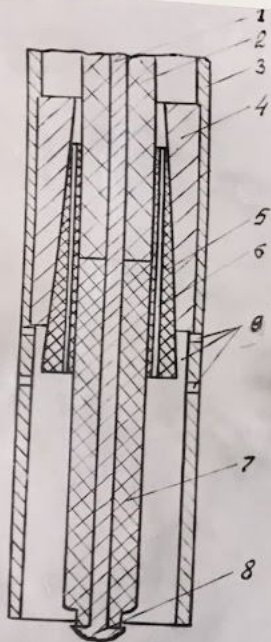


Рис. 20



Черт. N16
Электрогидравличес-
кий бур N15

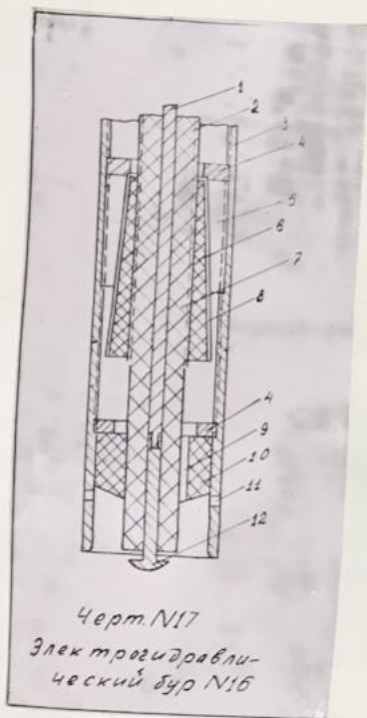


Рис. 22

Бур № 17 (см.рис.23) в отличие от бура № 16 имеет упрощенную верхнюю втулку (3) и увеличенный от 12 до 20 мм диаметр "пятка".

Бур № 18 (см.рис.24) отличается тем, что в нем центральный электрод (1) выполнен в резиновой изоляции (2). К нижней части центрального электрода приварен "пятачек" (9) (см.рис.25-а). На резиновую изоляцию плотно одета полиэтиленовая втулка (4) с вырезами (6) для прохода промывочной жидкости. Снизу в нее, на резьбе, посажен полиэтиленовый "палец" (7) (см.рис.26 "в" и "г, д, е").

Вторым электродом бура является стальная коронка (5), посаженная на резьбе на корпус бура (3). Коронка имеет отверстия (8) для отвода газа и пара (см.рис.27-б).

Бур № 19 (см.рис.28) является улучшенной моделью бура № 18. Улучшения свелись к следующему:

- 1) Резиновая изоляция (2) заменена полиэтиленовой.
- 2) Введено резьбовое соединение втулки (6) с изоляцией центрального электрода.
- 3) Палец (8) значительно увеличен в размерах.
- 4) Улучшена схема подачи промывочной жидкости.

Отверстия в забойной части бура № 18, имея слишком малое сечение, ограничивают количество воды, поступающей на забой скважины, поэтому для прохода промывочной жидкости в нижней части бура № 19 ставятся латунные или стальные центрирующие кольца (4) с боковыми отверстиями (5). Поэтому втулка (6) не имеет пазов и уменьшена в диаметре. Коронка сделана составной и выполняется из непосредственно коронки (10) и переходной втулки (7).

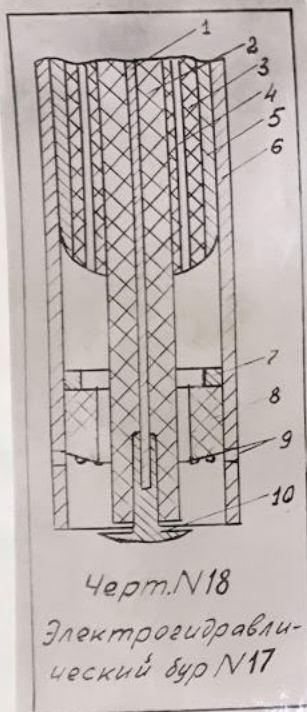
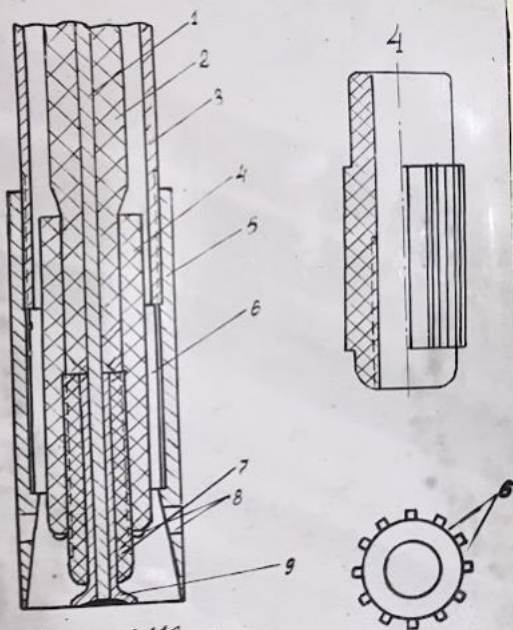


Рис. 23



Черт. N19

Электрогидравлический бур N18

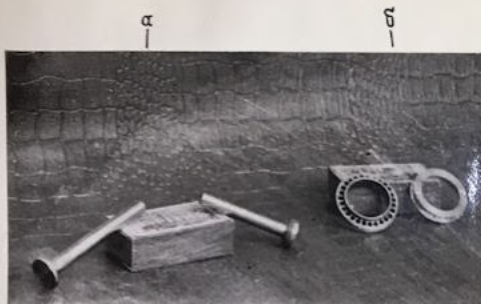


Рис. 25

- а) Пятачки ЭГ-буров с "Т" образными электродами
 б) Центрирующие кольца ЭГ-буров с "Т" образными электродами

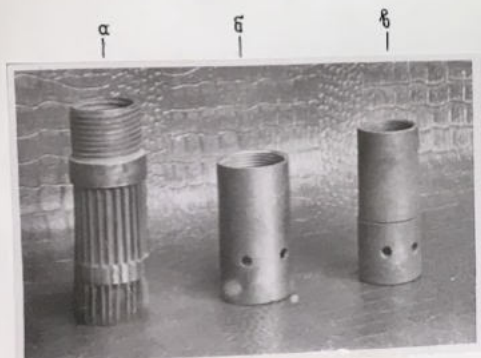


Рис. 26

- а) Коронка ЭГ-бура № 2
 б) Коронка ЭГ-бура № 18
 в) Коронка с переходной втулкой ЭГ-бура № 19



Рис. II.
Герметизирующая втулка
со штуцером и клеммой

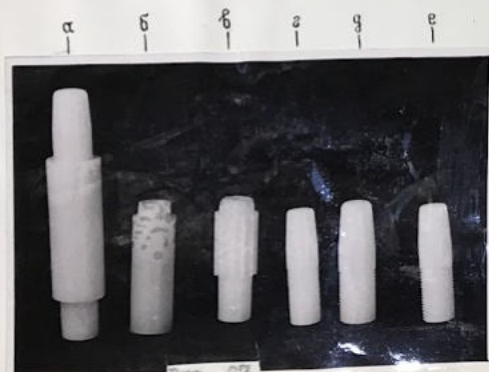


Рис. 27

- а) Палец и втулка ЗГ-бура № 19
б) Втулка ЗГ - бура № 19
в) Втулка ЗГ - бура № 18
г, д, е) Пальцы ЗГ-буров № 18 и № 19

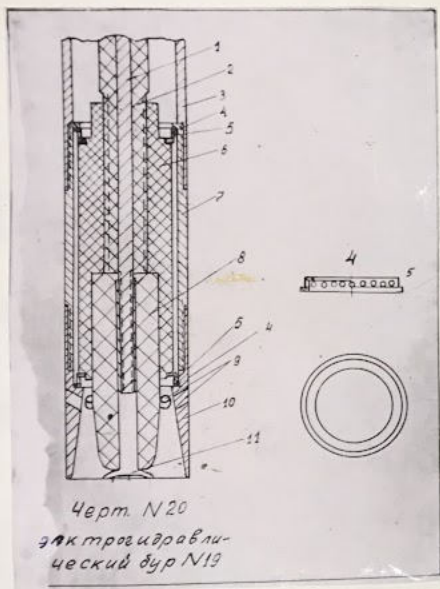


Рис. 28

4. Принадлежности к ЭГ-бурам.

Принадлежностями к бурам являются:

а) Изолирующий удлинитель. Изолирующий удлинитель (рис. 29) служит для соединения бура с удлинительной штангой и состоит из верхней (1) и нижней (9) пресшипановых труб, которые соединяются между собой текстолитовыми рейками (8).

Для подвода энергии к центральному электроду служит укрепленный на ползунке (6) подвижной контакт-клемма (5), в которой выступающий конец центрального электрода зажимается прижимными болтами (4). Для того, чтобы удлинитель подходил для различных буров, ползунок (6) можно перемещать по рейкам (8).

б) Удлинительная штанга. Удлинительная штанга (рис. 30) служит для фиксации вертикального положения бура, независимо от его перемещения при погружении в камень и состоит из стальной штанги (1) и переходной трубки (2).

в) Тренога. Тренога (см. рис. 31) служит для удержания бура в вертикальном положении на разбуриваемом образце породы и состоит из металлического основания (1), в котором укреплены ноги (2), сделанные из водопроводных труб. Для устранения скольжения треноги они заканчиваются липами (3).

г) Стаканчик для забуривания. Стаканчик представляет собой отрезок стальной трубы длиной 200 мм и внутренним диаметром 50±60 мм. и служит своеобразным "искусственным устьем", обеспечивая постоянное и достаточное количество воды на забое шнура и кроме того он выполняет функции гидравлической пробки, назначение которой - общеизвестно из наших работ по взрыванию. Производить забуривание без стаканчика почти невозможно. Стаканчик должен иметь снизу эластичную резиновую прокладку для того, чтобы промывочная жидкость не могла выходить в зазоры между стаканчиком и разбуриваемым камнем.

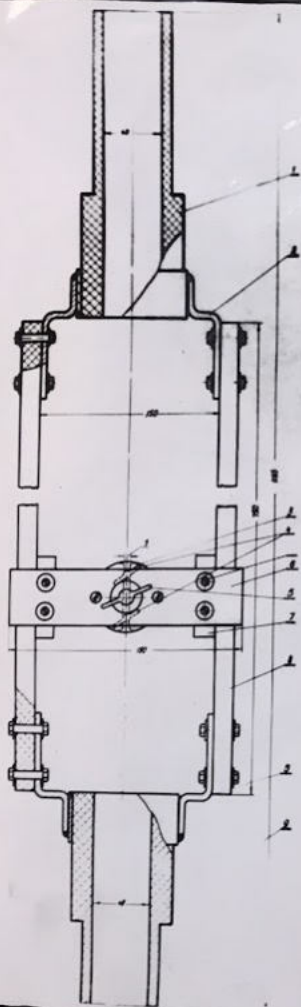


Рис. 29
Изолирующий удлинитель

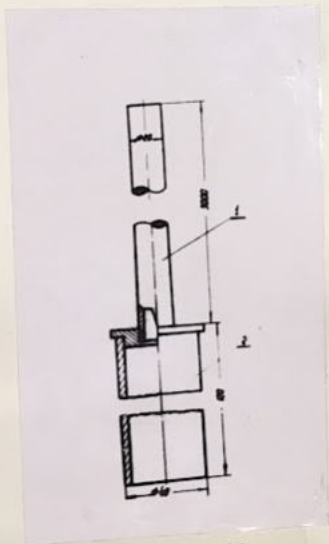


Рис. 30
Удлинительная штанга

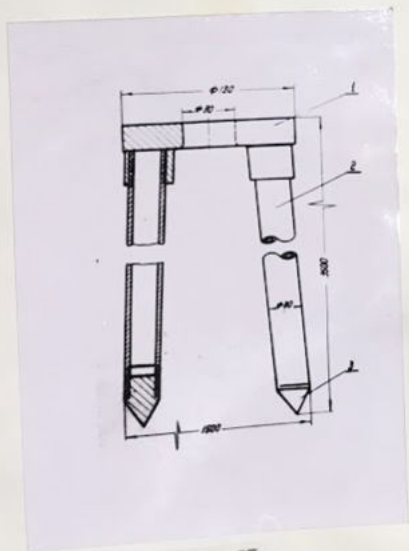


Рис. 31
Тренога

Остальные обозначения деталей на чертежах ЭГ-буров даны в таблице № 1.

Таблица № 1.

Сводная таблица
обозначений деталей на чертежах ЭГ-буров

Зубья	Корпус бура	Центральный электрод	Изоляция центр электрода	Стальная колонка	Зубцы коронки	Газоотводные отверстия	"Пятачек"	Втулка	Полнотелый палец	Стальная втулка	Водопроводящие каналы	Стратегели	Прочие детали
1	-	1	2	5	8	6	-	-	-	-	-	-	4-текстолиитовый стержень
2	-	1	2	3, 6, 7	-	-	-	-	-	-	4	-	5-текстолиитовый стержень
3	-	1	3	4	-	5	-	-	-	-	2	-	8-отогнутый конец центр. электрода 9- пазы для эластичных стержней
4	4	2	3	5	-	-	7	-	-	-	1	6	
5	-	1	3	4	-	-	7	-	6	-	2	5	
6	-	1	2	3	8	-	-	4	-	-	5	7	6-внточка для прохода промыв. жидк.
7	-	1	2	3	9	-	8	4	-	-	5	6	7-внточка для прохода промывочной жидкости
8	-	1	2	3	-	-	8	4	-	-	5	6	7-внточка для прохода промыв. жидк.
9	-	1	2	3	-	-	7	-	-	5	4	6	
10	-	1	2	9	-	-	8	3, 5, 6	-	-	4	7	
11	-	1	2	3	-	-	8	6	-	4	5	7	6-текстолиитовая шайба
12	-	1	2	3	-	-	8	4	-	-	5	7	6-гетинаксовая шайба
13	-	1	2	3	-	7	9	-	-	4	5	8	6-гетинаксовая шайба
14	-	1	2	4	-	-	5	3	-	-	-	-	
15	-	1	2	3	-	9	8	5	7	4	6	-	
16	-	1	2	3	-	11	12	6	7	5	8, 9	10	4-упорная втулка
17	-	1	2	6	-	9	10	3	-	-	4	8	5-стальная трубка 7-упорная втулка
18	3	1	2	5	-	8	9	4	7	-	6	-	
19	3	1	2	10	-	9	11	6	8	-	5	-	7-переходн. втулка 4-центрирующее кольцо.

Б. Колонковый ЗГ-бур.

Колонковый бур (см. рис. 32 и 33) имеет колонковую трубу (3), которая соединительной трубкой (7) скрепляется с внутренней коронкой (9). Наружная коронка (10) укреплена на полиэтиленовой втулке (8) и имеет отверстия (11) для отвода газов.

Полиэтиленовая втулка снабжена внутренней резьбой для закрепления ее на соединительной трубке и вырез для изолирующей трубы (4). Изолирующая труба, сделанная из винипласта, служит для изоляции колонковой трубы бура от воды.

Колонковая труба переходником (2) соединяется с трубой (1) служащей для подачи промывочной жидкости. Electroдами в этом буре служат труба (1) и наружная коронка (10).

Разряды развиваются между наружной и внутренней коронками. Образовавшийся керн поступает в керноприемник (6).



Рис. 32
ЭГ-Бур кольцевого забоя
(колонковый ЭГ-бур)

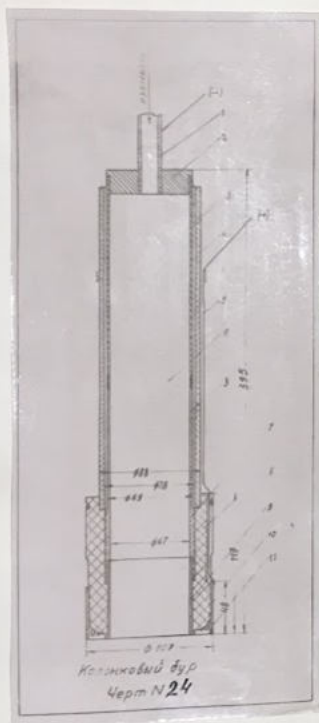


Рис. 33

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.

1. Техника эксперимента.

Для бурения бур устанавливается в треноге на разбуриваемом камне, в стаканчике для забуривания, затем к клеммам бура подсоединяются токонесущие провода, а к штуцеру бура водяной шланг. Включенный бур работает до тех пор пока не образуется сквозное отверстие. Затем бурится следующий шпур и бурение продолжается до выхода бура из строя. Вид ЭГ-бура сплошного забоя в работе показан на рис.34. На рис.35 показана форма устья шпура, а на рис.36 и 37 образцы валунов с пробуренными в них шпурами.

Опытным путем были подобраны рабочее напряжение и емкость конденсатора.

В дальнейшем, после создания вполне работоспособного бура, предполагается перейти к детальной отработке режимов ЭГ-бурения. Однако, каждый опыт в данной работе подвергался всестороннему рассмотрению не только с конструктивной, но и с технологической стороны. Результаты опытов записывались в журнале работ, где отмечались: тип бура и эскиз его забойной части с указанием места пробоя или разрушения, рабочее напряжение, емкость конденсатора, количество импульсов и полное время работы бура, а также диаметр скважины, форма забоя и глубина проходки. Кроме того описывался разбуривавшийся образец породы, качество и количество плама. На рис.38 приведен вид образующегося плама.

На рис. 39 - образец бетонного керна, полученного при бурении ЭГ-буром кольцевого забоя, а на рис.40 внешний вид отверстия в бетоне полученного этим буром.



Рис. 34
ЗГ-бур в процессе работы



Рис. 35
Шпур, пробуренный ЭГ -
буром в крупно-зернистом
граните



Рис. 36
Шпур, пробуренный ЭГ-
буром в средневзрелом
граните



Рис. 37
Шпуры, пробуренные ЭГ-
буром в среднезернистом
граните и бетоне



Рис. 38

Шлам, полученный при бурении ЭГ-буром.



Рис. 39

Керн, полученный при бурении ЭГ- буром
кольцевого забоя.



Рис. 40

Скважина, пробуренная ЗГ-буром кольцевого
завоя в бетоне марки „300”

2. Исследование режимов бурения.

На первых же конструктивных вариантах буров опытным путем были выявлены и основные режимы бурения:

1. Рабочее напряжение равно 30-45 кв. Величина рабочего напряжения задается диаметром бура, а также соблюдением условий оптимального режима. Оптимальным режимом бурения при заданной длине искры (l) и на любой емкости (C) будет работа при соотношении: $U_{opt} = K U_{min}$

где: U_{opt} - напряжение оптимального режима,

K - эмпирический коэффициент равный 1,2-1,3

U_{min} - минимальное пробивное напряжение.

2. Емкость конденсатора разрядного контура равная 0,1 мкф, задается прежде всего условиями оптимального режима. Кроме того, емкость конденсатора подбирается из следующих соображений:

на малой емкости конденсатора, при заданном напряжении, энергия ЭГ-удара будет достаточна только для откалывания мелких частичек породы, что эквивалентно дроблению с очень большим коэффициентом измельчения и в данном случае будет невыгодным;

на большой емкости будут откалываться слишком крупные куски породы, которые не смогут быть вынесены промывочной жидкостью; кроме этого часть энергии пойдет на образование трещин в скважине, полезными из которых будут только забойные, а их, как показал опыт, образуется мало.

Таким образом, емкость конденсатора должна быть выбрана такой, чтобы образовавшийся при бурении шлам легко выносился промывочной жидкостью из скважины, но не был бы слишком переизмельченным. Как показали опыты, наиболее подходящей для работы оказалась емкость равная 0,1 мкф.

Использование большой емкости приводит также к частым поломкам - разрывам буровой коронки бура, изготовлявшейся в опытах из простых, нелегированных марок стали.

В ходе выполнения работы было обнаружено, что время безаварийной работы бура значительно увеличивается при работе на так называемой "обратной полярности", т.е. по схеме, в которой центральный электрод является отрицательным полюсом и заземлен.

3. Влияние давления и расхода промывочной жидкости на процесс бурения.

В качестве промывочной жидкости при бурении использовалась водопроводная вода. Известно, что чем выше давление жидкости и чем больше ее расход, тем легче происходит вынос шлама из забоя скважины. Однако, как показал опыт, при ЭГ-бурении на очень больших давлениях и расходах промывочной жидкости может происходить заклинка бура крупным шламом.

В проводимых лабораторной опытах ЭГ-бур соединялся с водопроводной линией с помощью резинового планга.

Давление в линии водопровода - 2 атм.

Расход воды - 3-5 л/мин.

Если количество подаваемой промывочной жидкости в последних конструкциях буров вполне обеспечивало вынос мелкого шлама, то давление было явно недостаточным: шлам ϕ 2+3 мм - в большом количестве оставался на забое в скважине. Образец шлама приведен на рис.35.

4. Скорости бурения различных пород.

Скорости бурения ЭГ-буром находятся в прямой зависимости от энергии единичного импульса и частоты разрядов.

В данной работе бурение, как правило, проводилось на частоте разрядов порядка 5-10 имп/сек, хотя иногда работали и на частоте до 30 имп/сек.

Увеличение частоты разрядов ведет к увеличению расхода энергии и требует увеличения мощности питающей установки, которая для установки, на которой проводились опыты (с учетом КПД) даже при кратковременной работе не превышала 1,5-2,0 квт, составляя в среднем 0,5-0,7 квт.

С бурами диаметром 30-40 мм, на частоте 5-7 имп/сек были получены следующие скорости проходки:

по бетону на гранитном щебне марки 300	- 35-55 см/мин.
по электрокорунду.....	- 7-8 см/мин.
по граниту крупнозернистому.....	- 0,5-2,0 см/мин.
по бурому железяку.....	- 8-12 см/мин.

5. Затраты энергии на бурение.

При расчете энергетических затрат на бурение шпуров и скважин учитывалась только та энергия, которая расходовалась в разрядном контуре.

Расчет расхода энергии производился по формуле:

$$A = \frac{CU^2n}{2.3600}$$

где:

- C - емкость конденсатора в фарадах
- U - рабочее напряжение в вольтах
- n - число импульсов
- A - расход энергии в ватт.часах

Удельный расход энергии рассчитывался по формуле:

$$q = \frac{A}{V}$$

где:

- V - объем шпура или скважины в см³, образовавшийся за разрядов,
- q - энергия, расходуемая на разрушение 1 см³ породы, в вт час.

Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица № 2

Удельные затраты энергии при бурении ЭГ-бурами

Наименование буримых образцов	Удельные затраты энергии в вт час/см ³		Колониховый бур \varnothing 108мм	Примечание
	Бур с "Т"-образными электродами \varnothing 30 мм	\varnothing 40 мм		
Электрокорунд	0,266	-	-	
Бурый железняк	-	0,106	-	
Бетон марки "300"	-	0,0126	0,0836	На крупном гранитном песке ЭГ-дробления.

6. Принцип "грязного забоя".

При исследовании поведения разрядов в воде Д.А.Еткиным еще в 1952 г. было выяснено, что в чистой воде они всегда возникают только по кратчайшему расстоянию между электродами, развиваясь в пределах небольшого угла. Если в воде находится какой-либо материал, то по мере его разрушения разряды как бы "вытесняются" из пределов этого угла, и переходят на все более и более длинные радиусы. Это явление объясняется тем, что пробивное напряжение в жидкости, содержащей механические примеси тем выше, чем выше концентрация этих примесей. По мере роста концентрации примесей, при непрерывном разрушении материала, пробивное напряжение будет возрастать и форма импульса будет все более приближаться к аperiodической, а следовательно, будет возрастать и механический ИИД разряда.

Таким образом, появляется возможность не только регулировать форму импульса в процессе работы различных ЭГ-устройств, но и, одновременно, добиваться гарантированного автоматического обегания

разрядами всего рабочего сечения этих устройств.

7. Исследование устойчивости изоляции в зависимости от ее формы и формы электродов.

Как показали исследования, при ЭГЗ бурении бурами с "Т"-образными электродами, бур выходит из строя, как правило, вследствие разрушения изоляции переднего конца центрального электрода.

Разрушение изоляции происходит от следующих основных факторов:

- а) от сложного термо-химического воздействия факелоподобных кистевых разрядов, возникающих на границе изоляция-жидкость из стержня электрода.
- б) от механического воздействия жидкости, несущей шлам, при кавитационных ударах по уже разъединенной разрядами поверхности изоляции, и
- в) чрезвычайно редко от электрического пробоя.

Естественно, что стойкость изоляции электрода будет резко зависеть от расстояния ее от зоны разряда. Большое значение имеет также и придание изоляции гладкой, хорошо обтекаемой формы.

Механическое воздействие шлама очень невелико и до известной степени зависит как от качества промывки забоя, так и от абразивности разбуриваемого материала.

В целях уменьшения вероятности пробоя по поверхности изоляции стержень центрального электрода в нижней части его выполняется в виде сменной детали, имеющей "Т"-образную форму, в виде "пятка".

Таким образом, между коронкой и "пятчком" образуется значительно меньший, чем по другим направлениям, искровой промежуток и

разряды развиваются на некотором расстоянии от поверхности изоляции, однако при этом под "пятачком" при большом его диаметре, может образоваться своеобразная "мертвая" зона, в которой разрушение будет либо мало эффективным, либо не будет происходить вообще. Очевидно, что при очень большом диаметре "пятачка" бур может "зависать" на центральной не разрушенной части забоя шпура "пестике" и бурение может прекратиться.

Исходя из этого диаметр "пятачка" подбирают таким, чтобы пестик все же мог легко разрушиться под воздействием ЭГ-ударов.

Для бура диаметром 40 мм наиболее рациональным оказался "пятачек" диаметром 16-18 мм.

Результаты экспериментов по устойчивости ЭГ-буров при непрерывной работе сведены в таблицу № 2.

Таблица № ____

Сводная таблица
устойчивой работы различных конструкций буров

№ кон- струк- ции бура	Время устой- чивой работы в мин.	№ кон- струк- ции бура	Время устой- чивой работы в мин.	№ кон- струк- ции бура	Время устой- чивой работы в мин.	№ кон- струк- ции бура	Время устой- чивой работы в мин.	№ кон- струк- ции бура	Время устой- чивой работы в мин.
1	-	5	4,0	9	2,0	13	5,0	17	12,5
2	-	6	6,0	10	9,0	14	5,8	18	120,0
3	4,5	7	8,0	11	-	15	8,5	19	135,0
4	4,0	8	3,0	12	85,0	16	9,2	-	-

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭГ-бурения.

Внедрение ЭГ-бурения должно резко снизить стоимость геолого-разведочных и других буровых работ. Естественно, что для этого нужно прежде всего разработать соответствующие методы ЭГ-бурения.

Как показали уже проведенные исследования, при ЭГ-бурении резко сокращаются энергетические расходы на разрушение горных пород. Так, по исследованиям проф. Шамшева, при колонковом разведочном бурении на разрушение породы забоя расходуется от 200 до 800 вт час/см³ разбуренной породы. При ЭГ-бурении эти величины не превышают 0,1 вт час/см³.

ЭГ-бурение можно осуществить на кабель-канате без труб, при этом для выноса разбуренной породы применяется местная промывка забоя. А это обстоятельство позволит:

- а) заменить существующие насосы для промывки забоя скважин - забойными, с потреблением мощности не более 1-3 квт;
- б) резко снизить время на производство спуско-подъемных операций. Время на спуско-подъемные операции будет определяться скоростью навивки кабель-каната на барабан лебедки.

Так как ЭГ-бур не имеет вращения, то стенки скважин будут значительно устойчивее, чем при обычных методах бурения, а это обстоятельство приведет к снижению аварий от обвалов стенок скважин. Не будет аварий и от приварки коронок.

При ЭГ-бурении возможно передавать на забой значительно большие мощности. Как известно, при колонковом разведочном бурении увеличение передаваемой мощности осуществляется путем увеличения осевого давления и увеличения скорости вращения инструмен-

та. Но возможности увеличения давления и скорости ограничиваются качеством материала буровых труб и при дальнейшем улучшении их качества очевидно смогут увеличиться только весьма незначительно.

Использование многосекционных турбобуров малого диаметра в какой-то степени решает эту задачу, но турбобур не может обеспечить выхода керна большого диаметра.

Таким образом, разработка ЭГ-метода, в частности для разведочного колонкового бурения, резко снизит стоимость геолого-разведочных работ и позволит значительно сократить сроки разведки месторождений.

1. К эскизному проекту агрегата ЭГ-бурения.

В эскизном проекте агрегат ЭГ-колонкового бурового должен состоять из бурового снаряда, мачты, лебедки и генератора с приводом.

Буровой снаряд (см. рис. 41) состоит из погружного высоковольтного трансформатора (2), погружного высоковольтного конденсатора (10), бура (12) и шламовой трубы (4).

При работе снаряда электрический ток напряжением 220-380 вольт, по кабель-канату (1) подается на высоковольтный трансформатор. Полученное высокое напряжение кабелем (3) подается в разрядный контур. Разрядные шарики формируемого промежутка помещаются в герметический закрытой и например наполненной инертным газом камере (11).

Рабочий искровой промежуток возникает в зазоре между наружной коронкой (14) и внутренней коронкой (16).

Образующийся при бурении керн входит в колонковую трубу (13). Для того, чтобы керн не выпадал из нее при подъеме снаряда, внутренняя коронка снабжена кернодержателями (16).

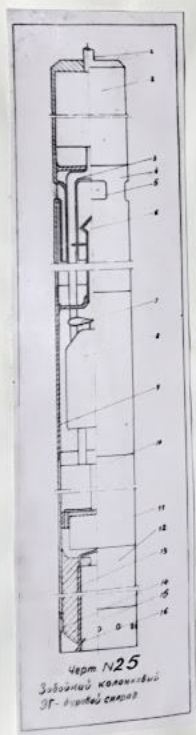


рис. 41

Циркуляционная система агрегата работает методом так называемой "местной промывки" забоя скважины, которая осуществляется следующим образом: - при работе снаряда включается электродвигатель (8), приводящий в действие центробежный насос (7). Насос нагнетает промывочную жидкость в колонковую трубу. Далее жидкость, омывая забой, поднимается вверх и поступает через окно (5) в шламоотборник. В шламоотборнике происходит оседание шлама, а чистый раствор через всасывающую трубу (6) засасывается насосом в насосную камеру.

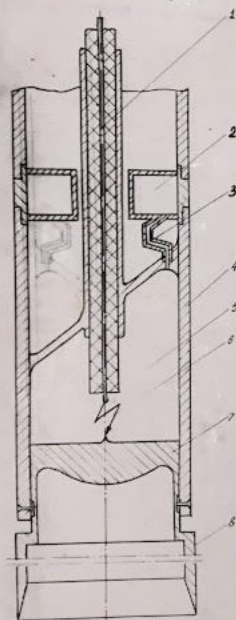
Для обеспечения спуско-подъемных операций на поверхности устанавливается лебедка с мачтой. Управление установкой осуществляется с пульта. Такой агрегат может быть изготовлен самоходным или передвижным.

Из других применений ЭГЗ при разведке месторождений можно указать на возможность ЭГ-бурения шурфов и стволов шахт колонковыми, многоэлектродными или многозабойными бурами.

Для целей инженерно-геологических исследований можно применять и забойный ЭГ-вибробур, схема которого дана на рис.42. ЭГ-вибробур представляет собой трубу, в которой имеется рабочая камера (5), заполненная водой. В рабочую камеру введен положительный электрод. Вторым электродом является поршень (7), который в нижней своей части переходит в колонковую трубу.

Для подпитки разрядной камеры водой служит резервуар (2) и водовод (3). Резервуар (2) кроме того является объемом, в котором собираются выделяющиеся газы и пары.

Силовая установка ЭГ-бурения может быть использована не только для бурения, но и для многих других целей, например: для торпедирования буровых, для гидравлического разрыва пласта, для



Черт N 26
Заводной ЗГ-гидрогенератор

осуществления вибраций в целях высвобождения прихваченных труб, для отрыва крупных кернов, для взрывания негабаритов, забивки свай, приготовления глинистых растворов и т.д.

Не представляет особого труда конструирование ЭГ-устройства с мощными боковыми грунтоносами для взятия проб, а так же устройства для аэрации глинистых растворов при бурении с продувкой воздухом.

В случае необходимости трансформатор, формирующий промежуток и конденсаторы могут быть выполнены погружными, а питание трансформатора может осуществляться не только током промышленной частоты, но и током различной формы и частоты, что позволит значительно повисить КПД ЭГ-буров.

2. В ы в о д ы

Результаты исследовательской работы по ЭГ-бурению горных пород позволяют сделать ряд основных выводов:

1. Показана перспективность ЭГ-бурения;
2. Показана значительная экономическая целесообразность ЭГ-бурения;
3. Показаны существенные преимущества ЭГ-бурения перед существующими:
 - а) отсутствие вращения деталей
 - б) конструктивная простота
 - в) высокая экономичность
 - г/ исключение возможности заболевания силикозом и антракозом
 - д) отсутствие дорогостоящей вышки

- в) отсутствие буровых труб
- ж) отсутствие мощного насоса на поверхности
- з) относительная безопасность.

4. Показана возможность бурения глубоких скважин с применением погружных трансформаторов, конденсаторов и формирующих разрядников.

5. Показана возможность создания передвижных ЭГ-буровых установок.