Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова.
1988. Т. 116

УДК 622.24 (98)

РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА БУРЕНИЯ ЛЬДА МЕХАНИЧЕСКИМ БУРОВЫМ СНАРЯДОМ КЭМС-112

Н.И.ВАСИЛЬЕВ, П.Г.ТАЛАЛАЙ, В.В.УФАЕВ

Большую роль при исследованиях ледниковых покровов в полярных областях и высокогорных районах играет бурение скважин, проводимое в основном при помощи тепловых и электромеханических буровых снарядов на грузонесущем кабеле. Если разработку техники и технологии электротеплового бурения путем протаивания можно считать практически освоенной [5], то высокопроизводительные электромеханические буровые снаряды до настоящего времени практически не использовались советскими специалистами. Одним из преимуществ механического способа бурения является относительно низкая энергоемкость процесса разрушения льда на забое, зависящая от геометрических характеристик и скорости вращения породоразрушающего инструмента, прочности льда и условий его залегания.

Анализ работ по резанию различных материалов, в частности льда [1-4, 7, 8], показал отсутствие единой точки зрения на процессы, происходящие на забое при механическом вращательном бурении резцовыми коронками. Значительные расхождения теоретических и экспериментальных данных говорят о несовершенстве аналитических зависимостей, что связано с неточностями в представлении о механизме стружкообразования при резании горных пород и других материалов.

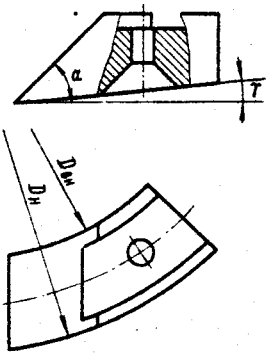


Рис.1. Резец буровой коронки
α - передний угол; γ - задний угол; $D_н$ и $D_{вн}$ - наружный и внутренний диаметры

С целью изучения процесса бурения льда в Отделе антарктических исследований Ленинградского горного института разработан специальный стенд, имитирующий условия работы колонкового электромеханического снаряда на грузонесущем кабеле.

Для исследования влияния геометрических характеристик режущего органа на эффективность процесса бурения применяются сменные резцы (рис.1) с различными значениями переднего α и заднего γ углов.

В процессе каждого опыта проводится запись основных параметров бурения (длина проходки, расход промывочной жидкости, реактивный момент и давление на забой) на быстродействующий само-

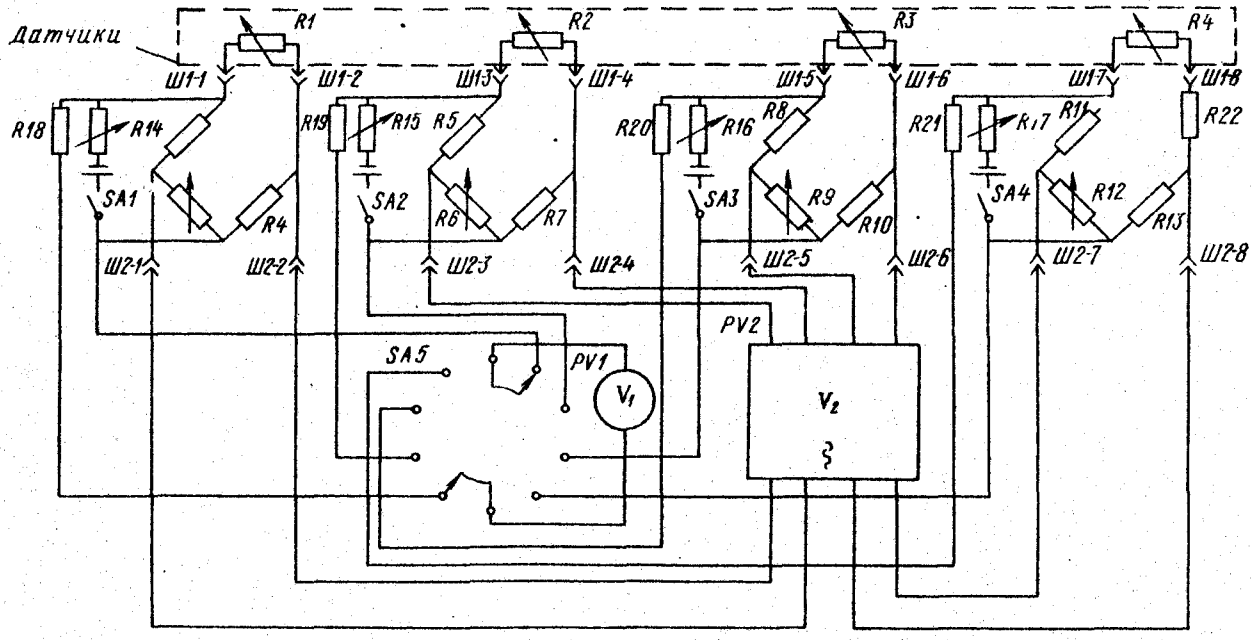


Рис.2. Схема подключения датчиков

пишущий вольтметр Н-338/4. Мощность, потребляемая приводным двигателем, записывается на ваттметр-самописец Н-396, установленный в пульте управления.

Для измерения основных параметров процесса бурения разработана мостовая схема (рис.2), которая предусматривает подключение датчиков $R1$, $R2$, $R3$ и $R4$ соответственно момента, расхода промывочной жидкости, давления на забой и проходки по независимым ветвям, причем провода, идущие от датчиков к пульту управления, экранированы, что позволяет избавиться от помех, вызванных работой бурового снаряда, и исключить взаимное влияние датчиков. С целью исключения влияния колебаний температуры на показания все сопротивления, входящие в схему (включая датчики), изготовлены из константовой проволоки.

Контроль за напряжением питания измерительных систем осуществляется по вольтметру $PV1$, подключаемому в каждой ветви посредством подключателя $SA5$. Переменные резисторы $R14$ - $R17$ служат для регулировки питания. Резисторы $R18$ - $R21$ подобраны таким образом, чтобы при установке номинального напряжения питания каждой ветви показания вольтметра были одинаковыми (напряжение питания каждой ветви различно). Резистор $R22$ введен в цепь датчика проходки для обеспечения работы в линейном диапазоне изменения сигнала.

Перед началом испытания все датчики тарируются.

Согласно разработанной методике в выбранном диапазоне изменения механической скорости бурения был поставлен полный факторный эксперимент с целью определения зависимости момента сопротивления при резании льда и давления на забой от механической скорости бурения при различных геометрических характеристиках коронки. Полученные экспериментальные данные позволяют составить уравнения регрессии момента M и давления на забой P на механическую скорость бурения при данной геометрической форме коронки.

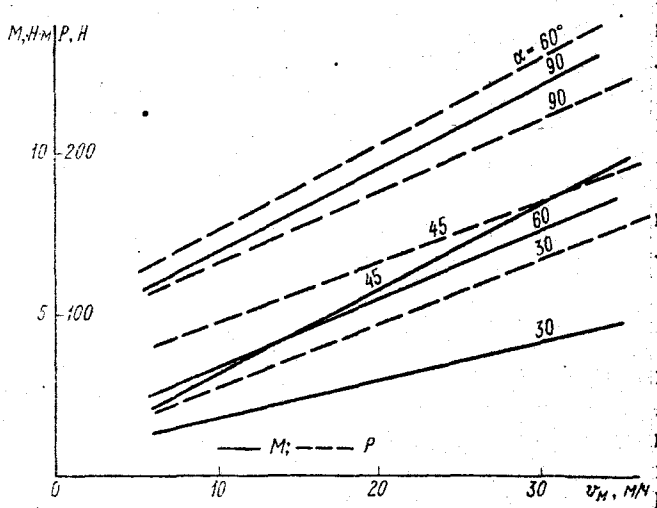


Рис.3. Зависимость реактивного момента M и давления на забой P от механической скорости бурения $v_м$

Представленные в таблице результаты статистической обработки показывают, что при линейной зависимости связь между факторами сильная и положительная (рис.3). При обработке результатов экспериментов были исключены из рассмотрения

Уравнения регрессии

γ	α	$M = f(v_M)$, Н·м	$P = f(v_M)$, Н
3°	45°	$0{,}370\,v_M - 0{,}320$	$9{,}55\,v_M + 165{,}0$
3	30	$0{,}953\,v_M - 0{,}906$	
5	30	$0{,}118\,v_M + 0{,}635$	$3{,}87\,v_M + 17{,}9$
5	45	$0{,}246\,v_M + 0{,}620$	$3{,}68\,v_M + 57{,}5$
5	60	$0{,}208\,v_M + 1{,}300$	$5{,}30\,v_M + 97{,}8$
5	90	$0{,}254\,v_M + 4{,}400$	$4{,}40\,v_M + 84{,}2$

опыты, в процессе которых наблюдалось явное влияние конструктивных недостатков стенда.

При сравнении графика (рис.4) $F = f(\alpha)$, полученного в результате обработки экспериментальных данных, с графиками, построенными по литературным данным [1–4, 6–8], видны значительные качественные и количественные расхождения. Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Теоретические и практические данные о процессе резания льда, имеющиеся в литературе, позволяют лишь в первом приближении оценить энергозатраты на разрушение льда при вращательном бурении, в связи с чем при проектировании снарядов для бурения льда необходимо ориентироваться на зависимости, полученные опытным путем.

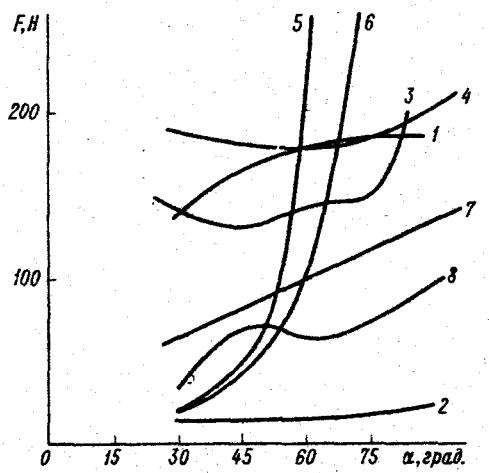


Рис.4. Зависимость усилия резания F от переднего угла резания α
1 – А.И.Глебов [2]; 2 – А.И.Глебов [1]; 3 – В.Ф.Овчинников [6]; 4 – Л.А.Шрейнер [8]; 5 – Л.Г.Грабчак [3]; 6 – А.Н.Зеленин [4]; 7 – А.М.Розенберг [7]; 8 – опытные данные авторов

2. Момент сопротивления при разрушении льда, а следовательно, и мощность, расходуемая на разрушение, линейно возрастают при повышении механической скорости бурения.

3. При увеличении угла значение момента возрастает, однако в диапазоне от 45 до 60° влияние его резко уменьшается и даже приводит к обратной зависимости. Учитывая стойкость резца, наиболее предпочтительным будет применение резцов с углом $\alpha = 60°$.

4. Давление на забой находится в прямо пропорциональной зависимости от механической скорости бурения.

5. Зависимость давления на забой от угла α имеет явно выраженный максимум при $\alpha = 75^0$ во всем исследованном диапазоне механических скоростей бурения.

6. Учитывая совместное влияние давления на забой и стойкости резцов на эффективность процесса бурения, качество скважины и керна, предпочтение надо отдавать резцам с $\alpha = 45^0$.

7. Уменьшение угла γ ведет к резкому возрастанию давления на забой. При $\gamma = 2^0$ углубка практически прекращается, даже при давлении на забой, равном весу бурового снаряда. Оптимальным с точки зрения минимума давления на забой и простоты изготовления резцов является $\gamma = 5^0$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глебов А.И. Аналитическое определение сил резания льда // Тр. НИИВТ. 1983. Вып. 164. С. 51-58.

2. Глебов А.И., Шевнин К.А. К вопросу разрушения льда резцом, имеющим постоянный угол резания // Тр. НИИВТ. 1979. Вып. 142. С. 33-41.

3. Грабчак Л.Г., Попов А.Н. Об оптимальном угле резания при бурении в мягких горных породах // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1976. № 5. С. 144-148.

4. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. Изд. 2-е, перераб. и доп. М. : Машиностроение, 1968. 376 с.

5. Кудряшов Б.Б., Яковлев А.М. Бурение скважин в мерзлых породах. М. : Недра, 1983. 286 с.

6. Овчинников В.Ф. Механизация приготовления проруби на подледном лове рыбы // Тр. ПИНРО. 1966. Вып. 18. С. 46-65.

7. Розенберг А.М. Элементы теории процесса резания металлов. – М. ; Свердловск: Машгиз. Урало-Сиб.отд-ние, 1956. 319 с.

8. Шрейнер Л.А. Физические основы механики горных пород. М. ; Л. : Гостоптехиздат, 1950. 211 с.