Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1985, т.105

УДК 622.24 (99)

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТЕРМОБУРОВОГО КОМПЛЕКСА ТБС-112 ВЧ ПРИ БУРЕНИИ ГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ЛЕДНИКОВОМ ПОКРОВЕ (СТАНЦИЯ ВОСТОК)

Э.А.ЗАГРИВНЫЙ, Б.С.МОИСЕЕВ, А.М.ШКУРКО

Станция Восток расположена в Центральной Антарктиде в районе Южного геомагнитного полюса в 1410 км от обсерватории Мирный. Особенностью станции Восток являются крайне низкие на Земле температуры (-89 °С) и атмосферное давление (405-480 мм рт.ст.), значительное превышение над уровнем моря (3488 м). Температура ледника в интервале 0-1000 м изменяется в пределах от -56 до -49 °С.

Во время работы 25-й Советской антарктической экспедиции (САЭ) было начато бурение глубокой скважины 3Г, которое продолжали 26-я и 27-я САЭ. К началу работ 26-й САЭ глубина скважины 3Г составила 1410 м. Проект предусматривал бурение скважины снарядами различных диаметров: в снежно-фирновых отложениях диаметром 180 мм, в ледовых отложениях в интервалах 140-1500 м и 1500-2083 м соответственно 152 и 112 мм. Для бурения скважины диаметрами 180 мм и 152 мм использовались термобуровые снаряды типа ТЭЛГА-14М и ТБЭС-152М.[x]

Программа работ гляциобуровой группы 26-й САЭ (1980-1982) на станции Восток включала продолжение методических и экспериментальных исследований по совершенствованию техники и технологии бурения глубоких скважин в ледниках, залитых незамерзающей жидкостью: глубокое бурение скважины 3Г термобуровым снарядом ТБЭС-152М и с помощью высокочастотного термобурового комплекса.

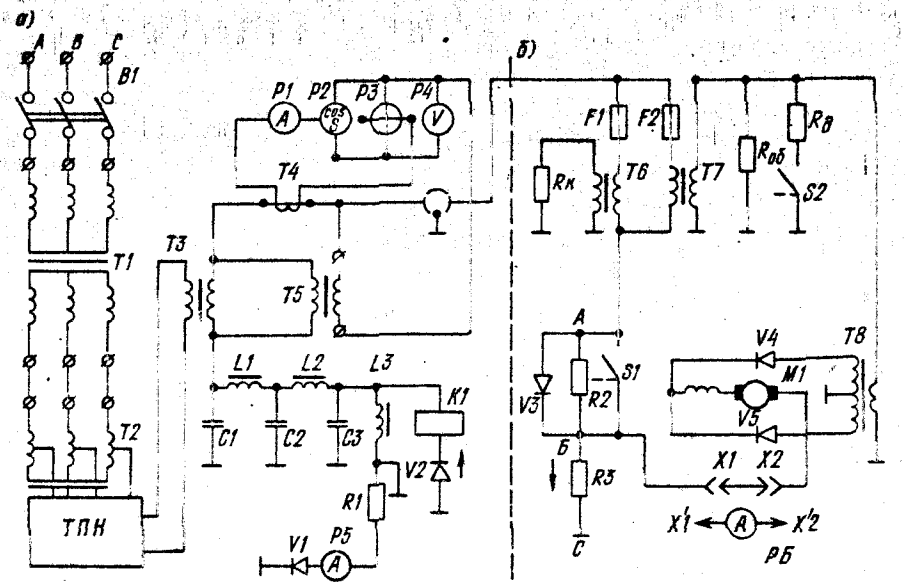
Работы по созданию высокочастотного бурового комплекса для бурения глубоких скважин в ледниковых толщах были начаты в ЛПИ в 1976 г., к 1980 г. высокочастотный термобуровой комплекс ТБС-112 ВЧ был изготовлен и частично испытан в лабораторных и полевых условиях.

Высокочастотный термобуровой комплекс состоит из термобурового снаряда ТБС-112 ВЧ, тиристорного преобразователя частоты (ТПЧ) мощностью 12 кВт (частота 2500 Гц), имеющего на входе трехфазный регулятор напряжения РНТ,

---

[x] Вострецов Р.Н., Загривный Э.А., Земцов А.А., Шкурко А.М. Экспериментальное бурение залитой незамерзающей жидкостью скважины. - Бюл. САЭ, № 100. Л., Гидрометеоиздат, 1980.

Теория и практика бурения-протаивания в Антарктиде / Бобин Н.Е., Кудряшов Б.Б., Слюсарев Н.И., Степанов Г.К., Фисенко В.Ф., Чистяков В.К. - В кн.: Материалы гляциологических исследований, вып. 22. М., Наука, 1973.



Принципиальная электрическая схема ТБС-112 ВЧ: а - пульт управления; б - снаряд ТБС-112 ВЧ

грузонесущего коаксиального кабеля КГ-2-59-90 с разрывным усилием 58 кН, комплекта контрольно-измерительных приборов и спуско-подъемного оборудования.

Основным конструктивным отличием снаряда ТБС-112 ВЧ от всех предыдущих конструкций является наличие понижающих трансформаторов коронки и обогрева.

Электроэнергия частотой 2500 Гц передается снаряду по грузонесущему коаксиальному кабелю диаметром 12 мм с сечением центральной токоведущей жилы 4 мм^2 при напряжении 800-1000 В. Установленные в снаряде трансформаторы преобразуют первичное напряжение (700-900 В) во вторичное (20-25 В). Такое преобразование электроэнергии позволяет снизить рабочие токи в грузонесущем кабеле, уменьшить сечение токоведущей жилы, диаметр и массу кабеля, применить для спуско-подъемных операций серийное геофизическое оборудование.

Электрическая схема (см. рисунок) высокочастотного комплекса ТБС-112 ВЧ с кабелем КГ-2-59-90 позволяла не только передавать снаряду энергию по одножильному кабелю, но и контролировать процесс работы: суммарный ток, мощность, напряжение, создаваемое в цепи снаряда, забой, ток насоса и уровень воды на забое.

Для повышения надежности работы снаряда электропитание цепей коронки и обогрева осуществлялось от индивидуальных трансформаторов. В номинальном режиме работы снаряда мощность цепи коронки составляла 4,5 кВт, в цепи обогрева водоподъемного канала 3 кВт, ток насоса ЭЦН-9IБ 6-7 А. Контроль тока, напряжения, мощности и $\cos\varphi$ осуществлялся по известной схеме. Схемы контроля уровня воды на забое и электропитания насоса выполнены на по-

стоянном токе. Для контроля служит цепочка $V3-R2-S1$. При разомкнутых контактах $S1$, благодаря диоду $V3$, в кривой тока снаряда появляется постоянная составляющая, которая протекает по цепи, указанной стрелкой. Величина этого напряжения приблизительно равна половине величины падения напряжения на сопротивление $R2$ = 0,6-0,8 Ом и при токе 10-11 А составляет 3-4,5 В. Это напряжение действует навстречу напряжению на участке $БС$, равному падению напряжения от тока насоса $I_н$ на сопротивление $R3$ = 0,15-0,2 Ом, имеющего значение 0,75-1,4 В при токе насоса 5-7 А, и превышает его. Проходя через низкоомное реле КІ, этот ток создает магнитное поле, достаточное для срабатывания реле. Контакты реле КІ замыкаются, включая привод лебедки на спуск. При замыкании контактов $S1$ напряжение между точками $А$ и $Б$ равно нулю и падение напряжения на $S3$ определяет постоянную составляющую тока, пропорциональную току насоса $I_н$, который протекает через амперметр Р5.

Трансформатор Т8, который обеспечивает электропитание насоса, имеет 19 витков, расщепленная обмотка W_2^1 и W_2^2 имеет по 20 витков. Часть первичной обмотки выведена наружу для удобства подбора тока насоса. Сопротивление аварийного нагревателя $P_д$ нелинейное (две никелевые ленты в параллель). На нижнем конце этой ленты смонтирован датчик воды на забое. Датчик воды установлен в пазу колонковой трубы на расстоянии 350-400 мм от коронки. При повышении уровня воды на забое выше датчика последний срабатывает, по ленте начинает протекать ток, который регистрируется по приборам контроля (ток снаряда увеличивается примерно на 1,5-2 А, мощность соответственно на 1 кВт, а напряжение падает на 50 В). Таким образом, контроль за работой системы водоподъема осуществляется по силовой цепи.

Техническая характеристика термобурового снаряда ТБС-112 ВЧ:

Снаряд	
Длина общая, м	7
Диаметр, мм	108
Масса, кг	120
Длина керноприемной трубы, м	2-2,2
Диаметр коронки, мм	112-114
Мощность, потребляемая при бурении, кВт	8-10
Средняя скорость бурения, м/ч	3,5-6,0
Длина рейса, м	2-2,2

Для спуска и подъема снаряда использовалось оборудование, состоящее из лебедки каротажного подъемника типа ПК-2, системы Г-Д, электропривода постоянного тока мощностью 10 кВт, гидроэлектротормоза и пульта управления.

Технология бурения включает следующие операции:

I. С п у с к с н а р я д а. От 0 до 26 м выполняется на пониженной передаче со скоростью 1,0-1,3 км/ч, на глубине 25-1495 м на повышенной передаче со скоростью 90-100 м/мин, затем на пониженной передаче при напряжении генератора 200-210 В. При входе в заливочную жидкость включается ТШЧ и поддерживаются следующие значения напряжения, тока и мощности: U = 550 В, I = 7,5 А и P = 3,75-4,0 кВт.

2. Доходка до забоя. Эта операция выполняется с целью дополнительной проработки ствола скважины, в основном для прогрева системы водоподъема и ввода ее в работу. За 3-4 м до забоя скорость спуска снижается. При первой постановке снаряда на забой проверяется цепь электропитания насоса и действие датчика забоя. Затем снаряд поднимается на 3,5-4,0 м над забоем, а мощность электропитания снаряда повышается до 6,5-7,0 кВт, при U = 750÷780 В, I = 9,5÷10,0 А. Спуск начинается на ползущей скорости привода (задатчик скорости в положении „0"). После этой постановки на забой снаряд поднимается на 2,0-2,5 м над забоем и спуск повторяется. Следующий подъем на 1,0-1,2 м над забоем. При постановке снаряда на забой мощность доводится до 8,0-8,5 кВт (U = 800÷820 В, I = = 10,0÷10,5 А). Общее время доходки до забоя 8-10 мин. Время доходки до забоя лимитируется тем, что при последней модернизации системы водоподъема была установлен стальной трубопровод с толщиной стенки 1 мм. Так как ток обогрева протекает тонким слоем (0,1 мм) по наружной поверхности трубопровода, а теплопроводность стали сравнительно низкая, то время прогрева увеличивается. Этот недостаток компенсируется высокой надежностью в работе системы водоподъема.

3. Бурение. После окончания доходки и постановки снаряда на забой тумблер режима работы привода переводится в положение „Автоматическая подача", а мощность снаряда доводится до 8,5-9,0 кВт (U = 840÷860 В, I = 10,5÷11,0 А, ток насоса $J_Н$ = 5,6÷6,8 А). После окончания рейса и заполнения керноприемной трубы керн подплавляется в зоне коронки при той же мощности за 3-4 мин. Затем срабатывает автомат подачи, подавая снаряд на 1,5-2,0 см, что означает, что керн подплавлен и подхвачен ножами.

4. Подъем. После подплавления керна (щелчка автомата подачи) снаряд поднимают на длину рейса и, убедившись, что затяжек нет (керн в трубе), повторяют постановку снаряда на забой с целью гарантии захвата керна. Первые 6-10 м подъем ведется на небольшой скорости, а затем скорость доводится до максимальной (U = 190÷195 В). Время подъема с глубины 2000 м 70-75 мин.

5. Вспомогательные операции. К вспомогательным относятся следующие операции: 1) подъем и фиксирование ножей кернорвательного устройства; 2) извлечение керна; 3) снятие стопора и извлечение водосборного отсека; 4) установка пустого водосборного отсека и фиксирование его в верхнем положении; 5) постановка ножей в исходное положение и проверка крепления коронки; 6) установка гранулы КОН с предварительной зачисткой ее основания от лака; 7) установка счетчика в положение „0" по устью скважины; 8) проверка насоса и приборов контроля тока насоса и датчика забоя.

Для проверки насоса собирается схема, в которой непосредственно в цепь насоса включается эталонный амперметр, показания которого сравниваются с показанием рабочего амперметра. Проверка выполняется на холостом ходу насоса и при погружении насоса в керосин при U = 600 В. Контакты датчика забоя при этом замыкаются (горит красная лампа). После установки

насоса на место проверка повторяется, затем перемычка с датчика забоя снимается, устанавливается крышка электроотсека и кратковременным включением проверяется силовая схема снаряда в целом.

Основные технико-экономические показатели бурения: скорость бурения-плавления 3,7-4,8 м/ч; длина рейса 1,6-2,2 м; диаметр керна 87-90 мм, мощность коронки 4,0-4,5 кВт. Баланс времени рейса в интервале 1600-1700 м; спуск 23-25 мин, бурение 23-26 мин, подъем 60-65 мин, обслуживание снаряда 25-30 мин. Полное время рейса 130-150 мин.

Экспериментальное бурение и испытание разработанного термобурового оборудования с использованием электрической энергии повышенной частоты позволяют сделать следующие выводы:

1) потери электрической энергии в кабеле снижены за счет передачи ее к снаряду под высоким напряжением (800-1000 В) при малых токах (10 А);

2) использование в буровом снаряде понижающих трансформаторов обеспечило простоту, надежность и повышенную работоспособность нагревательных элементов;

3) небольшие диаметр и масса применяемого для передачи электрической энергии грузонесущего кабеля КГ-2-59-90 позволяют использовать для бурения до глубины 4000 м серийное геофизическое спуско-подъемное оборудование с небольшими затратами мощности на привод;

4) достигнута высокая скорость бурения (3,5-6,0 м/ч).