Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXXVI, 1981 г.

УДК 622.243.94

ОПЫТ БУРЕНИЯ-ПЛАВЛЕНИЯ СКВАЖИН, ЗАЛИТЫХ НЕЗАМЕРЗАЮЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ, В АНТАРКТИКЕ И АРКТИКЕ

Э.А.ЗАГРИВНЫЙ, А.А.ЗЕМЦОВ,
Ю.Б.КОНОНОВ, Б.С.МОИСЕЕВ,
П.А.ПЕТУХОВ, А.М.ШКУРКО

В Ленинградском горном институте ведутся работы по созданию техники и технологии глубокого бурения-плавления скважин в ледовых отложениях [4]. На внутриконтинентальной антарктической станции Восток и в научных походах пробурено более 4000 м скважин с полным отбором керна. Накопленный опыт показал, что бурение-плавление „сухих" скважин возможно лишь до глубины 1000 м. Под влиянием горного давления и в силу реологических свойств льда на глубине свыше 500 м происходит быстрое заплывание ствола [3], что вызывает серьезные технологические осложнения и ограничивает глубину бурения.

Для предотвращения заплывания ствола при бурении глубоких скважин советские и зарубежные исследователи работают над созданием технологии и технических средств бурения глубоких скважин, заполненных незамерзающими жидкостями. В качестве заливочных жидкостей использовались арктическое дизельное топливо с добавкой различных утяжелителей, спирт и др. [2, 5, 6].

Разработанный в ЛГИ термобуровой снаряд ТБЗС-152 предусматривает применение в качестве незамерзающей заливочной жидкости авиационного топлива широкой фракции ТС-1 [1]. Впервые снаряд ТБЗС-152 был испытан на станции Восток в период зимовки 20-й Советской Антарктической экспедиции (1974-1975 гг.). Экспериментальные работы на станции Восток показали работоспособность снаряда ТБЗС-152 и правильность выбранного направления совершенствования технологии бурения-плавления глубоких скважин в низкотемпературных ледовых отложениях. В процессе экспериментальных работ было пройдено 308,4 м за 199 рейсов. Средняя механическая скорость составила 2,6 м/ч при мощности коронки-нагревателя 5,5 кВт. Максимальная скорость проходки достигла 3,5 м/ч при той же мощности коронки-нагревателя. Экспериментальные исследования позволили выявить недостатки в работе, низкую надежность отдельных узлов и систем снаряда, а также некоторые особенности в технологии бурения-плавления скважин, залитых незамерзающей жидкостью.

Усовершенствованный снаряд ТБЗС-152М испытывался в летне-осенний период 1977 г. на гляциологическом полигоне „Купол Вавилова". Бурение осуществлялось передвижной буровой установкой, смонтированной на деревянных санях. Спуско-подъемные операции проводились с помощью каротажной лебедки ПК-2, оборудованной электроприводом постоянного тока (Г-Д) мощностью 5 кВт, грузонесущего кабеля КЭМПП-6 и буровой вышки высотой 7,5 м. Энергопитание оборудования и снаряда обеспечивалось от дизель-генераторной установки мощностью 12 кВт, предназначенной для гляциологического стационара.

В период с 1 мая по 16 октября было пройдено три скважины общим метражом 605 м. Первая скважина была остановлена на глубине 91,8 м в связи с необходимостью замены грузонесущего кабеля на лебедке (длина его составила 110 м) и освобождения буровой установки от снежного заноса (снежный покров к этому времени на 1 м возвышался над крышей бурового здания). После освобождения буровой от заноса и перемещения ее на новое место 7 июля 1977 г. было начато бурение второй скважины. Однако в результате сильного таяния снега она при глубине 51,0 м была полностью залита водой, что послужило причиной временной остановки бурения. 9 сентября начато бурение третьей скважины, которая была успешно пройдена до подледниковых пород и 16 октября закончена на глубине 462,2 м.

Из-за недостаточного количества заливочной жидкости (ТС-1), бурение-плавление проводилось при минимальном заполнении ствола скважины (в пределах 15 м над забоем).

Основные показатели бурения-плавления скважин, залитых незамерзающей жидкостью, в Антарктике и Арктике следующие:

	Бурение на станции Восток	Бурение на Северной Земле
Средняя температура ледника, °С	-53	-11
Средняя длина рейса, м	1,55	1,6
Максимальная длина рейса, м	2,2	2,15
Средняя скорость бурения, м/ч	2,3	2,03
Максимальная скорость бурения, м/ч	3,5	4,9
Электрическая мощность коронки, кВт	5,0	2,50
Мощность обогрева системы водоподъема, кВт	4,35	1,87
Мощность обогрева водоподъемных трубок на единицу длины, Вт/м	120	47
Мощность обогрева водосборного бака на единицу высоты водяного столба, кВт/м	1,5	0,99
Выход керна, %	93	99
Диаметр керна, мм	110	110
Количество протаянной воды, л/м	10,9	10,0

Температура воды, °С	+6÷7	+5÷6
Средняя скорость на единицу мощности, м/кВт	0,44	0,93

В результате экспериментальных работ на Северной Земле была получена средняя механическая скорость 2,03 м/ч при мощности коронки-нагревателя 2,5 кВт. При такой же мощности в отдельных случаях была достигнута скорость до 4,0 м/ч и более. Весь объем бурения на Северной Земле был проведен одной коронкой-нагревателем, изготовленной из двух ТЭНов, залитых в медном корпусе. Для более высокой надежности коронки электропитание осуществлялось по двум независимым цепям (см.рисунок).

В процессе бурения скважин как на Северной Земле, так и на станции Восток имели место осложнения, приводившие к нарушению технологического процесса проходки скважин. Характерными осложнениями при бурении на станции Восток были частые выходы из строя системы обогрева, перегорание коронок-нагревателей, а также загрязнение забоя, вызываемое попаданием в скважину кусочков изоленты, применяемой для изоляции электрических соединений, ржавчины со стенок обсаженной трубами части скважины, обломков ножей кернорвателя, отколовшихся в процессе срыва керна, механических примесей в заливочной жидкости. Эти осложнения приводили к прекращению процесса или к резкому снижению скорости бурения, требовали специальных мер по очистке забоя.

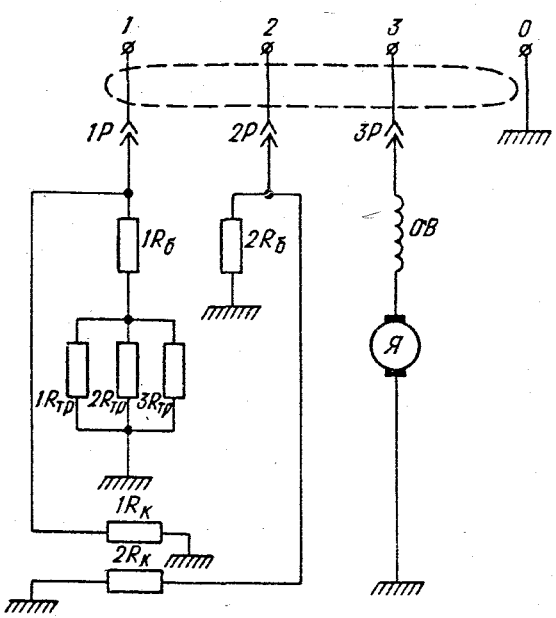


Схема соединений силовых цепей снаряда ТБЗС-152М:
$1R_б$, $2R_б$ – нагреватели водосборного бака;
$1R_{тр}$ – $3R_{тр}$ – нагреватели водоподъемных трубок;
$1R_к$, $2R_к$ – нагреватели коронки; $1R$ – $3P$ – штекерные разъемы; ОВ – обмотка возбуждения насоса; Я – якорь

Наиболее серьезным осложнением является образование в призабойной зоне шуги, причина возникновения которой до конца не выяснена, но вполне очевидно отрицательное влияние таких факторов, как возможное неполное разделение воды и заливочной жидкости в водосборном баке, выпадение парафина и влаги из заливочной жидкости при ее охлаждении во время перерывов в бурении и простоев и др. Наличие шуги в призабойной зоне, очевидно, явилось причиной аварии на станции Восток на глубине 450,4 м, ликвидировать которую не удалось, в связи с чем дальнейшее бурение скважины было прекращено.

Такие осложнения, как загрязнение забоя различными материалами, характерны и для бурения на Северной Земле. Кроме того, типичными для условий Се-

верной Земли осложнениями явились обильное снеготаяние в летний период и заполнение скважины водой, для предотвращения которого необходима обязательная обсадка трубами устья скважины, наличие на отдельных горизонтах (429,9-431,8 м) включений глины и песка, занесенных, возможно, сильными ветрами, что резко снижало скорость бурения и вызывало интенсивное заплывание ствола скважины в интервале от 350 м до подледниковых пород. Последнее вызвано отсутствием необходимого количества заливочной жидкости для создания гидростатического противодавления.

В целом экспериментальные работы на станции Восток и гляциологическом стационаре „Купол Вавилова" дали обширный материал для дальнейшего совершенствования технических средств и технологии бурения скважин, заполненных незамерзающей жидкостью.

Выводы

1. Опыт бурения скважин на станции Восток и Северной Земле подтверждает перспективность теплового способа бурения-плавления глубоких скважин во льдах с применением в качестве незамерзающей заливочной жидкости авиационного топлива широкой фракции ТС-1.

2. Конструктивная схема термобурового снаряда ТБЗС-152 работоспособна для условий проходки скважин, залитых незамерзающей жидкостью.

3. Усовершенствованный термобуровой снаряд ТБЗС-152М отличается повышенной надежностью узлов и систем. Практически весь объем бурения на Северной Земле (605,0 м) выполнен без замены отдельных элементов снаряда.

4. Система удаления талой воды, используемая в снаряде ТБЗС-152М, обеспечивает нормальный технологический процесс бурения при скоростях до 5 м/ч и хорошее разделение жидких фаз (вода - керосин) в водосборном баке.

5. Для предотвращения загрязнения забоя скважины все детали снаряда желательно изготавливать из нержавеющего материала или с применением защитного антикоррозийного покрытия.

6. Топливо при заливке необходимо фильтровать.

7. Удельная мощность обогрева водоподъемных трубок для станции Восток должна быть не менее 120 Вт/м, для Северной Земли - не менее 45 Вт/м, мощность обогрева в водосборном баке для станции Восток - не менее 1,5 кВт на метр проектной высоты водяного столба, для Северной Земли - не менее 1 кВт. Для уменьшения теплопотерь, а следовательно и энергозатрат, внутреннюю поверхность водосборного бака целесообразно теплоизолировать.

8. Совершенствование технических средств и технологии бурения-плавления для достижения конечной цели - глубины 4000 м необходимо вести в следующих направлениях:

а) повышение удельной мощности коронок-нагревателей как за счет повышения электрической мощности, так и путем уменьшения ширины кольцевого забоя;

б) уменьшение диаметра снаряда, что в свою очередь приведет к снижению скорости заплывания скважины на больших глубинах под действием горного давления;

в) совершенствование конструкции грузонесущего кабеля с целью уменьшения его диаметра, повышения надежности токоведущих жил и обеспечения возможности бурения глубоких скважин на существующем спуско-подъемном оборудовании;

г) разработка новых конструктивных схем снарядов, снабженных надежными антиаварийными системами, исключающими опасность примораживания снаряда и обрыва кабеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов А.Ф. Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости. Л., Транспорт, 1965.

2. Вторая континентальная экспедиция 1956-1958 гг. Научные результаты / Под редакцией А.Ф.Трешникова. Л., Морской транспорт, 1960, т. 8.

3. Дмитриев Д.Н., Вострецов Р.Н., Петухов И.А. Деформация стенок скважины в Антарктическом ледниковом покрове на станции Восток. - Инф. бюлл. САЭ, 1978, № 98.

4. Кудряшов Б.Б., Чистяков В.К., Бобин Н.Е. Бурение скважин тепловым способом в ледниковом покрове Антарктиды. М., изд. ОНТИ ВИЭМС, 1977.

5. Ueda H.T. and Garfield D.E. USA, TSC. Special Report 126, 1968.

6. Ueda H.T. and Garfield D.E. International Simposium on Antarctic Glaciological exploration (ISAGE). Hanover ne Hampshire, USA, 3-7 sept. 1968. Cambrige pub. N 86 ot JASH, 1970.