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

УДК 550.832.6

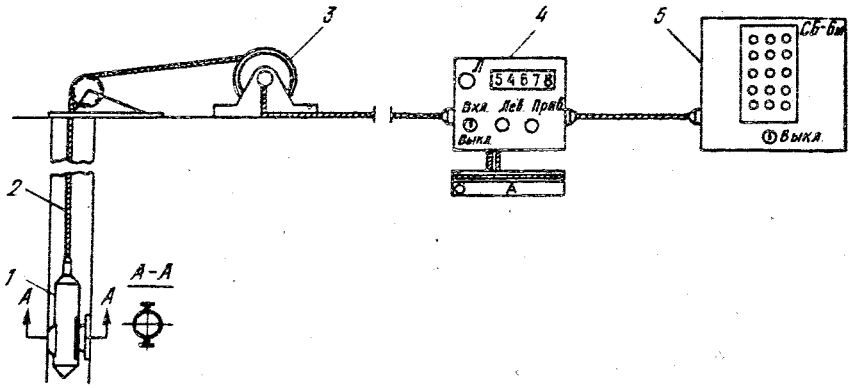
ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ СТЕНОК СКВАЖИНЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИНАМИКИ КРУПНЫХ ЛЕДЯНЫХ МАССИВОВ

Д.Н.ДМИТРИЕВ, В.Г.ТЕРЕНТЬЕВ

При оценке реологических свойств льда в крупных ледяных массивах, основными экспериментальными данными являются сведения об изменении во времени диаметра пробуренных скважин. Определение деформации стенок скважины возможно двумя способами: многократным сопоставлением измерений диаметра, проведенных через определенные интервалы времени (кавернометрия) и непосредственным измерением деформации стенок скважины во времени (деформометрия). Первый способ, реализованный в период работы 18-20-й САЭ с помощью серийных каверномеров СКС-4 и КМ-I [I], показал необходимость разработки высокоточной аппаратуры, позволяющей проводить непосредственные измерения деформации в относительно малые промежутки времени.

С этой целью Отделом антарктических исследований ЛГИ был разработан, изготовлен, а в 1976-1977 гг. испытан в Антарктике на станции Восток скважинный деформомер ДСС-I [3]. В деформомере (см.рисунок) использован струнный датчик, разработанный во ВНИМИ и предназначенный для измерения малых величин деформации в штольнях и горных выработках [2]. Принцип работы датчика основан на изменении частоты собственных колебаний струны, жестко закрепленной в упругой металлической рамке, от натяжения, возникающего при сжатии рамки в поперечном направлении. Длительность периодов колебания струны ($n \cdot 10^{-6}$ с) измеряется с помощью наземного пульта регистрации СБ-6М.

Поскольку уже в 1975 г. отмечалось значительное изменение диаметра скважины с глубиной вследствие деформации ее стенок (от 70 мм на глубине 780 м до 180 мм на глубине 200 м), диаметр скважинного снаряда был сведен к минимальному - 109,7 мм и определялся размерами датчика и вспомогательных механизмов. Блок коммутации прибора обеспечивает нормированное дистанционное раскрытие подвижного упора датчика на заданной глубине до надежного контакта со стенками скважины с шагом 0,77 мм на один оборот электродвигателя в диапазоне диаметров 109,7-125 мм. Для расширения указанного диапазона могут быть использованы специальные накладные экраны, увеличивающие начальный диаметр прибора.



Блок-схема измерения скважинным деформомером
1 – скважинный снаряд; 2 – кабель-трос; 3 – лебедка; 4 – панель контроля и коммутации; 5 – регистратор-частотомер СБ-6М

Скважинный деформомер ДСС-I позволяет измерять линейную деформацию в точке наблюдения величиной от 0 до 0,7 мм с точностью $\pm 10^{-3}$ мм. Тарировка деформомера проводилась на специально изготовленном стенде, на котором определялась зависимость изменения периода колебания струны от линейного сжатия датчика и нагрузки, создаваемой рамкой прибора на стенки скважины в процессе их деформации.

Было установлено, что при деформации датчика в диапазоне от 0,02 до 0,07 мм нагрузка на рамку возрастает от 117,7 до 637 Н. Для уменьшения воздействия упругих сил рамки датчика на стенки скважины площадь подвижного упора скважинного снаряда была доведена до 140 $см^2$, что при условии хорошего контакта обеспечивало максимальную нагрузку на измеряемой поверхности не более 49 кПа.

Эксперимент, проведенный с раскрытым деформомером на ледяной модели скважины, т.е. при отсутствии внешнего давления, показал, что в течение месяца период колебаний струны не изменился, т.е. при данной площади упора воздействия упругих сил рамки на стенки скважины практически не наблюдалось.

Тарировка деформомера проводилась перед каждой установкой в скважине при температуре от -45 до -55 °С, т.е. в условиях, максимально приближенных к реальным. Изменение температуры в указанном диапазоне практически не отражалось на чувствительности датчика, которая в среднем оказалась равной 0,006 на 10^{-6} с.

Перед установкой прибора в скважине по данным кавернометрии определялся диаметр, ожидаемый в точке измерения, и интервал, минимально осложненный кавернами. При необходимости с помощью накладного экрана и калиброванных шайб диаметр прибора с полностью закрытым подвижным упором доводился до нужной величины. После тарировки деформомер опускался на заданную глубину и выдерживался там 3-4 ч до принятия датчиком температуры окружающей среды. В журнале регистрировался отсчет, соответствующий периоду колебания струны в свободном состоянии, затем с помощью двигателя

РД-9 подвижный упор датчика выдвигался до соприкосновения со стенкой скважины, о чем свидетельствовало изменение частоты колебаний струны. Диаметр скважины на заданной глубине вычислялся по формуле $d = 109{,}7 + 0{,}77n$ (здесь 109,7 мм - начальный диаметр деформомера; n - число оборотов двигателя).

В период с 14 сентября по 2 октября 1976 г. деформомер был установлен в скважине I-2-бис на глубине 758 м (максимально доступная глубина при минимальном диаметре каверномера). Диаметр скважины на этой глубине составлял 111,2 мм. Измерения производились через равные промежутки времени (сутки). За 16 суток диаметр скважины уменьшился на 0,9 мм, что соответствует скорости заплывания 0,05 мм в сутки.

С 7 по 29 июня 1977 г. деформомер был установлен на глубине 694 м, где был зарегистрирован начальный диаметр скважины, равный 115,2 мм. За 21 день отсчет изменился с $962 \cdot 10^{-6}$ до $849 \cdot 10^{-6}$ с, что соответствует уменьшению диаметра на 0,68 мм и скорости деформации на этой глубине 0,032 мм в сутки.

В период с 14 июля по 6 августа 1977 г. деформомер был установлен на глубине 602,5 м, начальный диаметр скважины в точке измерения 144,4 м. За 22 дня было зарегистрировано уменьшение отсчета с $955 \cdot 10^{-6}$ до $925 \cdot 10^{-6}$ с, что соответствует уменьшению диаметра скважины на 0,225 мм и скорости деформации 0,01 мм в сутки.

Скорость деформации ε стенок скважины I-2-бис по данным деформометрии (в числителе) и кавернометрии (в знаменателе) [1] имеет следующие значения:

Глубина, м	600	700	800
ε, мм/сутки	0,010/0,015	0,032/0,030	0,050/0,040

Испытания скважинного деформомера ДСС-I показали принципиальную возможность получения данных о величине скорости деформации стенок скважин, пробуренных в мощных ледяных массивах, в относительно короткие промежутки времени (10-30 дней). В отличие от кавернометрии применение скважинного деформомера типа ДСС-I позволяет получить представление о характере изменения диаметра скважины с глубиной и во времени в условиях нескомпенсированного гидростатического давления в начальный период после окончания бурения, что имеет большое практическое значение при разработке технологии бурения глубоких скважин в мощных ледниковых покровах.

Учитывая возможную анизотропию деформации стенок скважины, связанную с особенностью распределения напряжений ледниковой толщи в районе станции „Восток", в Отделе антарктических исследований ЛГИ разрабатывается деформомер-инклинометр с тремя датчиками, расположенными под углом 120° друг к другу. Такой прибор позволит проводить ориентированные измерения деформации стенок скважины в различных направлениях, что существенно расширит информацию о динамическом режиме ледникового покрова центральной части Антарктиды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев Д.Н., Вострецов Р.Н., Петухов И.А. Деформация стенок глубокой скважины в антарктическом ледниковом покрове на станции Восток - Информ. бюлл. САЭ. 1978, № 98.

2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации скважинного деформомера ДСС-1. Л., изд. ААНИИ, 1976.

3. Техническое описание по струнным датчикам. Л., изд. ВНИМИ, 1975.