

## Системы геотехнического мониторинга. Вопросы и решения

Рассмотрены варианты организации измерения температуры крупных объектов и температурного мониторинга грунтов как частный случай. Оценено влияние различных факторов на выбор варианта организации температурного мониторинга, предложены некоторые варианты решения

# В

**В.А. Флорин**

ведущий инженер СКБ ОАО НПП  
«Эталон»,  
г. Омск, fgup@omsketalon.ru

настоящее время существует ряд задач, для успешного решения которых требуется измерение температуры крупных объектов. Среди них: безопасность функционирования гидросооружений и объектов на территориях многолетнемерзлых грунтов, безопасность хранения зерна в зернохранилищах и т.п.

Освоение нефтегазодобывающими предприятиями Восточной Сибири повышает актуальность задачи обеспечения безопасности функционирования объектов на территориях многолетнемерзлых грунтов.

Деградация мерзлых пород приводит к резким изменениям состояния оснований и фундаментов, поскольку прочностные и деформационные свойства грунтов напрямую зависят от температуры. К числу опасных трансформаций криогенных грунтов относится образование термокарста, термоэрозия, растепление, заболачивание. Для контроля состояния грунтов проводят геотехнический мониторинг, в состав которого входят наблюдения за температурным и гидрогеологическим состоянием грунтов.

В статье автор рассматривает возможные варианты организации геотехнического мониторинга с выбором оборудования для их осуществления. Стоит отметить, что варианты организации геотехнического мониторинга справедливы и для организации измерения температуры других крупных объектов.

Доступность объекта измерения, длительность измерения, периодичность измерения, периодичность анализа результатов измерений, затраты на поддержание в рабочем состоянии — основные факторы, влияющие на выбор варианта организации геотехнического мониторинга. Остановимся на каждом из них.

### **Доступность объекта измерений.**

Под доступностью в данном случае подразумеваются затраты на доставку приборов к объекту измерения. Очевидно, что в случае удаленного расположения термометрических скважин доступность будет низкой. Примерами низкой доступности объектов измерения являются термометрические скважины на протяженных нефте- и газопроводах, скважины вдоль полотна железной дороги, удаленные участки добычи и т.п.

**Длительность измерения** — время, необходимое для подготовки объекта и проведения измерения. В длительность измерения обязательно входит время, необходимое для стабилизации тепловых процессов внутри термометрической скважины после монтажа термокосы (время выдержки). Для одиночных скважин, как правило, время монтажа термокосы меньше времени выдержки.

**Периодичность измерения** — временной интервал между измерениями. Принципиально на выбор варианта организации мониторинга влияет необходимость проведения измерения через короткие промежутки времени по сравнению со временем доставки исполнителя к объекту измерения. В случае когда время доставки больше или сопоставимо с периодичностью измерений, рекомендуется использовать логгеры (измерители с функцией регистрации результатов измерений), а в случае ответственных объектов — автоматизированные системы.

**Периодичность анализа результатов измерений** — промежуток времени, в течение которого обобщаются результаты измерений и составляются отчеты. Как правило, данный параметр определяется регламентами. Так, например, варианты решения по орга-

### **ключевые слова**

температурный мониторинг,  
геотехнический мониторинг,  
термокоса, контроллер цифровых  
датчиков температуры, логгер

низации геотехнического мониторинга для периодичности анализа один раз в месяц или один раз в два года при периодичности измерений один раз в месяц в обоих случаях будут разными.

**Затраты на поддержание в рабочем состоянии** — затраты на поверку средств измерения, ремонт и замену отказавших приборов. С увеличением парка приборов затраты на поддержание в рабочем состоянии растут пропорционально величине парка.

Рассмотрим некоторые варианты организации измерений с учетом основных влияющих факторов

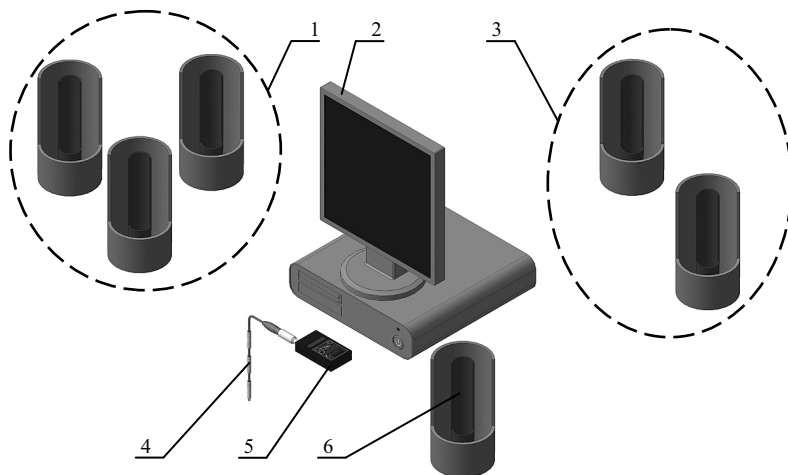
### Одна термокоса + один портативный прибор

Это самый простой вариант, сокращенно «МЦДТ + ПКЦД». Пример такой системы изображен на рис. 1.

При этом варианте организации измерения термокоса перед каждым измерением монтируется в скважину, выдерживается до начала измерения и демонтируется по окончании измерения. Результаты измерений фиксируются в памяти прибора и обрабатываются на ПК при помощи программы, входящей в комплект прибора. Исполнение термокосы выбирается исходя из состояния объекта, расстояния между точками замера температуры, количества точек измерения, необходимости измерения в скважинах разной глубины и удобства работы.

Состояние объекта определяет тип применяемой термокосы. Для сухих скважин (или других объектов измерения, где измерение проводится в отсутствие жидкости) рекомендуется МЦДТ 0922, в противном случае МЦДТ 1201. МЦДТ 1201 отличаются типом пыле- и влагозащиты, наличием устойчивости к внешнему давлению жидкости, наличием взрывозащиты и большей инерционностью.

Расстояние между точками замера температуры и количество датчиков выбирается исходя из поставленной задачи. Наше предприятие выпускает МЦДТ различных конструктивных исполнений.

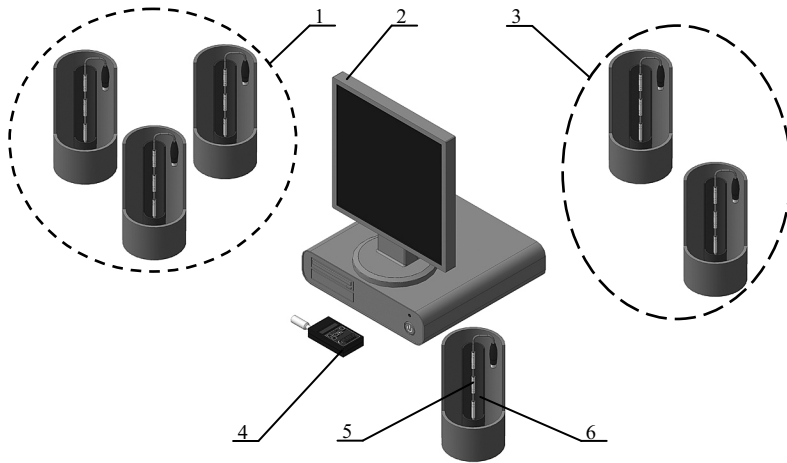


Для оптимизации парка приборов и снижения затрат на обслуживание необходимо выбирать расстояние между датчиками и количество датчиков таким образом, чтобы выбранное исполнение позволяло произвести измерение максимального числа объектов.

Возможность измерения температуры грунта в скважинах разной глубины обеспечивается расстоянием от первого датчика до разъема. Имея необходимый запас длины кабеля, можно производить измерения в более глубоких скважинах путем погружения измерительной части термокосы до нужной глубины. Длительность измерения при этом, соответственно, возрастет.

Описанный вариант «одна термокоса + один портативный прибор» по основным факторам, влияющим на выбор варианта организации измерения, характеризуется: низкой доступностью объекта измерения (необходимо доставлять исполнителя и приборы к каждому объекту перед каждым измерением); высокой длительностью измерения (необходимо выдерживать термокосу после монтажа); высокой периодичностью измерения (перед каждым измерением необходимо доставить исполнителя и приборы к объекту, произвести монтаж и выдержку термокос); высокой периодичностью анализа результатов измерений (позволяет анализировать результаты только после окончания измерений); низкими затратами на поддержание в рабочем

**Рис. 1.** Вариант «МЦДТ + ПКЦД»: 1, 3 — групповые объекты; 2 — ПК (ПО «Viper»); 4 — МЦДТ 0922; 5 — ПКЦД 1/100; 6 — одиночный объект



**Рис. 2.** Вариант «МЦДТ-*n* + ПКЦД»:

- 1, 3 — групповые объекты;
- 2 — ПК (ПО «Viper»);
- 4 — ПКЦД 1/100;
- 5 — МЦДТ 0922;
- 6 — одиночный объект

состоянии (малое количество приборов, подлежащих поверке).

Длительность измерения для нескольких скважин, расположенных рядом, можно уменьшить за счет увеличения количества применяемых термокос (затрат на поддержание в рабочем состоянии). В то время как выдерживается одна термокоса, монтируется следующая.

### Много термокос + один портативный прибор

Пример подобной системы показан на рис. 2. Это следующий по сложности вариант организации измерения с сокращением «МЦДТ-*n* + ПКЦД».

При таком варианте организации измерения термокосы монтируются в скважины стационарно и демонтируются по окончании мониторинга или по окончании межповерочного интервала.

Результаты измерений фиксируются в памяти прибора и обрабатываются на ПК при помощи программы, входящей в комплект прибора. Конструктивное исполнение термокос выбирается под конкретный объект.

Длительность измерения при этом варианте значительно сокращается за счет отсутствия необходимости монтажа, выдержки термокос после монтажа и демонтажа. Затраты на поддержание в рабочем состоянии при этом растут пропорционально количеству объектов измерения. При достаточно большом количестве термокос и небольшом, по сравнению с длительностью поверки, периоде измерений возникает необходимость организации обменного фонда.

Описанный вариант «много термокос + один портативный прибор» по основным факторам, влияющим на выбор варианта организации измерения, характеризуется: низкой доступностью объекта измерения (необходимо доставлять исполнителя и прибор к каждому объекту перед каждым измерением); низкой длительностью измерения (достаточно только подключить портативный прибор); высокой периодичностью измерения (для проведения измерения необходимо доставить исполнителя и прибор к объекту); высокой периодичностью анализа результатов измерений (позволяет анализировать результаты только после окончания измерений); средними затратами на поддержание в рабочем состоянии (больше, чем вариант «одна коса + один прибор», но меньше остальных).

### Много термокос + много логгеров

Сокращенное название следующего по сложности варианта организации измерения — «МЦДТ-*n* + ЛЦД-*n*» (см. рис. 3).

При таком варианте организации измерения термокосы монтируются вместе с логгерами в скважины стационарно и демонтируются по оконча-

**Рис. 3.** Вариант «МЦДТ-*n* + ЛЦД-*n*»:

- 1 — групповой объект;
- 2 — ПК;
- 3 — МЦДТ 0922;
- 4 — ЛЦД 1/100

