

# СИСТЕМЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА. ВОПРОСЫ И РЕШЕНИЯ

**В. А. ФЛОРИН** – Ведущий инженер СКБ ОАО НПП «Эталон»

*В статье рассмотрены варианты организации измерения температуры крупных объектов и, как частный случай, температурного мониторинга грунтов. Оценено влияние различных факторов на выбор варианта организации температурного мониторинга и предложены варианты решения задач температурного мониторинга с использованием приборов, производимых ОАО НПП «Эталон».*

**В** настоящее время существует ряд задач для успешного решения которых требуется измерение температуры крупных объектов. Это такие задачи как безопасность функционирования объектов на территориях многолетнемерзлых грунтов, безопасность функционирования гидросооружений, 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.

Целью данной статьи является рассмотрение возможных вариантов организации геотехнического мониторинга и выбор 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.

**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 организации 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 варианты организации измерения с учетом основных влияющих факторов.

Самый простой вариант – «**одна термокоса + один портативный прибор**» («МЦДТ\*1+ПКЦД») (рис. 1).

При таком 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 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. ОАО НПП «Эталон» выпускает МЦДТ различных конструктивных исполнений. Вид конструктивного исполнения выбирается при заказе термокосы.

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 разьема. 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, возрастает.

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 состоянии (малое количество приборов подлежащих проверке).

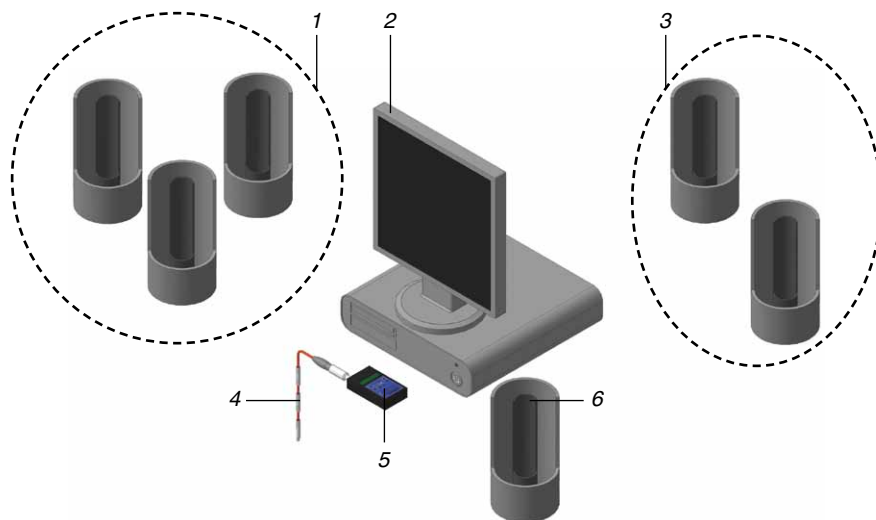


Рис. 1. Вариант «МЦДТ\*1+ПКЦД»  
1,3 – групповые объекты; 2 – ПК (ПО «Viper»); 4 – МЦДТ 0922;  
5 – ПКЦД 1/100; 6 – одиночный объект

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

Следующий по сложности вариант организации измерения – «**много термокос + один портативный прибор**» («МЦДТ\*n+ПКЦД») (рис. 2). При таком варианте организации измерения термокосы монтируются в скважины стационарно и демонтируются только 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, периодом 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).

Следующий по сложности вариант организации измерения – «**много термокос + много логгеров**» («МЦДТ\*n+ЛЦД\*n») (рис. 3).

При таком варианте организации измерения термокосы монтируются вместе с логгерами в скважины стационарно и демонтируются по окончании мониторинга или по окончании межповерочного интервала. Результаты измерений фиксируются логгером на карту памяти типа micro SD и обрабатываются на ПК при помощи программы, входящей в комплект прибора. Конструктивное исполнение термокос выбирается под конкретный объект.

Доступность объекта измерения, в этом случае, значительно растет за счет постоянного подключения логгера к термокосу. Длительность измерения, при этом, остается малой. Затраты на поддержание в рабочем состоянии растут за счет увеличения количества приборов, применяемых для считывания и хранения результатов измерений. Необходимость организации обменного фонда относится уже не только к термокосам, но и к логгерам.

Описанный вариант «много термокос + много логгеров» по основным факторам, влияющим на выбор варианта организации измерения, характеризуется: высокой доступностью объекта измерения (логгер подключен постоянно); низкой длительностью измерения (практически только время опроса термокосы); низкой периодичностью измерения (прибор подключен к термокосу на весь период мониторинга), высокой периодичностью анализа результатов измерений (позволяет анализировать результаты только после окончания всех измерений), высокими затратами на поддержание в рабочем состоянии (больше чем все рассмотренные ранее варианты).

Несмотря на очевидные преимущества данного варианта организации, периодичность анализа является высокой также из-за необходимости считывания результатов измерений с карт памяти логгеров. Удаленность объектов мониторинга будет неизменно увеличивать возможную периодичность анализа результатов.

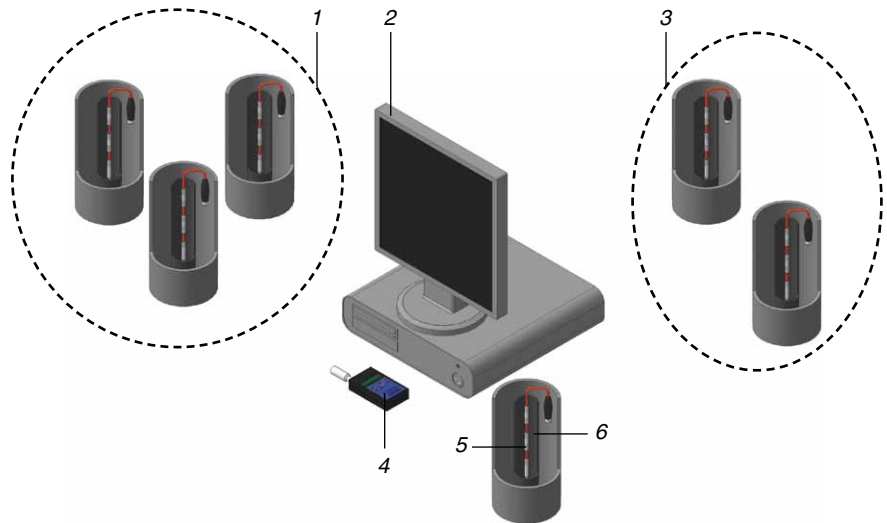


Рис. 2. Вариант «МЦДТ\*n+ПКЦД»  
1,3 – групповые объекты; 2 – ПК (ПО «Viper»); 4 – ПКЦД 1/100;  
5 – МЦДТ 0922; 6 – одиночный объект

Для решения этой проблемы специалистами ОАО НПП «Эталон» разрабатывается исполнение логгера со встроенным радиомодемом. Применение радиоканала 433 МГц и модемов мощностью менее 10 мВт позволит использовать такие логгеры без лицензирования. Портативный и стационарный приборы, в свою очередь, позволят производить считывание результатов измерения без демонтажа логгеров. Одним из примеров применения такого набора беспроводных приборов может быть считывание результатов измерений стационарным коммуникатором РМ 433, установленным на передвижном объекте, с логгеров ЛЦД 1/100 РМ 433, смонтированных на скважинах вдоль полотна железной дороги.

Следующий по сложности вариант организации измерения – «**система температурного мониторинга**» («СТМ»). (рис.4). При таком варианте организации измерения термокосы монтируются стационарно и подключаются к стационарным контроллерам. К одному контроллеру может быть подключено от 1 до 6 термокос, общим числом датчиков – до 200 (в случае СКЦД 6/200) или одна термокоса, общим числом датчиков – до 100 (в случае СКЦД 1/100).

Контроллеры связаны между собой кабелем UNITRON, обеспечивающим электропитание и линию связи RS 485. Наличие постоянного электропитания и режима подогрева позволяет эксплуатировать СКЦД при температурах от -60°C. Устройство распределительное преобразует интерфейс RS 485 в USB. Результаты измерений передаются на ПК в режиме реального времени и обрабатываются при помощи программы, входящей в комплект системы.

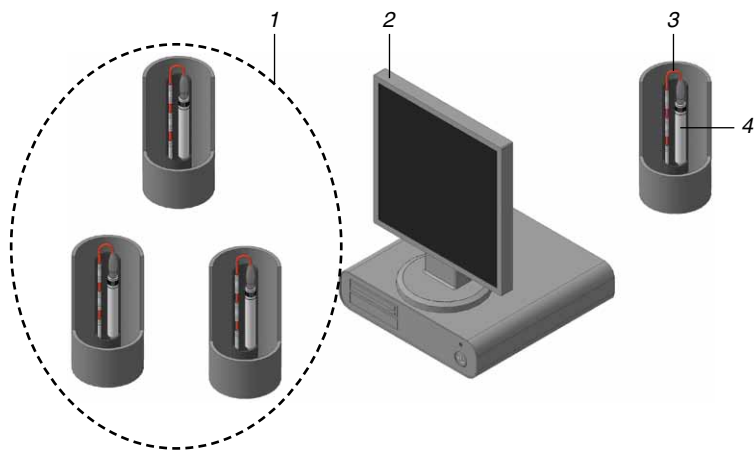


Рис. 3. Вариант «МЦДТ\*n+ЛЦД\*n»  
1 – групповой объект; 2 – ПК; 3 – МЦДТ 0922; 4 – ЛЦД 1/100

Конструктивное исполнение термокос выбирается под конкретный объект.

Допускается подключение в систему и даже к одному СКЦД 6/200 термокос типа МЦДТ 0922 и МЦДТ 1201 в произвольном порядке.

Доступность объекта измерения, в этом случае, минимальна (термокосы постоянно подключены к системе). Длительность измерения также низкая (определяется скоростью обмена), а затраты на поддержание в рабочем состоянии – максимальны, вследствие увеличения количества приборов. Необходимость организации обменного фонда относится уже ко всем приборам.

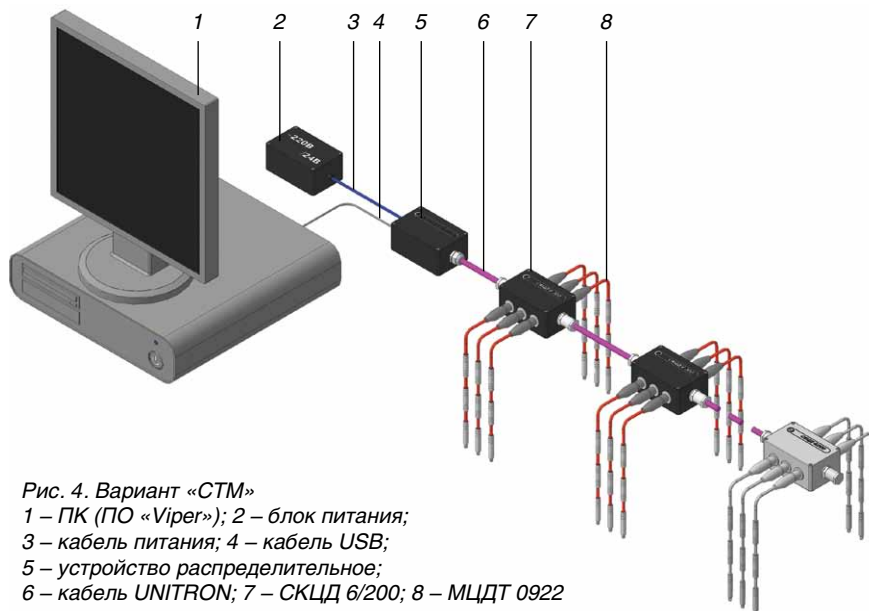


Рис. 4. Вариант «СТМ»  
 1 – ПК (ПО «Viper»); 2 – блок питания;  
 3 – кабель питания; 4 – кабель USB;  
 5 – устройство распределительное;  
 6 – кабель UNITRON; 7 – СКЦД 6/200; 8 – МЦДТ 0922

Таблица 1.

Периодичность анализа результатов	Доступность объекта измерения	Длительность измерения	Затраты на поддержание в рабочем состоянии	Периодичность измерения	Варианты организации измерения
высокая	низкая	высокая	min	высокая	«МЦДТ*1+ПКЦД»
высокая	низкая	низкая	низкие	высокая	«МЦДТ*n+ПКЦД»
высокая	высокая	min	высокие	min	«МЦДТ*n+ЛЦД*n»
низкая	высокая	min	max	min	«СТМ»

Описанный вариант «Система температурного мониторинга» по основным факторам, влияющим на выбор варианта организации измерения, характеризуется: высокой доступностью объекта измерения (термокосы включены в систему постоянно); низкой длительностью измерения (практически только время опроса термокосы); низкой периодичностью измерения (практически только время опроса термокосы), низкой периодичностью анализа результатов измерений (режим реального времени), высокими затратами на поддержание в рабочем состоянии (больше, чем все рассмотренные ранее варианты).

Применение коммуникатора РМ 433 и логгеров со встроенным радиомодемом позволит соединить в систему термокосы, подключенные к логгерам с радиомодемом, что позволит объединить удаленные термокосы и термокосы, смонтированные в труднодоступных местах.

Существенное влияние на затраты на поддержание в рабочем состоянии, с увеличением парка приборов, начинает оказывать длительность поверки приборов. Организацией и оснащением поверочных лабораторий на местах можно сократить длительность поверки. ОАО НПП «Эталон», являясь производителем метрологического оборудования

для поверки средств измерения температуры, выпускает оборудование, необходимое для поверки вышеуказанных приборов.

Подводя итог, сведем информацию по основным факторам, влияющим на выбор варианта организации измерения по каждому из предложенных вариантов в табл. 1.

Оценивая влияние основных факторов, можно подобрать наиболее эффективный вариант организации. Например, осуществляя выбор варианта по столбцам табл. 1 слева направо. В случае когда решения найти не удалось, необходимо сгруппировать объекты по степени влияния основных факторов и искать решение для каждой группы в отдельности.

В заключение хочется акцентировать внимание на том, что проведение температурного мониторинга не только техническая, но и организационная задача. Невозможно оптимальное проведение измерения без принятия организационных решений. Так, например, решение о необходимости обменного фонда приборов и его величине для каждого типа приборов или решение о необходимости организации поверочной лаборатории – организационные задачи, без решения которых невозможно оптимизировать затраты на проведение измерений и поддержания парка измерительной техники в рабочем состоянии. ●