

## **К ВОПРОСУ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВЛИЯНИЯ НА ПОКАЗАНИЯ ДАТЧИКОВ УГЛА НАКЛОНА В ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

*Дмитрий Васильевич Барышников*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, научный сотрудник лаборатории диагностики механического состояния массива горных пород, тел. (383)291-90-89, e-mail: v-baryshnikov@yandex.ru

*Владислав Генрихович Качальский*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории диагностики механического состояния массива горных пород, тел. (905)937-22-85, e-mail: kwg@ngs.ru

Выполнена экспериментальная оценка величины изменения показаний датчиков угла наклона в инклинометрической системе при изменении температуры внутри зонда. Анализ результатов лабораторных исследований позволил установить зависимость показаний углов наклона от температуры внутри зонда.

**Ключевые слова:** датчик угла наклона (инклинометр), инклинометрический зонд, температура, погрешность.

## **THERMAL EFFECT ON TILT SENSOR READINGS IN THE INCLINOMETER SURVEY SYSTEM**

*Dmitriy V. Baryshnikov*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Researcher, Laboratory for Mechanical Condition Diagnostics in Rock Mass, phone: (383)291-90-89, e-mail: d-baryshnikov@yandex.ru

*Vladislav G. Kachalsky*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Senior Researcher, Laboratory for Mechanical Condition Diagnostics in Rock Mass, phone: (905)937-22-85, e-mail: kwg@ngs.ru

The change of the tilt sensor readings under temperature variation inside the probe in the inclinometer survey system is estimated by experiment. The analysis of the lab test results yields the temperature dependence of the readings on tilt angles.

**Key words:** sensor angle (inclinometer), inclinometric probe, temperature error.

### ***Введение***

Разработанный в ИГД СО РАН метод инклинометрии [1] успешно применяется для контроля сдвижений закладочного массива на рудниках АК «Алроса» (ПАО) и основан на регистрации изменения профиля контрольной обсаженной скважины, оборудованной в закладочном массиве [2].

В работе [3] выполнен анализ погрешности определения вертикальных сдвижений массива в результате неточной установки зонда в точку отсчета и ошибки показаний датчика угла наклона, определенной заводом-изготовителем, которая составляет 1 мм/м. Также в технической спецификации к датчику [4] указан температурный дрейф по напряжению. Различие температур массива, в котором оборудована станция инклинометрических наблюдений (СИН) и шахтного воздуха может привести к дрейфу показаний при производстве измерений.

Для определения температурного дрейфа в лабораторных условиях выполнены исследования изменений показаний инклинометра с момента включения измерительного комплекса до установления стабильных его показаний при температурах 21 °С (рисунок, а), 4°С (рисунок, б), а также при охлаждении зонда с 21 до 4° С (рисунок, в) с автоматической регистрацией показаний через каждые 4 с. Для определения температуры внутри зонда дополнительно установлен цифровой датчик температуры DS18B20 [5] с диапазоном измерения от –10 до +85 °С и точностью  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ .

Полученные результаты позволили установить время саморазогрева (стабилизация показаний инклинометра) электрической части инклинометрического комплекса, которое составило 30 мин. При этом изменения показаний инклинометра составили при внешней температуре:

- а. 21 °С – около 0.02 град. (1.2 мин.);
- б. 4 °С – около 0.01 град. (0,6 мин.);
- в. при 21 °С → 4 °С – около 0,075 град (4.5 мин.).

После саморазогрева показания инклинометра за последующие 30 мин. (что примерно составляет среднее время шахтных измерений) изменяются в пределах:

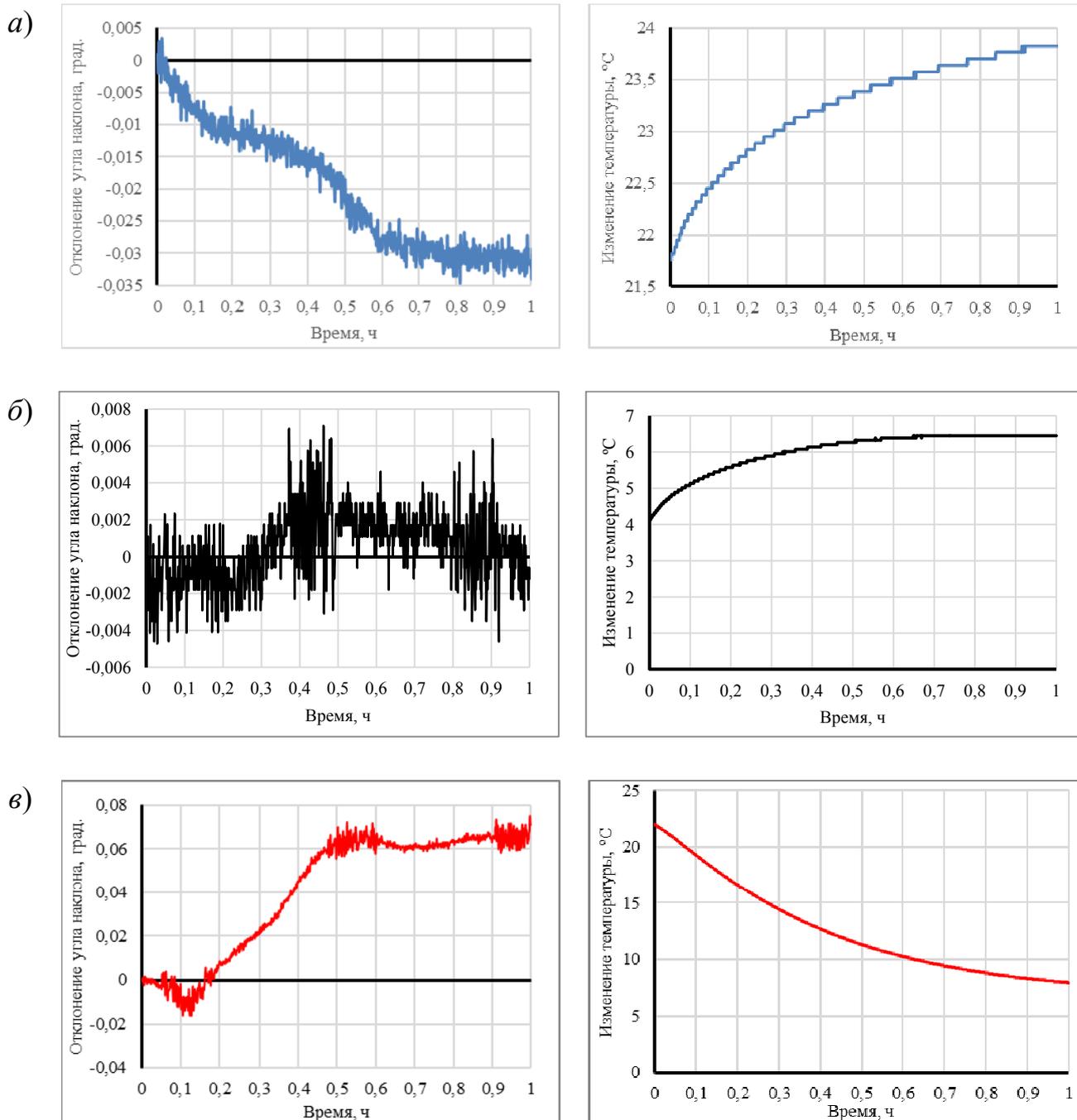
- а. 21 °С – около 0.016 град. (~1 мин.);
- б. 4 °С – около 0.01 град. (~0.6 мин.);
- в. при 21 °С → 4 °С – около 0,017 (~1 мин.).

Изменение углов в пределах 1 мин. соответствует ошибки измерения  $\pm 0.15$  мм на 1 м длины контрольной скважины.

Таким образом, по результатам лабораторных испытаний установлено следующее.

1. Время саморазогрева электрической части инклинометрического комплекса составляет около 30 мин. с момента его включения.

2. После саморазогрева изменение показаний инклинометра за среднее время производства измерений при внешних температурах от 4 до 21 °С практически не зависит от температуры, а эквивалентная величина ошибки составляет  $\pm 0.15$  мм м и составляет 30 % от погрешности установки зонда в точку 1 мм/м при точности установки  $\pm 2$  см.



Графики изменений показаний инклинометра и температуры  
внутри зонда при внешней температуре:

а) 21 °С; б) 4 °С; в) 21 °С → 4 °С

*Работа выполнена в рамках научного проекта ФНИ № гос. регистрации АААА-А17-117121140065-7.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент на изобретение № 2558556 «Скважинный инклинометрический зонд и скважинная инклинометрическая система для определения вертикальных сдвижений горных пород и закладочного массива с его использованием», дата регистрации 06.07.2015 г.

2. Барышников В. Д., Барышников Д. В. Организация и проведение наблюдений за сдвигами закладочного массива при его подработке // ГИАБ, № 12, МГГУ, г. Москва, 2008.

3. Д. В. Барышников, С. В. Сабуров. Анализ погрешностей определения кривой оседания скважины инклинометрическим методом // Труды конф. «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли», ИГД СО РАН, Новосибирск, 2011.

4. Датчик угла наклона <http://i.global-groupp.ru/u/0d/12ef403d7a11e39470aab5f3284aaa/-/NA2-05%2C%20NA2-10%2C%20NA3-30%2C%20NA4-45%2C%20NA4-70.pdf>.

5. Датчик температуры <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/58557/DALLAS/DS18B20.html>.

© Д. В. Барышников, В. Г. Качальский, 2019