

УДК 53.088.6

УСТАНОВКА ДЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ

*д. т. н., проф. Ковшов Г. Н., асс. Пономарев С. М.,
к. т. н. Пономарева Е. А.*

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск

Постановка проблемы.

В настоящее время участились запросы от строительных организаций на использование систем контроля с низким порогом чувствительности (10^{-5} - 10^{-6})g, где g-проекция ускорения силы тяжести на ось чувствительности прибора, что в переводе в градусы эквивалентно углу в $25 \div 2.5$ угловых секунд, для решения несвойственных этим системам задач. Например, для долгосрочного контроля и тестирования поведения ответственных конструкций машинного зала АЭС с целью продления эксплуатационного периода станции [1, 2]; для контроля вертикальности заглубления опорных свай в условиях ограниченного пространства; для контроля вертикальности заливки бетона при возведении многоэтажных зданий способом монолитного литья [3]; для контроля наклона опорных рельс мостового крана при непроектном поведении здания цеха и т.д. Прецизионные инклинометрические системы контроля [4] выпускаются рядом предприятий в мире (Leica, Colibrys, Sherborne, Sisgeo, GeoKon, Gloetzl, Фиолент и др.) Производители декларируют определенные технические характеристики и определенную сферу применения, но, зачастую, современному заказчику нужна не только система контроля, но и готовое решение. Например, необходимо производить измерение угла наклона ответственной конструкции по 12 часов в течение недели, регистрировать показания на протяжении года (при различных температуре воздуха, влажности, силе ветра, сейсмической активности и т.д.); произвести обработку экспериментальных данных, скорректировав помехи от влияния возмущающих факторов, и выдать результат прогнозирования о вероятности отклонения конструкции в дальнейшем. К решению этой задачи необходимо подходить комплексно. Необходимо подобрать систему контроля, а если готовой серийной нет, то разработать

оригинальную, наиболее подходящую к конкретной задаче. Далее необходимо произвести тестирование всех компонентов системы контроля на соответствие техническим требованиям. Известно, что чем длиннее цепочка от снятия сигнала до получения конечного результата, тем больше становится погрешность измерения. Чтобы определить и скорректировать данную погрешность измерения предлагается использовать установку для метрологических испытаний прецизионных инклинометрических датчиков (рис.1).



Рис.1. Внешний вид метрологической установки

Цель.

Для повышения точности измерения малых углов наклона при использовании систем контроля с низким порогом чувствительности (10^{-5} - 10^{-6})g предлагается использовать разработанную установку для метрологических испытаний инклинометрических преобразователей.

Основная часть.

Установка для метрологических испытаний прецизионных инклинометрических систем контроля состоит из основания, поворотного стола, экранов со шкалами, нивелира, регистрирующей и вспомогательной аппаратуры. Основание – фундамент, сделанный в виде колонны, заглубленной на 2/3 высоты в грунт. В верхнюю часть основания вмонтирована металлическая опорная площадка из немагнитного материала. Фундамент основания выполнен в полу

помещения лаборатории, расположенной в подвале здания корпуса академии на отметке «-6м». Сам фундамент и основание стенда выполнены независимо от стен, пола и фундамента помещения лаборатории и здания в целом. Кроме этого грунт под фундаментом глинистый, а жирная глина (пластилин), как известно, сама по себе снижает амплитуду вибраций. Таким образом, на показания приборов, расположенных на стенде, не влияют внешние факторы, действующие на фундамент здания, пол и стены лаборатории. Были проведены испытания качества изоляции стенда от вибраций в самой лаборатории, показавшие высокую степень виброизоляции основания. Опорная площадка изготовлена из немагнитного материала (дюралюминия Д16) с целью исключения влияния на тестируемые преобразователи.

На опорную площадку установлен поворотный стол OSN-250 «PROMA CZ» (рис. 2), имеющий следующие технические характеристики:



Рис. 2. Стол OSN-250

1. Тип	OSN-250
2. Диаметр стола	250 мм
3. Конус стола	MkIII
4. Диаметр и глубина центральной рамки	30x6
5. «Г»-образный паз	12 мм
6. Передача зубчатых колес	1:90
7. Угол наклона стола	0-90°
8. Модуль червячной передачи	2 мм
9. Деление на окружности стола	360° (по 1°)
10. Поворот стола при одном повороте ручки	4°
11. Деление нониуса поворота стола	10 уг. секунд

12. Деление нониуса наклона стола 2 уг. минуты

Этот стол при определенных условиях позволяет повернуть тестируемое устройство на угол от 10 угловых секунд, чего вполне достаточно для решения поставленной задачи. Для повышения точности измерений на стенах лаборатории на расстоянии 4 м от установки расположены экраны со шкалами, нанесенными в масштабе от шкал поворотного стола и нивелира. Прежде чем приступить к экспериментам с компонентами системы контроля, необходимо произвести тестирование самой установки на соответствие техническим требованиям. Для этого предложена оригинальная методика – «метод массивов», суть которого состоит в следующем. С помощью оптического квадранта КО-10 выставляем поворотный стол по обоим лимбам в 0° . Ставим оптический квадрант на поворотный стол и вычисляем ошибку с точностью до $10''$ (погрешность установки в таком положении стола составила $+12'$). Заносим результаты в таблицу. С шагом 5° поворачиваем поворотный стол вокруг собственной оси до 360° (72 раза) и вычисляем ошибку измерения. В результате получаем массив данных из 72 значений погрешности стенда. Далее вместо оптического квадранта устанавливаем на стенд датчик Leica с заявленной точностью измерений в $1''$. Повторяем эксперимент и данные заносим во второй массив. Вычитая из второго массива первый, получаем третий массив данных, анализируя элементы которого, делаем вывод о характеристиках данного датчика в лабораторных условиях.

В процессе проведенных исследований были получены экспериментальные данные; написана программа в среде VC++, которая обрабатывает данные и выдает результат о точности проведенных измерений или о погрешности тестируемого датчика; построен график зависимости β угла отклонения от горизонтали в минутах с точностью до $10''$ от α угла поворота стола вокруг своей оси в градусах с точностью до $10''$ (рис. 3).

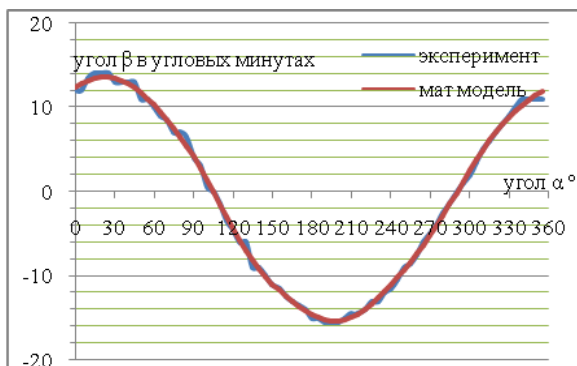


Рис. 3 График зависимости углов β экспериментального и β искомого от α заданного

Код программы обработки экспериментальных данных:

```
#include <iostream>
#include <fstream>
using namespace std;
double sum=0.0;
int main()
{
    setlocale(LC_ALL, "Russian");
    ifstream f1("Ошибки стола.txt");
    ifstream f2("Данные датчика.txt");
    double resdik[72];
    for(int i=0;i<72;i++)
    {
        double file1,file2;
        f1>>file1;
        f2>>file2;
        resdik[i]=file1-file2;
    }
    for(int i=0;i<72;i++)
    {sum+=resdik[i];}
    cout<<endl;
    if(sum/72 ==0)
    {cout<<"При помощи данного датчика можно производить измерения
с ошибкой в 10'' угловых секунд "};
    cout<<"При помощи данного датчика можно производить измерения
углов с ошибкой в "<<sum/72;
return 0;}
```

Выводы. Разработана установка для метрологических испытаний прецизионных инклинометрических систем контроля, которая позволяет:

1. проводить измерения малых углов наклона с точностью до 10 угловых секунд, благодаря минимизации действия внешних возмущающих факторов и использованию экранов со шкалами для повышения точности;

2. собирать, тестировать, комбинировать компоненты прецизионных инклинометрических систем контроля в условиях исследовательской лаборатории;

3. с помощью метода массивов учитывать погрешность горизонтальности стола, обусловленную зазорами в механизме поворота и наклона.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность атомных станций и их оборудования. Основные положения и номенклатура показателей: ГОСТ 26291-84. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, переиздание, 1987.
2. Общие требования к продлению эксплуатации энергоблоков АЭС в сверхпроектный срок по результатам выполнения периодической переоценки безопасности: НП 306.2.099-2004.
3. Автоматизированные системы технического диагностирования строительных конструкций. Общие технические требования: ДСТУ Б В. 2.6.-25-2003– Введ. 01.07.2003. – К: Держбуд України, 2003.- 24с.
4. Ковшов Г.Н. Инклинометры. (Основы теории и проектирования) / Ковшов Г.Н., Алимбеков Р.И., Жибер А.В. – Уфа: Гилем, 1998. – 380 с.