

## **АНАЛИЗ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ И ДОРАБОТКА ВЫСОКОТОЧНОГО АВТОНОМНОГО ДАТЧИКА ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ**

**Рубцов И. Н.**

**научные руководители канд. техн. наук, доцент Зырянов И. А.,**

**канд. техн. наук, доцент Митяев А. Е.**

***Сибирский федеральный университет***

Данная работа посвящена анализу полевых испытаний и модификации разработанного ранее высокоточного автономного датчика линейных перемещений. В течение летнего сезона 2013г. были проведены всесторонние полевые испытания датчика в реальных условиях. Подготовка к ним и последующий анализ результатов показали необходимость доработок, которые были сделаны и протестированы. В результате исправления выявленных недостатков была разработана модифицированная версия датчика линейных измерений, которая штатно отработала все возложенные на нее функции и показала ожидаемые результаты работы.

После анализа предыдущих полевых и лабораторных испытаний были выявлены недостатки предыдущей версии датчика, а именно: повышенная погрешность измерений вызванная свойствами материала измерительной ленты, возникающий при определенных обстоятельствах сбой внутренней микропрограммы, невозможность вносить изменения в режимы работы и скачивать данные в режиме реального времени с каждого датчика без необходимости снимать его.

В процессе тестирования было выявлено, что используемый материал измерительной ленты сильно подвержен нелинейному влиянию внешних факторов, таких как прямой солнечный свет, влажность, вносящих большую погрешность в результаты измерений. Встала необходимость найти материал, не имеющий данных недостатков. После анализа материалов выбор пал на использование тонкой проволоки диаметром 0,2 мм из сплава Ni200. Данный сплав обладает очень низким коэффициентом температурного расширения -  $13.3 \mu\text{m/m } ^\circ\text{C}$ , не подвержен воздействию прямых солнечных лучей, не подвержен коррозии. Данная проволока при ее маленьком диаметре обладает достаточной прочностью на разрыв -  $400-500 \text{ N/mm}^2$ . Полный композиционный состав материала: Ni 99.0%, C 0.15%, Cu 0.25%, Fe 0.4%, Mn 0.35%, Si 0.35%, S 0.01%, производитель компания TEMCO IndustrialPowerSupply, США. Использование данного материала полностью оправдало себя и привело к хорошим результатам.

Второй проблемой, выявленной в результате тестирования стал периодически происходящий сбой внутренней микропрограммы, приводящей к «подвисанию» работы датчика и преждевременной разрядке источника питания. Был проведен всесторонний анализ программного кода, в результате которого выяснилось, что сбой вызывает внутренняя функция, отвечающая за получение даты и времени из модуля часов реального времени, и сохранение на карте памяти. Определенное сочетание даты и времени вызывало подвисание функции, которая не давала устройству перейти в режим сна. В результате был переписан практически весь код внутренней микропрограммы, проблемные функции полностью заменены другими. После этого было проведено стресс-тестирование, которое показало, что проблема полностью решена.

Третьей модификацией стала возможность контролировать режим работы каждого конкретного датчика, вносить изменения, скачивать все данные без необходимости снятия с объекта, за счет размещения диагностического порта для

подключения к компьютеру с помощью шины USB либо по беспроводному соединению Bluetooth.

Доработанная версия беспроводного датчика была испытана в задачах высокоточной дендрометрии в штате Аризона, США, в горном массиве Lemmon на высоте около 3000 м. над уровнем моря около города Тусон. Данное место было выбрано во-первых из-за близости стационарного метеорологического оборудования, по которому возможно проверить показания датчика в области измерения температуры и влажности. Во-вторых в данном регионе наблюдается очень резкий перепад температур, сезон муссонов, что позволяет провести испытания при больших колебаниях температуры воздуха, влажности, и крайне интенсивном воздействии ультрафиолета. В данных исследованиях датчик фиксировал колебания диаметра растущей сосны в зависимости от внешних факторов и движения внутренних соков. Данный режим исследований наиболее хорошо подходит для тестирования датчика, т.к. требует высокой точности измерений (не хуже 1 мм.) в очень сложных внешних условиях. На рисунке 1 представлен датчик, размещенный на стволе дерева на испытаниях США.



Рисунок 1 – Датчик размещенный на стволе при испытаниях

Было произведено сравнения показателей температуры и влажности, измеренных датчиком и полученных с помощью метеорологического оборудования, установленного в радиусе 10 метров. Были получены коэффициенты корреляции 0,97 – на ночных температурах и 0,94 на дневных. Такая разница вызвана различным воздействием солнечных лучей в дневное время. Данные коэффициенты говорят о хорошей согласованности измерений нашего устройства и профессиональной метеостанции [4].

В качестве данных профессиональной метеостанции использовались данные с локации MtBigelowEddyCorrelationTower, которая представляет собой объект высотой 30 метров, с расположенными на разных высотах метеорологическим оборудованием. Данная вышка обслуживается Университетом штата Аризона. Вышка была

расположена в 10 метрах от испытываемого датчика. Координаты расположения испытываемого датчика 32° 25' 00" N 110° 43' 31.85" W.

На рисунке 2 представлены полученные графики корреляции между данными с датчика и метеорологической станции (дневной и ночной).

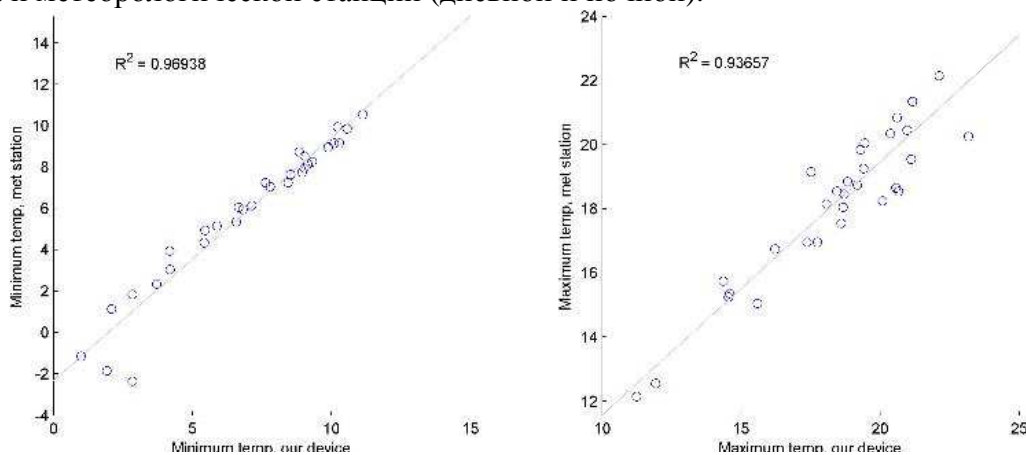


Рисунок 2 – Корреляция между данными датчика и метеорологической станцией

На рисунке 3 представлены результаты измерений, полученных данным датчиком с 30 мая 2013 по 2 июня 2013. На графиках представлены измерения изменений диаметра дерева, влажность и температура.

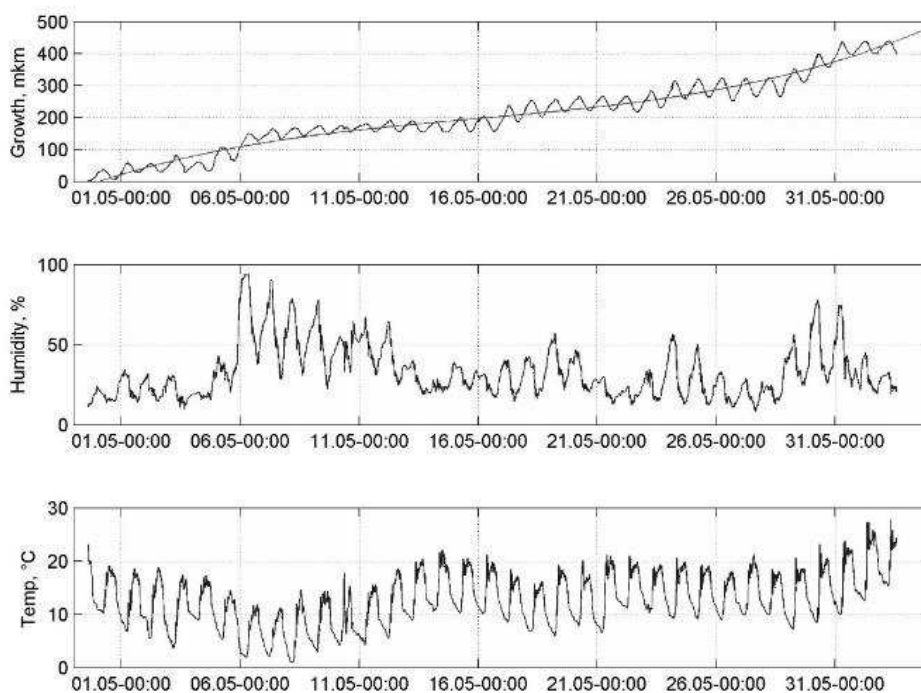


Рисунок 3 – Результаты измерений датчика (изменение диаметра, влажность, температура)

Общая продолжительность полевых испытаний прибора в 2013 году составила 3 месяца непрерывной работы датчика. За это время была проверена стабильность работы и показаний, проверена точность. Получаемые результаты измерений хорошо коррелируются с данными с другого измерительного оборудования, показывают хорошую стабильность показаний. Разработано и успешно испытано усовершенствованное покрытие, защищающее печатную плату и электронные

компоненты от влажности. Проведенный анализ и внесенные изменения в конструкцию датчика привели к повышению удобства его использования и увеличению точности показаний. Зарубежные специалисты высоко оценили уровень работы прибора и точность данных получаемых с него.