

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 681.586'32

Минченя  
Александр Владимирович

ДАТЧИКИ ЛИНЕЙНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ  
НАДВИЖКОЙ МОСТОВЫХ ПРОЛЕТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-53 80 01 «Автоматизация и управление  
технологическими процессами и производствами»

Научный руководитель  
Лукиянец Степан Валерьянович  
кандидат технических наук, профессор

Минск 2017

Библиотека БГУИР

Нормоконтроль

---

---

## КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей проблемой безопасной заводки мостовых сооружений является контроль напряженно-деформированного состояния их несущих конструкций на всех этапах строительства. В процессе заводки мостов доступ к большей части несущих конструкций моста существенно ограничен, поэтому возникают определенные трудности контроля состояния этих конструкций с помощью традиционных методов визуального и инструментального обследования отдельных элементов моста. Кроме того, в отличие от мостов небольшой длины (до 80 метров), в которых деформирование несущих конструкций связано в основном с неравномерностью нагрузки различных частей при заводке, на конструкцию мостов с длиной свыше 100 метров существенное влияние на напряженно-деформированное состояние может оказывать различие теплового воздействия на верхнюю и нижнюю стороны моста, ветровые нагрузки и многие другие факторы, что создает большую рассеянность мест накопления деформационных повреждений.

Таким образом, при заводке мостов, особенно большой длины, возникает необходимость предварительного выявления (ранней диагностики) изменений напряженно-деформированного состояния конструкций, причем контроль должен осуществляться в реальном режиме времени во всех опасных точках мостового строения. Необходимо на каждом этапе заводки видеть динамику и тенденцию изменения деформированного состояния мостовой конструкции и внутренних механических напряжений, что позволит выявить причины их изменения и своевременно устранить. Также следует постоянно корректировать показания используемых датчиков линейного перемещения в соответствии с температурой окружающей среды. Для этого необходимо, чтобы в регистрирующий компьютер поступала достоверная информация о температуре в контролируемых точках и о величине перемещения.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В условиях быстро развивающихся экономических и торговых отношений количество логистических грузоперевозок в нашей стране с каждым годом неуклонно растет, в связи с чем осуществляется строительство автомагистралей и, в частности, мостовых сооружений. Поскольку строительство и эксплуатация таких объектов, как правило, осуществляются при различных погодных условиях, в частности, при постоянно изменяющейся температуре окружающей среды, то возникает необходимость иметь датчики, в которых осуществляется коррекция температурных воздействий.

**Целью** данной работы является коррекция температурных воздействий на датчики линейных перемещений в автоматизированной системе контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций.

**Задачи**, решаемые для достижения сформулированной цели:

- исследование поведения индуктивных датчиков линейного перемещения при различных температурах окружающей среды;
- разработка математической модели компенсации температурных воздействий;
- создание электрической принципиальной схемы температурной компенсации, а также разработка программного обеспечения для осуществления температурной коррекции показаний исследуемых датчиков;
- построение автоматизированной системы контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций на базе рассмотренных датчиков.

**Объектом исследования** являются датчики линейного перемещения, используемые в промышленности.

**Предмет исследования** – разработка моделей датчиков линейного перемещения индуктивного типа с коррекцией температурных воздействий и реализация таких датчиков в системе управления надвижкой мостовых пролетных конструкций.

**Новизна** полученных результатов заключается в том, что была усовершенствована конструкция датчиков линейного перемещения индуктивного типа для осуществления компенсации температурных воздействий, а также создана математическая модель автоматизированной системы контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций на базе этих датчиков.

**Положения, выносимые на защиту**, следующие:

- аналитическая зависимость показаний исследуемых датчиков линейных перемещений индуктивного типа от температуры окружающей среды;
- алгоритм осуществления температурной компенсации;
- программная реализация разработанного алгоритма компенсации температурных воздействий;
- автоматизированная система контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций на базе исследуемых датчиков.

В данной диссертации проведены экспериментальные исследования датчиков линейного перемещения индуктивного типа при различных температурных условиях на специализированном лабораторном оборудовании, установлена аналитическая зависимость показаний датчика от температуры окружающей среды, составлена электрическая принципиальная схема и программное обеспечение датчика с температурной компенсацией, получены математические модели датчика с температурной коррекцией и автоматизированной системы контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций на базе этих датчиков.

Результаты данной работы были представлены и обсуждены на международных научных конференциях ITS-2015 и ITS-2016, 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР 2016 года, 9-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения». Кроме того, отдельные положения работы были представлены на Республиканский конкурс научных работ студентов 2015 года и удостоены диплома I степени.

Результаты исследований опубликованы в 3-х сборниках международных научных конференций, 1 сборнике тезисов конференции, 1 сборнике Республиканского конкурса научных работ студентов 2015 года, а также внедрены в производство на предприятии ООО «Сенсотроника», о чем свидетельствует соответствующий акт.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и одного приложения. Объем диссертации составляет 87 печатных страниц, включая 52 иллюстрации на 24-х страницах и 6 таблиц на 3-х страницах. При написании работы использовано 39 библиографических источников, включая 5 собственных публикаций автора.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В 1-й главе отражены результаты исследования датчиков линейного перемещения индуктивного типа при различных температурных условиях, а также при различных способах крепления. Для исследований выбраны наиболее распространенные в промышленности датчики линейного перемещения ПЛП-2, предназначенные для измерения величины линейной деформации контролируемого объекта. Ввиду особенностей лаборатории, в которой проводились исследования, диапазон температур, при которых изучались датчики, составил от  $-32^{\circ}\text{C}$  до  $+26^{\circ}\text{C}$ .

В опытах датчики помещаются в морозильную камеру и в начале равномерно охлаждаются, а затем равномерно нагреваются. Показания датчиков и температурных сенсоров передаются на компьютер каждые 5 секунд посредством интерфейса RS-485, где производится их запись при помощи специализированного программного обеспечения (рисунок 1).

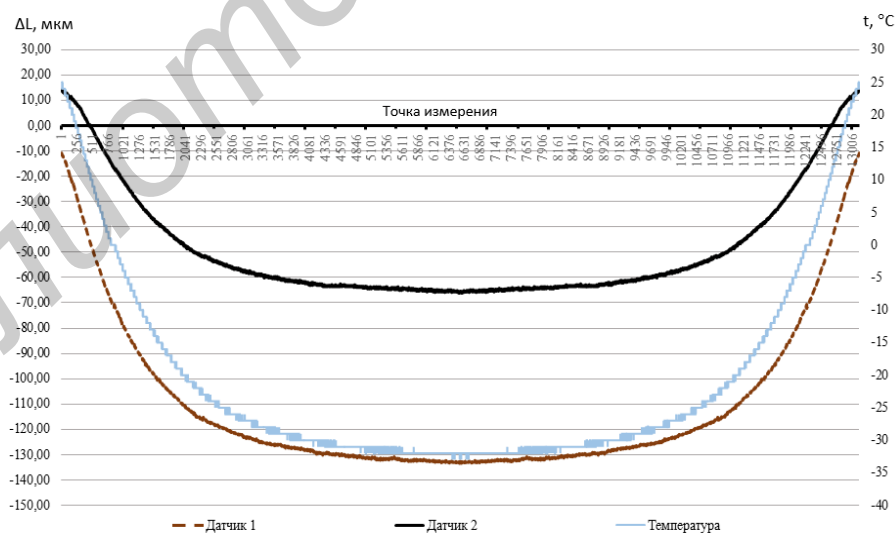


Рисунок 1 – Графики показаний датчиков

После осуществления опытов все полученные данные подвергаются аналитической обработке для установления характера зависимости показаний исследуемых датчиков от температуры окружающей среды (рисунок 2).

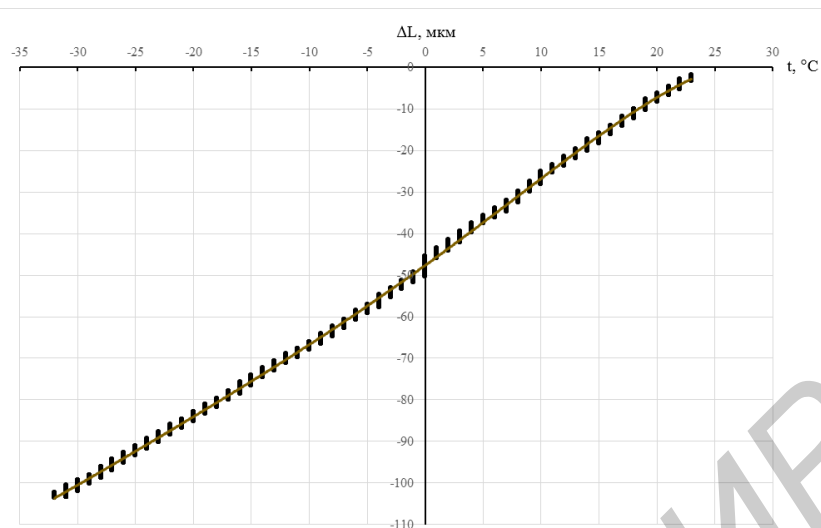


Рисунок 2 – График зависимости показаний датчика от температуры окружающей среды

Для каждого графика в программе Microsoft Excel строится полиномиальная зависимость со степенью 5. Коэффициенты полученных полиномов используются для осуществления программной коррекции температурной зависимости.

Таким образом, зависимость показаний датчиков микроперемещений от температуры окружающей среды является ярко выраженной, а характер температурной зависимости является нелинейной функцией и без компенсации приводит к большой погрешности. Исследование различных способов крепления датчиков показало, что наиболее целесообразным является крепление датчика в центре металлического корпуса, поскольку данный тип фиксации обеспечивает наименьшее изменение показаний датчика при изменении температуры окружающей среды.

**2-я глава** посвящена разработке структурной схемы исследуемого датчика с коррекцией температурных воздействий, электрической принципиальной схемы, а также алгоритма осуществления температурной компенсации.

На основании исследования зависимости показаний датчиков LVDT-типа от температуры окружающей среды и возможности построения микропроцессорной схемы компенсации этих воздействий датчик линейных



перемещений должен выполнять следующие функции: детектирование линейных перемещений контролируемого объекта; преобразование аналогового сигнала в цифровой и наоборот; фильтрацию полученных данных; пересчет получаемых данных о деформациях в линейные перемещения (микрометры); вывод информации о микроперемещениях посредством соответствующего интерфейса; получение и обработку команд, передаваемые через соответствующий интерфейс; получение информации о температуре окружающей среды; коррекцию показаний, соответствующих деформациям контролируемого объекта, с учетом текущей температуры окружающей среды.

С учетом вышесказанного, структурная схема датчика имеет вид, представленный на рисунке 3.

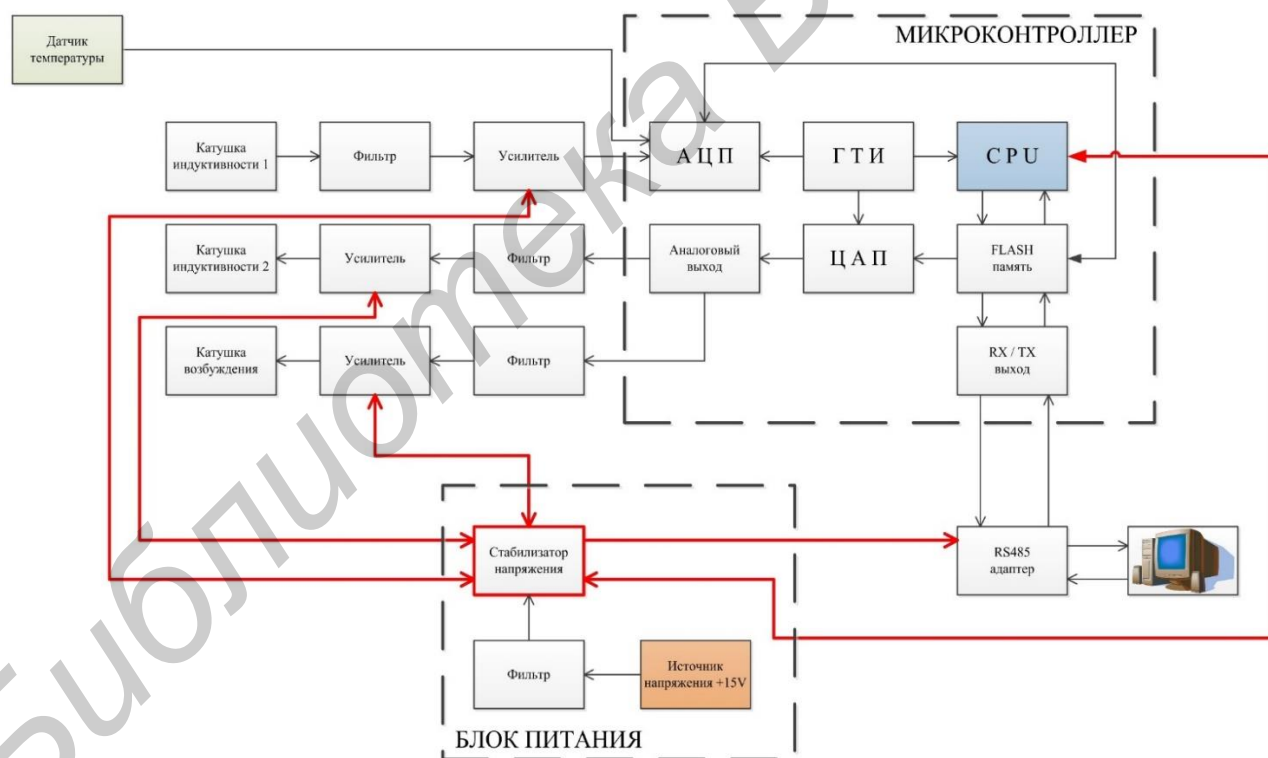


Рисунок 3 – Структурная схема датчика

На основании структурной схемы создана электрическая принципиальная схема исследуемого датчика. Для осуществления управления датчиком выбран микроконтроллер C8051F411 фирмы «Silicon Labs».

Структурная схема алгоритма работы датчика приведена на рисунке 4.

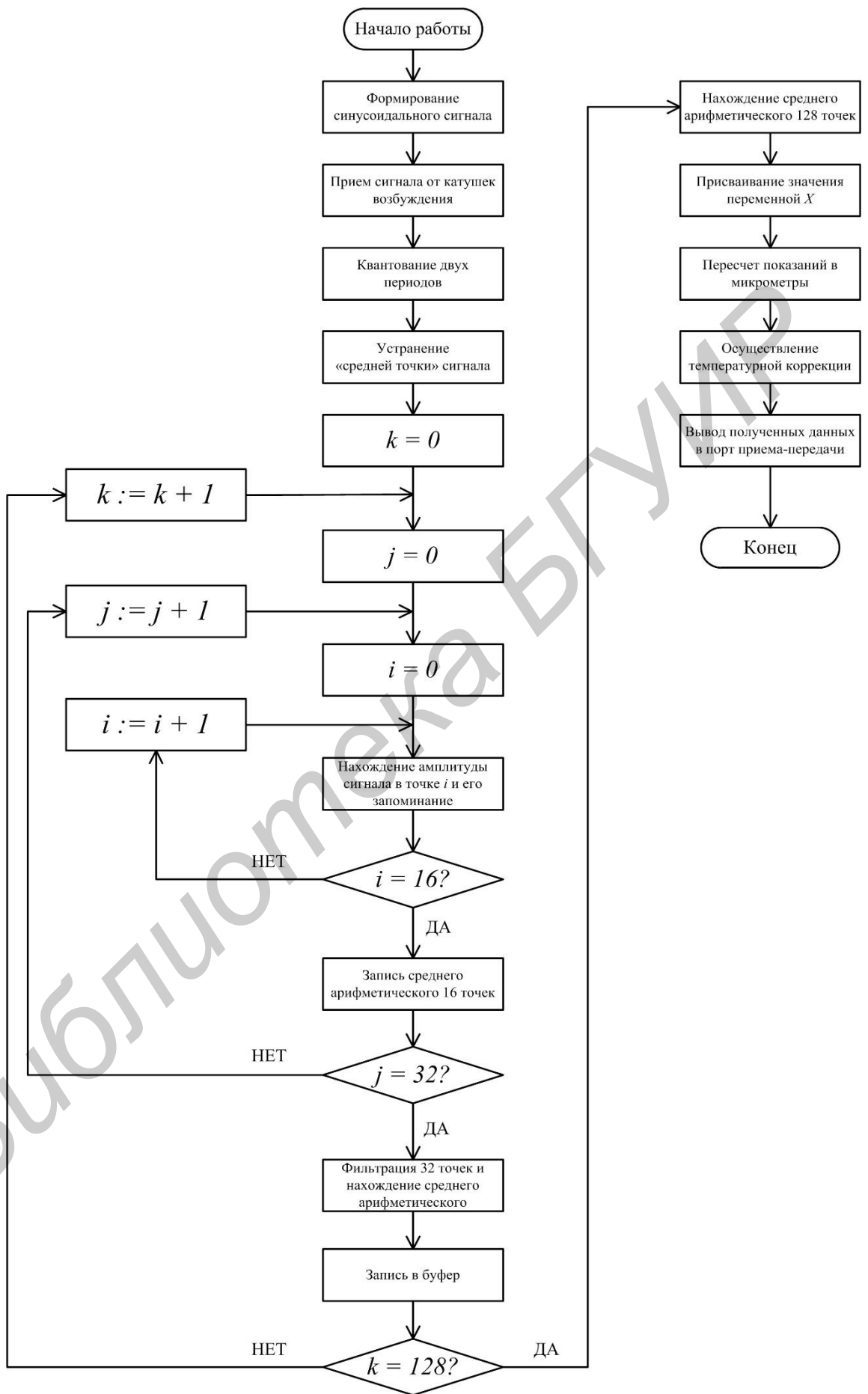


Рисунок 4 – Структурная схема алгоритма

Пересчет показаний датчика в микроны осуществляется при помощи следующего полинома  $L_{\text{МКМ}} = K_0 + K_1x + K_2x^2 + K_3x^3 + K_4x^4 + K_5x^5$ , где  $x$  – полученное значение, характеризующее перемещение сердечника датчика,  $K_i$  – неизвестные коэффициенты полинома.

После калибровки датчика производится температурная коррекция. Для этого производится расчет полинома для температурной характеристики, описанный в главе 1. Для каждого датчика данный полином является уникальным. После расчета производится температурная компенсация показаний датчика по следующей формуле  $L_k = L_{\text{МКМ}} - L_t$ , где  $L_t$  – полином, характеризующий зависимость показаний датчика от температуры окружающей среды, вычисление которого приведено в главе 1.

В 3-й главе приводятся модули программного обеспечения исследуемого датчика, описывается их назначение, а также осуществляется написание программного кода датчика линейных перемещений, реализующего работу алгоритма температурной компенсации.

Программа работы микроконтроллера состоит из 10 модулей: C8051F411.h; FLASH.h; mmf.h; ParamStorage.h; PortConfig410.h; FLASH.A51; Main.c; mmf.c; ParamStorage.c; square.A51.

Программа температурной коррекции содержится в основном модуле программы main.c. В начале программы дается описание подключаемых модулей: как стандартных, так и специально написанных для температурной коррекции:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include "C8051F411.h" // Processor registers definition
#include "PortConfig410.h"
#include "flash.h"
#include "ParamStorage.h"
#include "Version.h"
#include "mmf.h"
#define SYSCLK 490
```

Далее идет описание модуля вывода и ввода информации для калибровки датчика:

```
printf("\n\rMenu: ");
printf("\n\r7 - set Results Rate;    Now=%bu",Params_Main.ResultsRate);
printf("\n\r8 - set MMF len;         Now=%u" ,Params_Main.MMF_len);
printf("\n\r9 - set ExcludeMMF;     Now=%bu",Params_Main.ExcludeMMF);
printf("\n\rA - set Debug_Mode;     Now=%bu",Params_Main.Debug_mode);
printf("\n\rB - set OutFrequency;    Now=%u" , Params_Main.OutFrequency);
printf("\n\rC - set Signal Divider; Now=%bu",Params_Main.SignalDivider);
printf("\n\rD - set Print Celcius;   Now=%bu",Params_Main.PrintTemp);
printf("\n\rE - set Print Precision; Now=%bu",Params_Main.ResultsPrecision);
printf("\n\rAccumulated operation time: %lu hours",GetCounter());
printf("\n\rESC - Back to normal work\r\n>");
TrDat485=0;
```

После ввода коэффициентов полинома пятой степени, с помощью которого осуществляется обсчет показаний от дифференциально включенных катушек индуктивности, производится коррекция температурного воздействия при помощи дополнительного полинома пятой степени:

```
float ext,f,f1,Tem;
if(sig_zero) return 0;
if(out_of_range) { if(sig_sign) return 99999; else return -99999;} ext = Data;
f = Params_Main.K0; f += ext*Params_Main.K1; ext *= Data;
f += ext*Params_Main.K2; ext *= Data;
f += ext*Params_Main.K3; ext *= Data;
f += ext*Params_Main.K4; ext *= Data;
f += ext*Params_Main.K5;
f1 = Get_Temp();f1 = Params_Main.K0; f1 *= Params_Main.TK1; ext *= Data;
f1 += ext*Params_Main.TK2; ext *= Data;
f1 += ext*Params_Main.TK3; ext *= Data;
f1 += ext*Params_Main.TK4; ext *= Data;
f1 += ext*Params_Main.TK5; f -= f1;
return f; }
```

После модуля температурной коррекции следуют модули усреднения и обсчета показаний датчика, модули обработки ошибок, обработки исключительных ситуаций и сброса микроконтроллера.

В 4-й главе исследуются электрические и геометрические параметры датчика линейных перемещений индуктивного типа, устанавливается зависимость между ними.

Поскольку входным параметром является амплитуда напряжения питания катушки возбуждения, а выходным – амплитуда сигнала катушек управления, то передаточная функция датчика индуктивного типа имеет вид  $\frac{E_0}{E_i} = \frac{s(M_1 - M_2)}{s^2 X + sY + R_p R_s}$ .

Эта система второго порядка, регистрирующая смену фазы от  $+90^\circ$  до  $-90^\circ$  на высоких частотах. Когда ядро находится в центральном положении,  $M_1 = M_2$  и, следовательно,  $E_0 = 0$ . Для исследуемого датчика передаточная функция в точке измерения  $+1\text{мм}$  имеет вид  $W(s) = \frac{s \cdot 0,0027 \cdot 40000}{1,12 \cdot 10^{-5} \cdot s^2 + 116,96 \cdot s + 2,88 \cdot 10^6}$ , а в точке  $-1\text{мм}$

$$W(s) = \frac{s \cdot (-0,0027) \cdot 40000}{2,1 \cdot 10^{-6} \cdot s^2 + 59,90 \cdot s + 2,88 \cdot 10^6}$$

Графики переходных процессов и частотных характеристик системы приведены на рисунках 5 и 6.

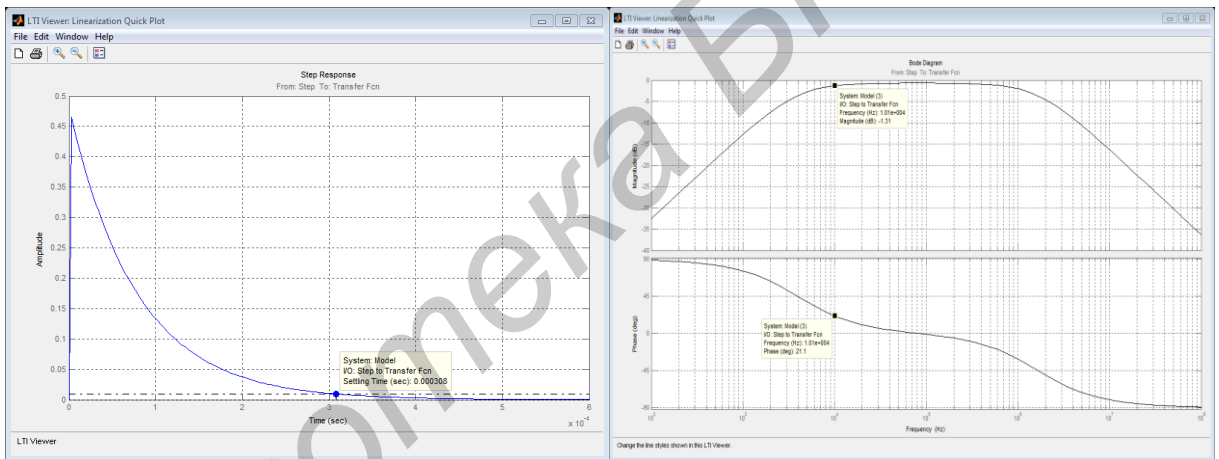


Рисунок 5 – Графики переходного процесса, ЛАЧХ и ЛФЧХ системы при положении  $+1\text{мм}$

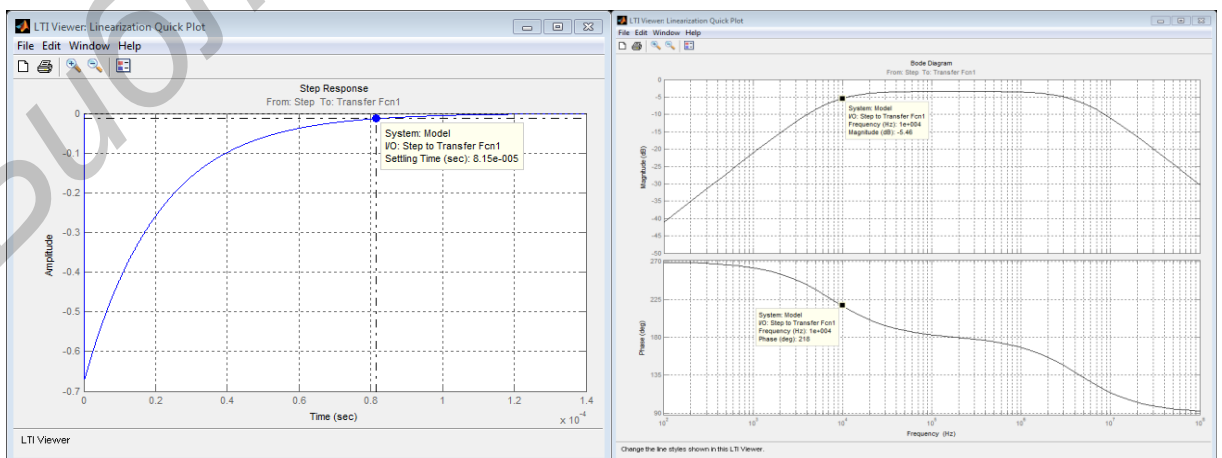


Рисунок 6 – Графики переходного процесса, ЛАЧХ и ЛФЧХ системы при положении  $-1\text{мм}$

Как видно из приведенных графиков, переходной процесс входит в 5% трубку менее, чем за 0,0001 секунды, что является приемлемым в случае, когда сигнал генерируется с частотой 10 кГц. Из графиков ЛАЧХ и ЛФЧХ видно, что на частоте 10кГц наблюдается небольшое ослабление выходного сигнала (приблизительно на  $-5,5\text{дБ}$ ). Это соответствует тому, что амплитуда выходного сигнала составляет 0,56 входного. Также на частоте 10кГц наблюдается смещение фазы (около  $60^\circ$ ).

Зависимости показаний датчика до и после осуществления температурной компенсации приведены на рисунке 7.

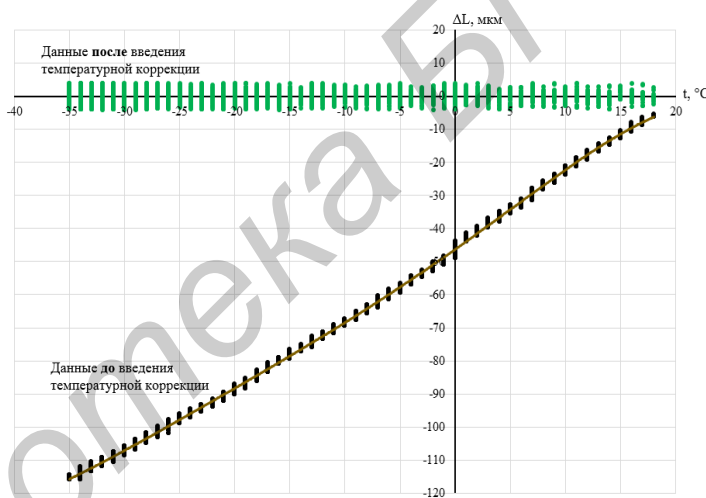


Рисунок 7 – Показания исследуемого датчика до и после введения температурной коррекции

Таким образом, после введения температурной компенсации исследуемого датчика на всём диапазоне изменения температуры окружающей среды погрешность показаний не превышает  $\pm 4,5\text{мкм}$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании исследований, проведенных в данной работе, можно сделать следующие выводы:

1. Выполнены экспериментальные исследования поведения датчиков линейных перемещений индуктивного типа при различных температурных условиях, установлены аналитические зависимости показаний от температуры окружающей среды. Результаты опытов показывают, что изменение температуры окружающей среды оказывает значительное влияние на выходные показания исследуемых датчиков, характер полученных зависимостей носит относительно линейный характер и хорошо аппроксимируется полиномом пятой степени. Также на характер зависимости влияет способ крепления датчика (в торцах или в центре). Наиболее подходящим и используемым в дальнейшем является способ крепления в центре, поскольку он обеспечивает хорошую жесткость, а также наиболее линейную зависимость показаний датчика от температуры окружающей среды.

2. Составлены структурная и электрическая принципиальная схемы датчика с компенсацией температурных воздействий, а также алгоритм осуществления этой компенсации. В качестве датчика температуры выбрана микросхема LM35, коррекция выходных показаний датчика линейных перемещений осуществляется на основании показаний выбранной микросхемы. Электрическая принципиальная схема составлена таким образом, чтобы содержать как можно меньше элементов типа «конденсатор», поскольку именно эти элементы оказывают сильное влияние на электрические параметры датчика при изменении температуры окружающей среды, а значит, и на получаемые данные о линейных микроперемещениях.

3. Разработан модуль программного обеспечения исследуемого датчика для осуществления температурной компенсации, написанный на языке «С». Используемая среда разработки позволяет производить оптимизацию кода, а также его отладку в процессе написания. Для осуществления коррекции

температурных воздействий используется алгоритм пересчета показаний с использованием полинома пятой степени, полученного в ходе экспериментальных исследований.

4. Разработана математическая модель датчика линейных перемещений без температурной компенсации и с компенсацией. Полученные модели свидетельствуют о том, что исследуемое устройство представляет собой систему второго порядка, содержащую также звено дифференцирования. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что частота 10кГц, на которой осуществляется работа датчика, является приемлемой, однако, возможно дальнейшее проведение исследований по нахождению оптимальной рабочей частоты. Также математическая модель датчика с температурной компенсацией позволила сделать вывод о том, что осуществление температурной компенсации позволяет значительно снизить влияние температуры окружающей среды на показания датчика, при этом практически не оказывая влияния на его основные характеристики (устойчивость, время переходного процесса и т.д.) и обеспечивает погрешность компенсации не более  $\pm 5\text{мкм}$ .

5. Разработана математическая модель автоматизированной системы контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций на базе датчиков линейных перемещений с компенсацией температурных воздействий. Показано, что данная система позволяет осуществлять надвижку при любых (в исследованном диапазоне) температурных условиях, вследствие чего нивелируется погрешность измерения, вносимая изменением температуры, что положительно сказывается на точности измерений и на эффективности работы всей системы.

Результаты выполненных исследований целесообразно использовать в дальнейшем при разработке автоматизированных систем контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Бобриков, Б.В. Строительство мостов: Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Б.В. Бобриков, И.М. Русаков, А. . Царьков – М.: Транспорт, 1978 – 296 с.

[2] Строительство мостов и труб: справочник. / под ред. В. С. Кириллова. – М.: Транспорт, 1975 – 600 с.

[3] Measuring Position and Displacement with LVDTs. [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.ni.com/white-paper/3638/en/> по состоянию на 20.09.2016.

[4] DC LVDT Sensors. [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.omega.com/subsection/dc-lvdt-sensors.html> по состоянию на 20.09.2016.

[5] Displacement Sensor Models (LVDT). [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.stellartech.com/products/lvdt/> по состоянию на 20.09.2016.

[6] Linear Position Sensors – LVDT/LVIT. [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://www.te.com/usa-en/products/sensors/position-sensors/> по состоянию на 20.09.2016.

[7] Преобразователь линейных перемещений с микроконтроллером ПЛП-2 (ПЛП-2П). Руководство пользователя. – Минск : «Прикладные решения», 2013 – 22 с.

[8] Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. / С.И. Баскаков, М.П. Демин – Издание 4-е, переработанное и дополненное – Москва, 2003 – С.205–207.

[9] Хоровиц, П. Искусство схемотехники. / П. Хоровиц, У. Хилл – 4-е изд. переработанное и дополненное – М. : Мир, 1993 – 419 с.

[10] C8051F410/1/2/3 Microcontrollers. Руководство пользователя. / Silicon Laboratories Inc. – Austin, 2006 – 268 p.

[11] ADM485 5V Low Power EIA RS-485 Transceiver. Руководство пользователя. / Analog Devices Inc. – Norwood, 2008 – 17 p.

[12] MC34119 Low Power Audio Amplifier. Руководство пользователя. / Motorola Semiconductors H.K. – Hong Kong, 2001 – 13 p.

[13] Шустов, М.А. Схемотехника. 500 устройств на аналоговых микросхемах. / М.А. Шустов – М. : Наука и техника, 2013 – 352 с.

[14] Граф, Р. Электронные схемы: 1300 примеров / Р. Граф – М. : Мир, 1989 – 688 с.

[15] LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. Руководство пользователя / Texas Instruments – Dallas, 2016 – 31 p.

[16] Керниган, Б. Язык программирования Си. / Б. Керниган, Д. Ритчи – 3-е издание – М. : Финансы и статистика, 2005 – 290 с.

[17] Пильщиков, В.Н. Программирование на языке ассемблера IBM PC. / В.Н. Пильщиков – М. : «Диалог – МИФИ», 1999 – 288 с.

[18] Страуструп, Б. Язык программирования C++. Специальное издание. : Пер. с англ. – М. : ООО «Бином-Пресс», 2004 – 1100 с.

[19] Cleonilson, P.S. Conversion from geometrical to electrical model of LVDT / P.S. Cleonilson, M.B. Wanderley // Exploding New Frontiers of Instrumentation and Methods for Electrical and Electronic Measurements: 16<sup>th</sup> IMEKO TC4 Symposium – Florence, 2008 – P. 167–177.

[20] Яворский, Б.М. Справочное руководство по физике для поступающих в вузы и для самообразования. / Б.М. Яворский, Ю.А. Селезнев – 4-е изд. испр. – М. : Наука, 1989 – 576 с.

[21] Salapaka, S.A Self compensated smart LVDT transducer. / S. Salapaka et al. // Proceeding of American Control Conference – 2002 – P.8–10.

[22] Neubert, H.K.P. Instrument Transducers: An Introduction to Their Performance and Design. – 2<sup>nd</sup> edition – Oxford University Press, New Delhi, India, 2003 – P. 134–140.

[23] Doebelin, E.O. Measurement Systems: Application and Design. / E.O. Doebelin et al. – 4<sup>th</sup> edition – New York, 1990 – P. 233–242.

[24] Лазарев, Ю.Ф. Начала программирования в среде MatLAB / Ю.Ф. Лазарев // Учебное пособие – К. : НТУУ «КПИ», 2003 – 424 с.

[25] Chapman, S.J. MATLAB Programming for Engineers / S.J. Chapman, E. Wagner, A. Cluer et al. – 4<sup>th</sup> edition – Thomson, 2004 – 592 p.

[26] Higham, D.J. MATLAB Guide. / D.J. Higham, N. J. Higham – 2<sup>nd</sup> edition – Siam, 2005 – 382 p.

[27] Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов – СПб. : Профессия, 2004 – 752 с.

[28] Гийон, М. Исследование и расчет гидравлических систем / М. Гийон. – М. : Машиностроение, 1964 – 388 с.

[29] Попов, Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем / Д. Н. Попов. – М. : Машиностроение, 1977 – 424 с.

[30] Ганэ, В.А. Расчет следящих систем / В. А. Ганэ, В. Л. Степанов – Минск : Вышэйшая школа, 1990 – 232 с.

[31] Чупраков, Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики: Учебное пособие для вузов по специальности «Гидропривод и гидроавтоматика» / Ю. И. Чупраков. – М. : Машиностроение, 1979 – 232 с.

[32] Cupples, T. Slide-In Bridge Construction Implementation Guide / T. Cupples et al. // Planning and Execuing Projects with Lateral Slide Method : Final Report – Colorado, 2013 – P.37–57.

[33] Рокки, К.С. Проектирование стальных мостов / К.С. Рокки, Х.Р. Эванс. ; Под ред. А.А. Потапкина. – М.: Транспорт, 1986 – С.168–175.

[34] Пестряков, А.Н. Продольная и поперечная подвижка : метод. указания / А.Н. Пестряков. – Екатеринбург : УрГУПС, 2010 – 28 с.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А.] Минченя, А.В. Автоматизированная система контроля и управления надвижкой мостовых пролетных конструкций / А.В. Минченя, Н.А. Столбанов // Республиканский конкурс научных работ студентов: Сборник статей лауреатов и авторов научных работ, получивших первую категорию – Минск, 2016 – С.102 – 103.

[2-А.] Минченя, А.В. Датчик линейных перемещений со встроенным микроконтроллером для системы мониторинга мостовых конструкций / А.В. Минченя, А.Л. Савченко, Р.М. Асимов // Новые направления развития приборостроения: Материалы 9-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов – Минск, 2016 – С.178.

[3-А.] Минченя, А.В. Математическая модель индуктивного датчика линейных перемещений / А.В. Минченя, С.В. Лукьянец // Информационные технологии и системы 2016 (ИТС-2016): Материалы Международной научной конференции – Минск, 2016 – С.58 – 59.

[4-А.] Минченя, А.В. Компенсация температурных воздействий на датчики линейного перемещений индуктивного типа / А.В. Минченя // Информационные технологии и управление: Материалы 52-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов – Минск, 2016 – С.36.

[5-А.] Минченя, А.В. Автоматизированная система контроля и управления заведением мостовых конструкций / А.В. Минченя, Н.А. Столбанов // Информационные технологии и системы 2015 (ИТС-2015): Материалы Международной научной конференции – Минск, 2015 – С.78 – 79.