

# СТАНОВИЩЕ

за дисертационен труд  
за придобиване на научната степен "Доктор на науките" в

област на висше образование: „Технически науки”  
професионално направление: „Машинно инженерство”  
специалност: „Метрология и метрологично осигуряване”

Автор: доц. д-р инж. Димитър Андонов Дичев

Тема: МОДЕЛИ И МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА ДИНАМИЧНАТА ТОЧНОСТ НА СИСТЕМИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПАРАМЕТРИ НА ДВИЖЕЩИ СЕ ОБЕКТИ

Член на научното жури: доц. д-р инж. Илия Славов Железаров

## 1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Дисертационният труд на тема "Моделите и методи за анализ на динамичната точност на системи за измерване на параметри на движещи се обекти" е структуриран в 8 глави, въведение, изводи и констатации, заключение, публикации по темата и използвана литература с обем от 291 страници, включващи текст, фигури и таблици. Към дисертацията има 14 приложения на 94 страници.

В първа глава се представя характеристика на параметрите на движение на подвижните обекти и анализ на методите за измерване в динамичен режим, в това число и елементи на процеса на измерване в динамичен режим, характеристика и структурна схема на елементите на измервателния процес и тяхната взаимовръзка; среда на движение на подвижните обекти; обект на измерване; измервани, информативни и смущаващи физични величини; средство за измерване и грешка на измерването; математични модели на геометрични и кинематични параметри, свързани с клатенето на кораба. Прави се анализ на влиянието на инерционните сили и моменти, предизвикани от движението на обектите, върху точността на използваните измервателни уреди и системи и анализ на динамичните измервания. Завършва с изводи и констатации, на базата на които се поставят целта и задачи на дисертационната работа.

Във втора глава се прави анализ на съществуващите методи и средства за построяване на вертикала, като основно се разглеждат системите за построяване на вертикала посредством физично махало, жироскоп и акселерометър. Описани са предимства и недостатъци на средствата за измерване, които използват като чувствителен елемент физично махало, жироскоп и акселерометър.

В глава три се анализират характеристиките на измерваните величини, външните смущаващи въздействия, а така също геометричните характеристики на видовете

колебателни движения на кораба. На тази база се съставят математични модели на напречните колебания (напречно-хоризонталните колебания и бордовото клатене), надлъжните колебания (надлъжно-хоризонталните движения, килевото и вертикалното клатене) и моделите на измерваните величини и смущаващите въздействия в условията на нерегулярно вълнение.

Изследване динамиката на измервателните средства е направено в четвърта глава. Разработени са структурна схема и конструктивен модел на основния измервателен канал, дифинирани са динамичните характеристики на изследваните измервателни средства, диференциалното уравнение, предавателната функция, преходна и теглова функции, както и честотните динамични характеристики на измервателните средства.

В тази глава е направено моделиране (в средата на Simulink и SimMechanics) и изследване на динамиката на основния измервателен канал.

В глава пета е изследвана динамичната точност на средствата за измерване на параметри на подвижни обекти. Разгледани са основни характеристики на динамичната грешка и е направен анализ на съществуващи модели на динамичната грешка. Представена е структурна схема с привеждане на въздействията към входа и изхода на измервателното средство и структурна схема на динамичната грешка с номинален оператор и функционал на преобразуване. Разработени са структурна схема и математични модели на динамичната грешка, възникваща при инерционни смущаващи въздействия и на динамичната грешка, формираща се при измерване на бордово и килево клатене, крен и диферент на кораб.

В шеста глава е представен синтез на измервателни системи за измерване параметри на движещи се обекти, включващ синтез на измервателна система за ъглови колебания на движещия се обект въз основа на принципа на едновременните измервания, а така също основаваща се на моделите на динамиката на системата и обекта. Разработени са математичен модел на измервателната система, структурен модел на алгоритъм и елементите на филтъра на Калман.

В глава седма е описана апаратурата за експерименталните изследвания и осигуряване на единството на измерване, включваща обща характеристика на изпитателната апаратура за измервателни средства, работещи в динамичен режим, метрологични аспекти на експерименталните изследвания, стендова апаратура за определяне на честотните динамични характеристики със структурна схема, апаратен модул, интерфейс за връзка и управление. Представени са структурна схема, механичен модул, математичен модел на кинематиката на механичния модул и интерфейс за връзка и управление на стендова апаратура за изследване на динамичната точност. Решена е основната метрологична задача, свързана с осигуряването на единството на измерване на разработваните измервателни системи, съставена е структурна схема и конструктивен модел на изходното измервателно средство, интерфейс за връзка и управление и е разработен математичен модел, осигуряващ процедурата за калибриране на измервателната апаратура.

В осма глава се представя методика за определяне на динамичните характеристики на разработените измервателни системи и методика за изследване на тяхната точност. Систематизирани и анализирани са резултати от експерименталните изследвания за провеждане на експерименталните изследвания и са анализирани резултати от тях.

Дисертацията завършва със заключение, включващо приносите на автора, публикации, използвана литература и препратка към 14 приложения.

Актуалността на дисертационния труд се определя от необходимостта за създаване на съвременни средства за измерване и техническо оборудване за работа в динамичен режим, които да определят параметрите, характеризиращи пространствено-времето положение, режима на движение и други величини на подвижните обекти, както и разработването на модели и методи за анализ на динамичната точност на измервателните средства.

## **2. Обзор на цитираната литература**

Използваната литература включва 207 литературни източника, от които 166 на кирилица и 41 на латиница. Въз основа на анализа на посочените литературни източници на научна и практически ориентирана информация по тематиката са изведени ефективни решения, ориентирани към създаването на модели и методи за анализ на динамичната точност на системи за измерване на параметрите на движещи се обекти. Авторът коректно е цитирал използваните литературни източници и техните автори в дисертационния труд.

## **3. Методика на изследване**

При разработването на дисертационния труд, изследванията, свързани с него и анализа на получените резултати, е използвана методика, която съответства на темата, целите и задачите на дисертацията, включваща:

- теоретично изследване, базирано на основните постановки в областта на метрологията и измервателната техника, теория на случайни процеси и линейни динамични системи, теория на вероятностите и математическа статистика, теория на кинематиката и динамиката на механичните движения на материални обекти, моделиране на динамични системи и извеждане на теоретичните модели на динамичната грешка с помощта на спектрален анализ;

- приложна работа по създаването на измервателни системи за определяне на бордово и килево клатене, крен и диферент на кораб; апаратура за експериментални изследвания, включително математически апарат и йерархична схема за осигуряване на единството на измерване на измервателната техника, която може да бъде използвана за калибриране на средства и системи работещи в динамичен режим; а също така и стендова апаратура за определяне на честотните динамични характеристики на средствата;

- експериментални изследвания и статистическа обработка на резултатите, след изпитване на измервателните системи, апаратурата за експериментални изследвания и стендовата апаратура за определяне на честотните динамични характеристики на средствата за измерване.

## **4. Приноси на дисертационния труд**

В дисертационния труд могат да бъдат открити следните приноси с научен, научно-приложен и приложен характер.

Научни приноси:

1. Предложен е нов метод за създаване на измервателни средства и системи за безжироскопно определяне на параметри на движещи се обекти, който се базира от една страна на чувствително опростен механичен модул, а от друга – на съвременните високи постижения в областта на нанотехнологиите, микропроцесорната и компютърната техника.

2. Създаден е математическият апарат, позволяващ разработването на анализа и синтеза на измервателни системи по предложения метод. Математическите модели са съставени въз основа на възможно най-широкия спектър от характеристики, интегрирани

във функционалната цялост на системата вода - кораб - измервателно средство, което дава възможност за създаване на коригиращи алгоритми за обработване на измервателните сигнали в реално време, с цел - повишаване точността на измерване.

3. Разработен е математическият модел на динамичната грешка на средства, измерващи параметри на движещи се обекти, и са предложени методи за нейния анализ. Моделът има за цел да повиши не само точността на анализа, но се използва и като елемент от функционално-структурната организация на измервателните системи, което дава възможност за осигуряване на тяхната действителна точност относно критерия за минимум на средно-квадратичната грешка. По този начин се обезпечават адаптивността на измервателните системи в широки граници на изменение на измерваните величини и смущаващите въздействия.

Научно-приложни приноси:

1. В съответствие с основните принципи на предложения метод е разработена конкретна измервателна система, предназначена за измерване на бордово и килево клатене, крен и диферент на кораб. Високата динамична точност на измервателната система се обезпечават от допълнителен измервателен канал, работещ паралелно с основния. Принципът на работа на допълнителния измервателен канал се основава на подходящ коригиращ алгоритъм, използващ сигнали от линейни MEMS акселерометри.

2. Създадена е измервателна система за определяне на ъгловите колебания на кораб, основаваща се на моделите на динамиката на системата и обекта. Допълнителният измервателен канал, обезпечават високата динамична точност, е изграден на базата на измервателно-изчислителен метод, в който е заложено предположението, че информация за състоянието на системата може да бъде получена посредством теоретичния модел на динамиката му, чийто входен вектор се формира като резултат от текущите стойности на измерване.

3. Разработен е математическият апарат на алгоритъм за повишаване на динамичната точност на измервателни системи, използващи махалови датчици за вертикала в метрологичната си верига. Моделът е създаден въз основа на метода на Калман и има за цел да отстрани влиянието на редица смущаващи източници, всеки от които е с второстепенно значение, но сумарното им действие може да предизвика значително изкривяване на измервателния сигнал.

4. Съставен е математическият модел на алгоритъм за определяне на оптималната оценка на измерваната величина по критерия за минимум на средно-квадратичната грешка за измервателни системи, определящи параметри на движещи се обекти. Разработеният алгоритъм може да повиши съществено точността на измервателната система, защото той се основава на действителния модел на динамиката на движещия се обект.

5. Предложена е методика за определяне на динамичните честоти характеристики на измервателни средства и системи за определяне на ъгловите колебания на движещи се обекти, която се основава на създадената за целта стендова апаратура.

6. Съставени са математичните модели, обезпечават всички необходими условия за създаване на стенд-симулатори за изследване на метрологичните характеристики на измервателни средства, работещи на кораби. Разработените модели и създаденият въз основа на тях интерфейс за връзка и управление са достатъчно универсални за да могат да бъдат използвани при проектиране на други системи за калибриране на уреди, работещи на различни движещи се обекти, например - автомобили, самолети и др.

7. Създадено е изходно средство, въз основа на което и разработения за целта математически апарат, е съставена йерархична схема за калибриране на стенд-симулатора за изследване на динамичната точност. Това създава необходимите предпоставки за осигуряване на референтни качества на стенд-симулатора, необходими за обезпечаване на условията за единство на измерванията.

#### Приложни приноси

1. Създадена е стендова апаратура за изследване на динамичната точност на измервателни средства и системи, работещи на движещи се обекти, и по специално – на кораби. Апаратурата представлява стенд-симулатор, разработен на базата на шестстепенна платформа на Стюард, което осигурява необходимата чувствителност, маневреност и точност на движение на работната платформа.

2. Предложена е методика за изследване на точността на измерване на средства и системи, работещи на плаващи обекти, която е съставена за условия, които са максимално близки до реалната среда на работа на изследваните системи, защото се базира на възможностите на разработения стенд-симулатор.

#### 5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Към дисертационния труд са приложени 22 публикации, от които 7 статии в специализирани списания (две от публикациите са в списание с импакт-фактор) и 15 доклада, представени на международни научни конференции и симпозиуми. От публикациите шест са самостоятелни. Публикациите имат научен и научно-приложен характер и са част от дисертационния труд. Представени са 16 известни цитирания на трудове на автора, които са свързани с дисертационния труд.

#### 6. Авторство на получените резултати

Няма съмнения относно оригиналността на дисертационния труд "Модели и методи за анализ на динамичната точност на системи за измерване на параметри на движещи се обекти" на доц. д-р инж. Димитър Андонов Дичев, който коректно е цитирал използваните литературни източници и техните автори.

#### 7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е оформен съгласно изискванията и отразява съдържанието на дисертационния труд.

#### 8. Забележки по дисертационния труд

Авторът е структурирал много добре дисертацията, описанието на постигнатите резултати е съпътствано с необходимите фигури, графики, таблици, към всяка глава са направени изводи, а на базата на резултатите от изследванията са формулирани основните приноси в дисертационния труд, към който имам следните забележки:

1. Обемът на дисертационния труд може да бъде намален като описания, известни в теорията се дадат в приложенията към дисертацията.

2. За по-пълното решаване на задачата за осигуряване на единството на измерванията в динамичен режим в дисертационния труд е необходимо по-подробно да бъде анализирана неопределеността на резултатите от измерването.

Направените забележки не намаляват стойността на дисертационния труд.

## 9. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да **предложа** да бъде придобита научната степен „Доктор на науките” от доц. д-р инж. Димитър Андонов Дичев в област на висше образование: „Технически науки” професионално направление: „Машинно инженерство” специалност: „Метрология и метрологично осигуряване”

16.09.2015 г.

Подпис:

/доц. д-р инж. Ил. Железаров/

Заличено обстоятелство,  
на основание чл. 2 от ЗЗЗД