**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ФАКУЛЬТЕТ АВІАЦІЙНИХ І КОСМІЧНИХ СИСТеМ**

**КАФЕДРА ІНФОРМАЦІЙНО – ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

|  |  |
| --- | --- |
| «На правах рукопису»УДК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | «До захисту допущено»Завідувач кафедри\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.С. Єременко«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2018 р. |

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»**

**на тему: «Методи дослідження характеристик об’єктів в динамічному режимі»**

Виконала:

студентка УI курсу, групи ВВ-61м

Литвин Тетяна Володимирівна \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Керівник:

професор, д.т.н., професор

Єременко В.С. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Рецензент:

доцент кафедри АЕД, к.т.н., доцент

Самарцев Ю.М. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

**РЕФЕРАТ**

Магістерська дисертація: 95с., 48 рис., 23 табл., 3 додатки, 52 джерела.

 Об’єкт дослідження – визначення траєкторії руху досліджуваного об’єкту на основі даних GPS-навігації та класифікація випробувальних ділянок колії за такими характеристиками кривизни повороту колії, як радіус кривої та її довжина.

 Мета роботи - розробка GPS системи визначення радіусу кривизни залізничного полотна та визначення ділянок зі стаціонарними параметрами руху.

 Метод дослідження – методи статистичної обробки, побудови апроксимаційних залежностей, метод найменших квадратів, метод попередньої обробки даних, метод найменших квадратів та метод аналізу векторів, алгоритм апроксимації GPS-координат окружністю методом найменших квадратів та аналіз векторів.

Визначення меж прямих ділянок та радіусу кривизни кривих здійснюється на основі алгоритму апроксимації GPS-координат окружністю методом «найменших квадратів». Шляхом вибору адаптивного розміру вікна в залежності від швидкості руху досліджуваного об’єкта, здійснюється апроксимація вхідних даних окружністю з обмеженням радіусу від 250 м. до 900м. Для знаходження моментів розладки за основу було взято алгоритм Ш’юхарта. Для аналізу відбираються дані по методу переміщення часового вікна.

Удосконалено метод попередньої обробки даних при ходових динамічних випробуваннях та розроблено архітектуру комп'ютеризованої системи контролю технічного стану вузлів залізничного транспорту, що дозволяє разом з записом інформаційних сигналів здійснювати реєстрацію просторових координат знаходження об’єкта діагностики та вимірювати його швидкість руху на основі GPS-навігації.

 Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження - присутнiй попит та рентабельнiсть роботи на ринку.

Ключові слова: ТЯГОВО-РУХОМИЙ СКЛАД, АПРОКСИМАЦІЯ, GPS-НАВІГАЦІЯ, КРИВИЗНА, МОНІТОРИНГ, АЛГОРИТМ Ш’ЮХАРТА.

**ABSTRACT**

The total volume of - 95с., 48 illustrations, 23 tables, 3 applications, the number of bibliographic items - 52.

 The object of the study is to determine the trajectory of the subject's motion by the GPS-navigation data and to classify the test sections of the track according to the characteristics of the curvature of the turn of the track, as the radius of the curve and its length.

 The purpose of the work is to develop a GPS system for determining the radius of curvature of a railroad web and to determine the areas with stationary traffic parameters.

 The research method is the methods of statistical processing, construction of approximation dependencies, the method of least squares, the method of preliminary processing of data and the method of analysis of vectors, the algorithm for approximating GPS coordinates by a circle by the method of least squares and analysis of vectors.

The determination of the boundaries of the straight sections and the radius of curvature of the curves is carried out on the basis of the algorithm of GPS-coordinate approximation by the "least squares" method. By selecting an adaptive window size depending on the speed of the object, carried approximation input circle with restriction radius of 250 m. To 900m. To find the moments of the disorder, the Schüchart algorithm was used as the basis. For analysis, data are collected using the method of moving the time window.

The method of preliminary processing of data during dynamic dynamic tests has been improved and the architecture of the computerized system, the control of the technical state of the railway transport nodes has been developed, which allows, along with the recording of information signals, to register the spatial coordinates of the finding of the diagnostic object and measure its speed on the basis of GPS navigation.

Foreseeable assumptions about the development of the research object - there is demand and profitability in the market.

Keywords: TYPE-DRIVE COMPOSITION, APROXIMATION, GPS-NAVIGATION, CURVATURE, MONITORING, SHYUKHART ALGORITHM.

**РЕФЕРАТ**

Магистерская диссертация: 95 с., 48 рис., 23 табл., 3 приложения, 52 источника.

Объект исследования - определение траектории движения исследуемого объекта на основе данных GPS-навигации и классификация испытательных участков пути с такими характеристиками кривизны поворота пути, как радиус кривой и ее длина.

Цель работы - разработка GPS системы определения радиуса кривизны железнодорожного полотна и определения участков со стационарными параметрами движения.

Метод исследования - методы статистической обработки, построения апроксимационных зависимостей, метод наименьших квадратов, метод предварительной обработки данных, метод наименьших квадратов и метод анализа векторов, метод аппроксимации GPS-координат окружностью методом наименьших квадратов и анализ векторов.

Определение границ прямых участков и радиуса кривизны кривых осуществляется на основе алгоритма аппроксимации GPS-координат окружностью методом «наименьших квадратов». Путем выбора адаптивного размера окна в зависимости от скорости движения исследуемого объекта, осуществляется аппроксимация входных данных окружностью с ограничением радиуса от 250 м. до 900м. Для нахождения моментов разладки за основу был взят алгоритм Шъюхарта. Для анализа отбираются данные по методу перемещения временного окна.

Усовершенствован метод предварительной обработки данных при ходовых динамических испытаниях и разработана архитектура компьютеризированной системы контроля технического состояния узлов железнодорожного транспорта, что позволяет вместе с записью информационных сигналов осуществлять регистрацию пространственных координат нахождения объекта диагностики и измерять его скорость движения на основе GPS-навигации.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования - присутствует спрос и рентабельность работы на рынке.

Ключевые слова: ТЯГОВО-ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ АППРОКСИМАЦИЯ, GPS-НАВИГАЦИЯ, КРИВИЗНА, МОНИТОРИНГ, АЛГОРИТМ ШЬЮХАРТА.

**ЗМІСТ**

[**ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ** 3](#_Toc514138823)

[**ВСТУП** 4](#_Toc514138824)

[**РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА КОМП’ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ ТЯГОВО-РУХОМОГО СКЛАДУ** 6](#_Toc514138825)

[**1.1** **Система відеореєстрації для залізничного транспорту** 6](#_Toc514138826)

[**1.2** **Вібродіагностичний комплекс на базі СМ-3001** 9](#_Toc514138827)

[**1.3** **Вібродіагностичний комплекс «ОМСД».** 10](#_Toc514138828)

[**1.4** **Застосування комп’ютерного моделювання при діагностуванні тягово-рухомого складу** 12](#_Toc514138829)

[**1.5** **Алгоритм Сегена-Сандерсона** 18](#_Toc514138830)

[**1.6** **Алгоритм Надлера-Роббінза** 19](#_Toc514138831)

[**1.7** **Алгоритм сигнального відношення** 19](#_Toc514138832)

[**1.8** **Вимоги до побудови комп’ютеризованих систем контролю параметрів тягомо-рухомого складу** 21](#_Toc514138833)

[**1.9** **Висновки** 24](#_Toc514138834)

[**РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ РАДІУСІВ КРИВИЗНИ КОЛІЇ** 26](#_Toc514138835)

[**2.1** **Розробка та розрахунок структурної схеми програмного забезпечення системи визначення параметрів руху досліджуваного об’єкта** 26](#_Toc514138836)

[**2.2** **Розробка алгоритму роботи та обробки інформації системи визначення радіусів кривизни колії** 30](#_Toc514138837)

[**2.3** **Програмний модуль обробки даних GPS – навігації** 31](#_Toc514138838)

[**2.4** **Розробка функціональної схеми програмного забезпечення системи визначення параметрів руху досліджуваного об’єкта** 41](#_Toc514138839)

[**2.5** **Опис програмного забезпечення підсистеми визначення параметрів руху досліджуваного об’єкту** 42](#_Toc514138840)

[**2.5.1** **Модуль зчитування даних з GPS-файлу та індикації основної інформації** 42](#_Toc514138841)

[**2.5.2** **Модуль побудови гістограм статистики значень швидкостей та радіусів кривих** 43](#_Toc514138842)

[**2.5.3** **Модуль попередньої корекції результату пошуку кривих ділянок траєкторії руху об’єкта** 46](#_Toc514138843)

[**2.5.4** **Модуль підрахунку радіусів кривизни** 46](#_Toc514138844)

[**2.5.5** **Модуль встановлення відповідності між точками початку та кінця кривих з індексами GPS-файлу** 49](#_Toc514138845)

[**2.5.6** **Програмний модуль відбору кривих з певного діапазону значень радіусів** 50](#_Toc514138846)

[**2.5.7** **Модуль запису результатів в текстовий файл** 50](#_Toc514138847)

[**2.5.8** **Розрахунок показників якості ІСІТ** 51](#_Toc514138848)

[**2.6** **Висновки** 52](#_Toc514138849)

[**РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК ПІДПРОГРАМИ ВИЯВЛЕННЯ СТРИБКОПОДІБНОЇ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИГНАЛУ** 53](#_Toc514138850)

[**3.1** **Виділення часових реалізацій однорідних вимірювальних даних** 53](#_Toc514138851)

[**3.2** **Алгоритми виявлення стрибкоподібних змін властивостей сигналу** 56](#_Toc514138852)

[**3.2.1** **Типи впливових факторів** 57](#_Toc514138853)

[**3.2.2** **Алгоритм кумулятивних сум** 59](#_Toc514138854)

[**3.2.3** **Алгоритм Ш'юхарта** 61](#_Toc514138855)

[**3.3** **Програмна реалізація алгоритмів виявлення стрибкоподібної зміни властивостей сигналу** 62](#_Toc514138856)

[**3.4** **Застосування комп’ютерного моделювання для дослідження та відладки програмних модулів** 66](#_Toc514138857)

[**3.5** **Результати обробки даних ходових динамічних випробувань** 72](#_Toc514138858)

[**3.6** **Висновки** 74](#_Toc514138859)

[**РОЗДIЛ 4. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ** 76](#_Toc514138860)

[**4.1** **Опис iдеї проекту** 76](#_Toc514138861)

[**4.2** **Технологічний аудит ідеї проекту** 78](#_Toc514138862)

[**4.3** **Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту** 78](#_Toc514138863)

[**4.4** **Розроблення ринкової стратегії проекту** 84](#_Toc514138864)

[**4.5** **Розроблення маркетингової програми стартап-проекту** 86](#_Toc514138865)

[**4.6** **Висновки до четвертого роздiлу** 89](#_Toc514138866)

[**ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ** 90](#_Toc514138867)

[**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ** 91](#_Toc514138868)

[**ДОДАТОК А** 96](#_Toc514138869)

[**ДОДАТОК Б** 100](#_Toc514138870)

[**ДОДАТОК В** 104](#_Toc514138871)

# **ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ І СКОРОЧЕНЬ**

АЦП - Аналогово-цифровий перетворювач

cDAQ - Compact Data Acquisition System ( Система накопичення даних)

УМ – «Універсальний механізм»

СВР – Система залізничної відеореєстрації.

ПК – Персональний комп’ютер.

АЛСН – Автоматична локомотивна сигналізація.

 GPS - Global Positioning System (Система глобального позиціонування).

 NI - National Instruments.

 ГОСТ - Міждержавний стандарт країн СНД

 ДСТУ - Державні стандарти України.

 ЕОМ – Електронна обчислювальна машина.

 ІВС - Інформаційно-вимірювальна система.

 ОТРС - Об’єкт тягово-рухомого складу.

 ПЛІС - Програмована логічна інтегральна схема.

 ТРС – Тягово-рухомий склад.

 УЗ – Українські залізниці.

КСК - Комп’ютеризована система контролю

# **ВСТУП**

В наш час, постійний контроль залізничного транспорту є дуже актуальним та важливим питанням. Моніторинг робочого технічного стану функціонуючих в інтенсивному режимі залізничних магістралей – є обов'язковою регулярно діючою технологічною операцією по підтримці безпеки руху в транспортній галузі кожної економічно розвиненої країни. Діагностика та контроль технічного стану об’єктів залізничного транспорту є невід’ємним атрибутом його функціонування, адже завдяки всебічному контролю досягається необхідний рівень надійності, безпеки та стабільності перевезень вантажів та пасажирів.

У всіх економічно розвинених країнах залізничний транспорт є стратегічно важливою галуззю національної економіки і, крім того, забезпечує зайнятість і ділову активність частини працездатного населення країни. На потреби залізничної галузі працюють такі галузі народного господарства, як металургія, прокат металів, машинобудування й інші. Залізниця забезпечує основну частку вантажних і пасажирських перевезень у країні і, відповідно, є джерелом вагомої частини бюджетних надходжень. Сьогодні спостереження за транспортом є дуже актуальним, будь це легковий автомобіль, або ж залізнично транспортний засіб. Діагностика та контроль технічного стану об’єктів залізничного транспорту є невід’ємним атрибутом його функціонування, адже завдяки всебічному контролю досягається необхідний рівень надійності, безпеки та стабільності перевезень вантажів та пасажирів.

GPS-моніторинг транспорту - це спосіб відстеження і контролю пересування і стану транспортних засобів за допомогою сучасних високотехнологічних супутникових систем. За допомогою спеціальних датчиків, встановлених на засобі пересування, супутникова система визначає місцезнаходження транспортного засобу і виробляє GPS стеження в режимі реального часу. Дані системи дозволяють безпечніше керувати транспортним засобом, наприклад, попереджуючи машиніста про небезпечні ділянки колії, та допомагаючи в регулюванні швидкості та інших параметрів транспортного засобу. Особливо такий контроль важливий у гірських районах і інших регіонах, небезпечних у геологічному відношенні (можливість переміщення ґрунтів і порід).

В зв’язку з центральним географічним розташуванням, через Україну проходить велика кількість інтенсивних транспортних шляхів та вантажних трансконтинентальних потоків "північ–південь" і "захід–схід". Тому залізниці для України є великою історично сформованою національною інфраструктурою що гарантує транзитні перевезення. В даний час залізничний транспорт в Україні успішно і динамічно розвивається.

Система моніторингу залізничного транспорту, за допомогою супутникових технологій, забезпечує цілодобовий gps моніторинг на залізниці, що дозволяє підвищити рівень безпеки перевезень, виробляє якісний контроль за збереженням вантажів, усуває нецільове використання пального і тепловозів, зменшує аварійність, затримки руху і навіть запобігає багатьом поломкам. Професійні системи моніторингу GPS / ГЛОНАСС повністю забезпечать контроль вантажоперевезень і переміщення залізничного транспорту, контейнерів, а також контроль витрати палива маневрових тепловозів  (при роботі на ЖД станціях, для переміщення вагонів і складання жд складів).

# **ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ**

В дисертації розв’язана актуальна науково-прикладна задача з розробки комп’ютеризованої системи контролю параметрів рухомого складу залізничного транспорту, в результаті яких були отримані наступні основні результати:

1. На основі проведеного аналізу методів та засобів діагностики рухомого складу обґрунтовано шляхи їх удосконалення з метою підвищення точності визначення параметрів досліджуваного об’єкта.

2. Удосконалено метод попередньої обробки даних при ходових динамічних випробуваннях та розроблено архітектуру комп'ютеризованої системи, що його реалізує, що дозволило підвищити точність вимірювання параметрів рухомого складу, а саме систематична похибка зменшена в 7 раз, випадкова в 2 рази.

3. Розроблене поєднання алгоритмів виявлення стрибкоподібної зміни властивостей сигналів з інформацією про режими руху досліджуваного об’єкту та кривизни колії дозволяє сформувати вибірки даних для подальшого застосування в програмних моделях та для розрахунку параметрів технічного стану тягово-рухомого складу.

4.Розроблено пакет прикладного спеціалізованого програмного забезпечення комп'ютеризованої системи для обробки вимірювальних даних динамічних випробувань, що реалізує запропоновані методи та алгоритми обробки даних.

 5. Розроблено комп’ютеризовану систему контролю технічного стану вузлів залізничного транспорту, що дозволяє разом з записом інформаційних сигналів здійснювати реєстрацію просторових координат знаходження об’єкта діагностики та вимірювати його швидкість руху на основі GPS-навігації. Що дало можливість чітко співставити результати обробки даних, характеристикам кривизни колії та режимам руху досліджуваного об’єкта.

# **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Петрухин В. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации: учебное пособие / В. В. Петрухин, С. В. Петрухин. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 176 с.

2. Кузінок О. О. Удоконалення проведення ревізії букс пасажирських вагонів засобами діагностики / Олексій Олександрович Кузінок.// Збірник наукових праць Української Державної академії залізничного транспорту. – 2013. – №142. – С. 124–128.

3. Погорелов Д. Ю. Компьютерное моделирование динамики технических систем с использованием программного комплекса «Универсальный механизм» // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2005. – № 4. – С. 27-34.

4. Дьомін Ю.В. Комп’ютерне моделювання динаміки рейкових транспортних засобів / Ю. В. Дьомін, О. П. Заховайко, Г. Ю. Черняк, П. А. Шевчук // Вісник НТУУ «КПІ». Серiя машинобудування. – 2014. – С. 94–98.

5. Алямовский А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А. А., Собачкин А. А., Одинцов Е. В., Харитонович А. И., Пономарев Н. Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

6. Черняк Г. Ю. Уточнення математичної моделі динаміки пасажирського вагона / Г. Ю. Черняк, Т. Л. Мосейчук // Зб. наук. пр. КУЕТТ. Сер. «Транспортні системи і технології». – 2005. – № 8. − С. 108−116.

7. Бирюков И. В. Механическая часть тягового подвижного состава / И. В. Бирюков, А. Н. Савоськин, Г. П. Бурчак и др.; под ред. И. В. Бирюкова. – М.: Транспорт, 1992. – 440 с.

8. Шегедін П. А. Система вибрационной диагностики / Ю. В. Куц, Є. Ф. Суслов, П. А. Шегедін, А. В. Переїденко. // Материалы 8-й Международной научно-практической конференции [«Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabVIEW и технологии National Instruments»]. – 2009. – С. 57–60.

9. Segen J., Sanderson A.C. Detecting Change In a Time-Series // IEEE Transactions on Information Theory. – 1980. – vol. IT-26, №2. – p. 249-255.

10. Nadler J., Robbins N.B. Some characteristics of page’s two-sided procedure for detecting a change in a location parameter. // The Annals of Mathematical Statistics. – 1971. – vol. 42, №2. – p. 231-238.

11. Калишев О.Н. Метод диагностирования измерительных каналов с учетом предыстории // Автоматика и телемеханика. – 1988. – №6. – с. 135-143.

12. Андриянов А. В. Цифровая обработка информации в измерительных приборах и системах / А. В. Андриянов, И. И. Шпак. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 176 с.

13. Вериго М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – M.: Транспорт, 1986. – 559 с.

14. Lo1997-1. Техническое отношение к удлинению срока эксплуатации электровозов ЧС2 /34Е и 53Е/ и ЧС4 /52Е/ над нормативный срок службы. – Чехия: Пльзень: Шкода ТТ, 1997 г. – 9 с.

15. Канали вимірювальні вимірювальних інформаційних систем та автоматизованих систем керування технологічними процесами: ДСТУ 4134-2002. – [Чинний від 2002-12-28]. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 17 с. – (Національний стандарт України).

16. Евдокимов Ю. К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линдваль, Г. И. Щербаков. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.

17. Суранов А. Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям / А. Я. Суранов. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

18. Шегедін П. А. Система вібродіагностики залізничного транспорту / П. А. Шегедін, В. С. Єременко, Ж. О. Павленко. // Матеріали Тринадцятої міжнародній науково-технічній конференції ―Приладобудування: стан і перспективи‖ 23 - 24 квітня 2014 р. м. Київ, (КПІ) Україна. – 2014. – С. 199 –200.

19. http://om.net.ua/17/17\_5/17\_57456\_algoritm-opredeleniya-koordinat.html

20. [http://ukrbukva.net/page,26,31422-Sputnikovye-sistemy-navigacii-GPS-i-Glonass.html](http://ukrbukva.net/page%2C26%2C31422-Sputnikovye-sistemy-navigacii-GPS-i-Glonass.html)

21. Є. Т. Скорик, Л. П. Пасічник, В. М. Кондратюк, CУПУТНИКОВІ ТЕХНОЛОГІЇ РАДІОНАВІГАЦІЇ ТА РАДІОЗВ'ЯЗКУ В ЗАЛІЗНИЧНІЙ ГАЛУЗІ, Наука та інновації.2007.Т 3.No 1.С. 90–105.

22. UIC Code 518: Testing and Approval of Railway Vehicles from the Point of View of Their Dynamic Behaviour – Safety – Track Fatigue – Ride Quality: 4rd edition, 2009. – 129 p.

23. EN 14363:2005 Railway applications – testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles – testing of running behavior and stationary tests. – С.113.

24. Вериго М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. – M.: Транспорт, 1986. – 559 с.

25. Бродский Б. Е. Асимптотически оптимальные методы в задаче скорейшего обнаружения разладки. Исследование методов скорейшего обнаружения / Б. Е. Бродский // Автоматика и телемеханика. – 1995. – №10. – С. 50-59.

26. Бородкин Л. И. Алгоритм обнаружения моментов изменения параметров уравнения случайного процесса / Л. И. Бородкин, В. В. Моттль // Автоматика и телемеханика. – 1976. – №6. – С. 23-32.

27. Бродский Б. Е. Асимптотически оптимальные методы в задаче скорейшего обнаружения разладки. Характеристики методов скорейшего обнаружения разладки / Б. Е. Бродский // Автоматика и телемеханика. – 1995. – №9. – С. 60-72.

28. Бродский Б. Е. Асимптотически оптимальные методы в задаче скорейшего обнаружения разладки. Исследование методов скорейшего обнаружения / Б. Е. Бродский // Автоматика и телемеханика. – 1995. – №10. – С. 50-59.

29. Бродский Б. Е. О задаче скорейшего обнаружения момента изменения вероятностных характеристик случайной последовательности / Б. Е. Бродский, Б. С. Дарховский // Автоматика и телемеханика. – 1983. – №10. – С. 125-131.

30. Бродский Б. Е. Проблемы и методы вероятностной діагностики / Б. Е. Бродский, Б. С. Дарховский // Автоматика и телемеханика. – 1999. – №8. – С. 3-50.

31. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем: Пер. с англ./ М. Бассвиль, А. Вилки, А. Банвенист и др.; Под ред. М. Бассвиль, А. Банвениста. – М.: Мир, 1989. – 278 с., ил.

32. Жиглянский А. А. Обнаружение разладки случайных процес сов в задачах радиотехники / А. А. Жиглянский, А. Е. Красковский. – Л.: Издательтво Ленинградского университета, 1988. – 224 с.

33. Бывайков М.Е. О робастности в задаче обнаружения изменения параметра сдвига случайного процесса / М. Е. Бывайков, А. А. Ромащев // Автоматика и телемеханика. – 1989. – №7. – С. 138-143.

34. Воробейчиков С. Э. Об обнаружении изменения среднего в последовательности случайных величин / С. Э. Воробейчиков // Автоматика и телемеханика. – 1998. – №3. – С. 50-56.

35. Никифоров И. В. Применение кумулятивных сумм для обнаружения изменения характеристик случайного процесса / И. В. Никифоров // Автоматика и телемеханика. – 1979. – №2. – С. 48-58.

36. Никифоров И. В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов / И. В. Никифоров. – М.: Наука, 1983. – 200 с.

37. Borodkin N. N. The dynamic characteristics of the structural elements of mining equipment based on composites with jelly containing waste / N. N. Borodkin. – Proceedings of the Tula State University. Natural science. – № 1, 2009. – Р. 193-200.

38. Fedosov V. P. Digital signal processing in LabVIEW / V. P. Fedosov, A. K. Nesterenko. – Moscow: DMK Press, 2007. – 256 р.

39. Бродский Б. Е. Сравнительный анализ некоторых непараметрических методов скорейшего обнаружения момента ―разладки‖ случайной последовательности / Б. Е. Бродский, Б. С. Дарховский // Теория вероятностей и ее применения. – 1990. – т.35, №4. – С. 655-668.

40. Kerr T. H. Real-Time Failure Detection: A Nonlinear Optimization Problem That Yields a Two-Ellipsoid Overlap Test / T. H. Kerr // Journal Of Optimization Theory And Applications. – 1977. – vol. 22, №4. – Р. 509-536.

41. М. Бассвиль Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем / М. Бассвиль, А. Банвениста. – М.: Мир. 1989. –138 с.

42. Nadler J. Some characteristics of page’s two-sided procedure for detecting a change in a location parameter / J. Nadler, N. B. Robbins // The Annals of Mathematical Statistics. – 1971. – vol. 42, №2. – Р. 231-238.

43. Segen J. Detecting Change In a Time-Series / J. Segen, A.C. Sanderson // IEEE Transactions on Information Theory. – 1980. – vol. IT-26, №2. – Р. 249-255.

44. Орлов А. И. Устойчивость в экономических моделях / А. И. Орлов. – М.: Наука, 1979. – 296 с.

45. Большев Л. Д. Таблицы математической статистики / Л. Д. Болышев, Н. В. Смирнов. – М.: Наука, 1983.– 416 с.

46. Гаек Г. Теория ранговых критериев: Пер. с англ. / Г. Гаек, З. Шидак. – М.: Наука, 1971. – 376 с.

47. Крамер Г. Математические методы статистики: Пер. с англ. / Г. Крамер. – М.: Мир, 2-е изд., 1975. – 648 с.

48. Уилкс С. Математическая статистика / С. Уилкс. – М.: Наука, 1967. – 632 с.

49. Мюллер П. Таблицы по математической статистике: Пер. с нем. / П. Мюллер, П. Норман, Р. Шторм. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 278 с.

50. Фишер Р. А. Статистические методы для исследователей /Р. А. Фишер. – М.: Госстатиздат, 1958. – 134 с.

51. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества: Пер. с нем. / Р. Шторм – М.: Мир, 1970. – 368 с.

52. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. / Кобзарь А. И. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.