International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students

об'єктно-орієнтовані технології

ЕОМ

КОНТРОЛЕР

ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ

МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА

ACTUAL PROBLEMS OF AUTOMATION AND CONTROL

conference materials

АСУ

АСУ ТП

ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА

КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ЕОМ

інформаційні системи

Issue № 9 Lutsk - 2021

ОРГАНІЗАТОРИ

Луцький національний технічний університет, Луцьк (Україна)
Кафедра автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій

Національний університет «Львівська політехніка», Львів (Україна)
Кафедра автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій

Київський Національний університет харчових технологій, Київ (Україна)
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро (Україна)
Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ (Україна)
Факультет інженерних систем та екології

Люблінська Політехніка, Люблін (Польща)
Інститут електроніки та інформаційних технологій

Сальвадорський університет, Сальвадор (Бразилія)
Школа архітектури, інженерії та інформаційних технологій
Центр досліджень з моделювання проектів та процесів інженерії та інформаційних технологій

Політехнічний інститут Браганса, Браганса (Португалія)
Центр дослідження цифрових технологій та інтелектуальної робототехніки (CeDRI)
Кафедра механічних технологій

Таразський державний університет, Тараз (Казахстан)
Кафедра хімії і хімічних технологій

ORGANIZERS

Lutsk National Technical University, Lutsk (Ukraine)
Department of Automation and Computer - Integrated Technologies

Lviv Polytechnic National University, Lviv (Ukraine)
Department of Automation and Computer - Integrated Technologies

Kiev National University of Food Technologies, Kiev (Ukraine)
Department of Automation and Computer Technology of Control Systems

National Technical University Dnipro Polytechnic , Dnipro (Ukraine)
Department of Cyber-Physical and Information-Measuring Systems

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev (Ukraine)
Faculty of Engineering Systems and Ecology

Lublin University of Technology, Lublin (Poland)
Institute of Electronics and Information Technology

Salvador University, Salvador - Bahia (Brasil)
School of Architecture, Engineering and IT
Modeling and Simulation of Engineering Projects and Process Team

Bragança Polytechnic Institute (Portugal)
Research Centre in Digitalization and Intelligent Robotics (CeDRI)
Mechanical Technology Department

Taraz State University, Taraz (Kazakhstan)
Department of Chemistry and Chemical Technology

ГОЛОВА ПРОГРАМНОГО КОМІТЕТУ

І. ВАХОВИЧ - д.е.н., професор, ректор Луцького національного технічного університету (Україна)

ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ

А. ЛАДАНЮК - д.т.н., професор кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління Київського Національного університету харчових технологій (Україна)

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Є. ПІСТУН – д.т.н., професор кафедри автоматизації та комп'ютерно – інтегрованих технологій Національного університету «Львівська політехніка» (Україна)

В. ТКАЧЕВ – д.т.н., професор, завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» м. Дніпро (Україна)

Б. ПАЛЬЧЕВСЬКИЙ – д.т.н., професор кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету (Україна)

О. ПРИЙМАК – д.т.н., професор, декан факультету інженерних систем та екології Київського національного університету будівництва і архітектури (Україна)

PAWEL KOMADA – доктор інженерії, заступник директора інституту електроніки та інформаційних технологій Люблінської Політехніки (Польща)

LEILA M.A. CAMPOS – інженер-хімік школи архітектури, інженерії та інформаційних технологій Сальвадорського університету (Бразилія)

MARIANA L. MURARI – професор центру досліджень з моделювання проектів та процесів інженерії та інформаційних технологій Сальвадорського університету (Бразилія)

LUÍS FRÖLÉN RIBEIRO – координатор професор кафедри механічних технологій Політехнічного інституту Браганса (Португалія)

PAULO LEITAO – координатор професор Політехнічного інституту Браганса; Координатор Центру дослідження цифрових технологій та інтелектуальної робототехніки (CeDRI) Політехнічного інституту Браганса (Португалія)

Б. МАСАЛИМОВА – к.х.н., завідувач кафедри хімії і хімічних технологій Таразського державного університету (Казахстан)

CHAIRMAN OF THE PROGRAM COMMITTEE

I. VAKHOVYCH - Doctor of Economic Sciences, Professor, Rector of Lutsk National Technical University (Ukraine)

DEPUTY CHAIRMAN

A. LADANYUK - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation and Computer Technology of Control Systems of Kyiv National University of Food Technologies (Ukraine)

PROGRAM COMMITTEE

Y. PISTUN - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of Lviv Polytechnic National University (Ukraine)

V. TKACHEV - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Cyber-Physical and Information-Measuring Systems of National Technical University Dnipro Polytechnic (Ukraine)

B. PALCHEVSKYI - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Automation and Computer-Integrated Technologies of Lutsk National Technical University (Ukraine)

O. PRYMAK – Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Engineering Systems and Ecology of Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

PAWEL KOMADA - Doctor of Engineering, Deputy Director of the Institute of Electronics and Information Technology of Lublin University of Technology (Poland)

LEILA M.A. CAMPOS – Engineer Chemist of the School of Architecture, Engineering and IT of Salvador University (Brasil)

MARIANA L. MURARI – Professor of Modeling and Simulation of Engineering Projects and Process Team of Salvador University (Brasil)

LUÍS FRÖLÉN RIBEIRO – Coordinator Professor of Mechanical Technology Department of Bragança Polytechnic Institute (Portugal)

PAULO LEITAO – Coordinator Professor at Polytechnic Institute of Bragança; Coordinator of the Research Centre in Digitalization and Intelligent Robotics (CeDRI) of Bragança Polytechnic Institute (Portugal)

B. MASALIMOVA – Ph.D., Head of the Department of Chemistry and Chemical Technology of Taraz State University (Kazakhstan)

ГОЛОВА ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ

О. ЗАБОЛОТНИЙ – к.т.н., доцент, проректор з науково-педагогічної роботи та досліджень Луцького національного технічного університету

ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ

О. РЕШЕТИЛО – к.т.н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

І. КОНДІУС – к.е.н., доцент, декан факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Луцького національного технічного університету

Л. ГУМЕНЮК – к.т.н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету

В. ЛОТИШ – к.т.н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету

П. ГУМЕНЮК – к.т.н., доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету

Ю. ЛАПЧЕНКО – к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету

СЕКРЕТАР КОНФЕРЕНЦІЇ

Р. ГРУДЕЦЬКИЙ – ст. викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Луцького національного технічного університету

CHAIRMAN OF THE ORGANIZING COMMITTEE

O. ZABOLOTNYI - Ph.D., Associate Professor, Vice-rector on scientific and pedagogical work and research of Lutsk National Technical University

DEPUTY CHAIRMAN

O. RESHETYLO - Ph.D., Associate Professor of the Department of Automation and Computer - Integrated Technologies of Lutsk National Technical University

ORGANIZING COMMITTEE

I. KONDIUS - Ph.D., Associate Professor, Dean of the Faculty of Computer and Information Technology of Lutsk National Technical University

L. GUMENIUK - Ph.D., Associate Professor of the Department of Automation and Computer - Integrated Technologies of Lutsk National Technical University

V. LOTYSH - Ph.D., Associate Professor of the Department of Automation and Computer - Integrated Technologies of Lutsk National Technical University

P. HUMENIUK - Ph.D., Associate Professor of the Department of Automation and Computer - Integrated Technologies of Lutsk National Technical University

Y. LAPCHENKO - Ph.D., Associate Professor, Acting Head of the Department of Automation and Computer - Integrated Technologies of Lutsk National Technical University

CONFERENCE SECRETARY

R.GRUDETSKIY - Senior Lecturer of the Department of Automation and Computer - Integrated Technologies of Lutsk National Technical University

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ОСВІТИ, НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА

Gorbiychuk M., Lazoriv N., Lazoriv A. Study of stability of linear systems under uncertainty …… 6

Островская Е.Ю., Книга М.М. Автоматизация торговых стратегий на криптовалютных рынках …… 8

Решетило О.М., Смолянкін О.О. Автоматизована система керування роботизованим клініговим пристроєм …… 13

Salivon V. K., Dyshlevyi O.P. The approach of Telegram integration to automation of the Jira project management mechanism …… 25

СЕКЦІЯ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

Війтенко А.М., Павловський В.І. Комп'ютерна ERP-система осучаснених розрахунків теплопостачання м. Одеси …… 31

Походило Є. В., Стасишин Ю. А., Саф'яник В. Г. Вимірювання електричних параметрів спиртових розчинів як параметрів ідентифікації …… 34

Стельмащук Г.Л., Лотиш В.В. Імітаційна модель автомобільної парковки …… 39

СЕКЦІЯ 3 ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Павловський В.І., Савосько О.М. Виявлення шкідливого трафіку за використанням глибинного навчання …… 45

СЕКЦІЯ 4 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ НА ТРАНСПОРТІ

Дендаренко В. Ю., Гончар С.В., Удовенко М. Ю., Новіков М. В. Проблеми забезпечення транспортування нафтопродуктів …… 49

СЕКЦІЯ 5 АВТОМАТИКА В ЕЛЕКТРОНІЦІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Лишук В.В. Дослідження тиристорного регулятора напруги …… 53

Сахарчук П.В., Сацик В.О., Заблоцький В.Ю. Автоматика в електроніці та телекомунікаціях …… 56

СЕКЦІЯ 6 УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

Вовк П. Б. Аналіз платформи MICROSOFT AZURE …… 59

СЕКЦІЯ 7 МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

Гальчук Т.Н., Михальчук О.О. Метрологічне забезпечення контролю зубчастих коліс …… 63

Денисюк В.Ю. Метрологічне забезпечення вимірювань в скануючучій силовій мікроскопії з використанням спеціалізованих зондів …… 67

Калінін Є.І., Коробко А.І., Шатіхіна В.Є. Кількісна оцінка втрати адекватності при формуванні моделі випробувань …… 73

СЕКЦІЯ 8 МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА

Лапченко Ю.С. Фізичні перетворення та методика повірки профілометра моделі 170623 …… 79

СЕКЦІЯ 1 АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ОСВІТИ, НАУКИ ТА ВИРОБНИЦТВА

UDK 681.516.4
M. Gorbiychuk, N. Lazoriv, A. Lazoriv
Ivano-Frankivsk national technical university of oil and gas
e-mail lazorivn@gmail.com

STUDY OF STABILITY OF LINEAR SYSTEMS UNDER UNCERTAINTY

Taking into account the vagueness of the parameters of mathematical models will allow to assess all the risks that may arise as a result of uncontrolled changes in the parameters of dynamic systems during their operationat the design stage. For this purpose, the parameters of the mathematical model of the system are considered as fuzzy quantities, which have a triangular membership function, that is approximated by the Gaussian function. This allowed us to obtain formulas for calculating the characteristic polynomial and transfer function of an open system. The stability of the system is determined by frequency criteria and it is shown that taking into account the vagueness reduces the margin of stability of the system both in terms of modulus and phase.
Key words: mathematical model, stability, membership function, dynamic system, stability criteria

When designing automatic control systems, the problem of inaccuracies in the parameters of the mathematical model is traditionally solved by choosing certain values of margins by amplitude and phase. Another way to take into account the inaccuracies of the parameters of mathematical models of linearized systems - setting the $M-$ indicator [1].

Assuming that the transfer function of a dynamic system is known

$$W(p)=\frac{R(p)}{Q(p)}, \tag{1}$$

where $R(p)$, $Q(p)$ - polynomials of degrees m and n respectively($m \le n$), in which the coefficients a_i and b_j are fuzzy numbers with a triangular membership function.

A triangular membership function, which is symmetric with respect to the modal value of a fuzzy number, is a function of $(L-R)$ - type. This function is inconvenient for practical use because it is undifferentiated at some points in the scope. Therefore, the triangular membership function was approximated by a Gaussian function.

Since the coefficients a_i and b_j are fuzzy values, the transfer function (1) will also be fuzzy value with the following membership function:

$$\mu(W)=\exp\left(-\frac{\left(\hat{W}-a_w\right)^2}{2\alpha_w^2}\right). \tag{2}$$

Rules for performing arithmetic operations on fuzzy numbers [2] were adapted for the case of Gaussian membership functions. Then any fuzzy number will be characterized by two parameters - the modal value and the fuzzy coefficient.

Taking into account the rules of arithmetic operations on fuzzy quantities of $(L-R)$ - type [2], the modal value a_w and the amount of blur α_w were found, which allowed to obtain the transfer function of a dynamic system for a given value of the slice $\mu(W)=\gamma_w$ taking into account the uncertainty conditions as follows:

$$\hat{W}=\frac{\sum_{j=0}^{m}\hat{b}_j p^{m-j}}{\sum_{i=0}^{n}\hat{a}_i p^{n-i}}+A_{w,\gamma}\frac{\sum_{i=0}^{n}\hat{a}_i p^{n-i}\sum_{j=0}^{m}\Delta_{r,j}p^{m-j}+\sum_{j=0}^{m}\hat{b}_j p^{m-j}\sum_{i=0}^{n}\Delta_{q,i}p^{n-i}}{\left(\sum_{i=0}^{n}\hat{a}_i p^{n-i}\right)^2}, \tag{3}$$

Where $A_{w,\gamma} = \frac{1}{2}(1-\theta)\sqrt{\frac{\ln\gamma_w}{\ln\theta}}$; $0<1<\theta$ - approximation coefficient; $\Delta_{q,i}, \Delta_{r,j}$ – intervals of uncertainty (bases of triangular membership functions) of fuzzy quantities $a_i, i=\overline{1,n}$ and b_j, $j=m$; $\hat{a}_i$ and $\hat{b}_j$ are their modal values.

In the case when $\gamma_w = 1$, the value $A_{w,\gamma} = 0$ and then we come to the deterministic (classical) problem of determining the stability of a dynamic system.

The second term in formula (3) is a kind of "penalty", which was obtained as a result of the vagueness of the parameters of the transfer function of the dynamic system.

Numerical experiment.

Assume that the open system is represented by the following transfer function:

$$W(p) = \frac{b_0 p + b_1}{p\left(a_0 p^2 + a_1 p + a_2\right)}, \tag{4}$$

where $a_0 = 4{,}0$, $a_1 = 2{,}5$, $a_2 = 3{,}0$; $b_0 = 2{,}0$, $b_1 = 1{,}4$.

The parameters of the transfer function (4) were interpreted as fuzzy quantities with the following uncertainty intervals: $\Delta_{q,0} = 0{,}21$, $\Delta_{q,1} = 0{,}4$, $\Delta_{q,2} = 0{,}31$; $\Delta_{r,0} = 0{,}26$, $\Delta_{q,1} = 0{,}19$.

Using software written in the MatLab environment, Nyquist hodographs were constructed (Fig. 1) for two cases: $\gamma_w = 1$ (parameters of the transfer function (24) - clear numbers); $\gamma_w = 0{,}25$.

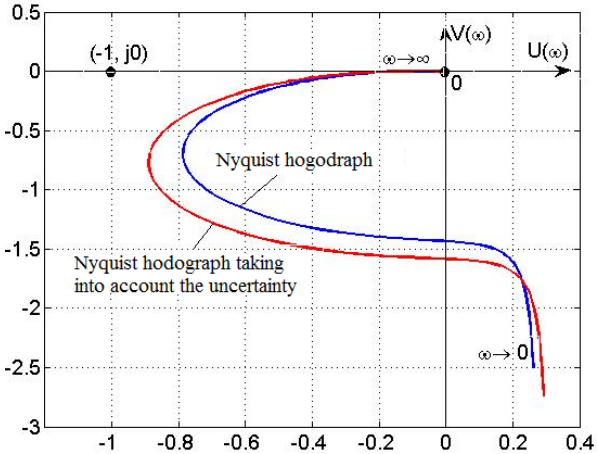


Figure 1 - Hodographs of Nyquist

As can be seen from Fig. 1 closed system will be stable when $\gamma_w = 1$ and taking into account the vagueness of the parameters of the transfer function (4). To assess the effect of blurring on the roughness of the system, the stability margins of the system by amplitude and phase were determined. The result was the following values:

- $\gamma_w = 1$: margin of stability by amplitude *Gm=21.9 dB* and by phase *Pm = 38.4 degrees*;
- $\gamma_w = 0{,}25$: stability margin by amplitude *Gm=18.4dB* and by phase *Pm = 31.7 degrees*

Taking into account the vagueness of the parameters of the transfer function (24) did not affect the stability of the closed system, but there was a significant decrease in the stability margin of the system both in phase and amplitude. The relative decrease in the margin of stability by amplitude was 16%, and by phase - 17.4%.

Thus, taking into account the vagueness of the parameters of mathematical models will allow at the design stage to assess all the risks that may arise as a result of uncontrolled changes in the parameters of dynamic systems during their operation.sq

References

1. Astrom K. I.,Hagglund T. Advanced PID Control. USA, ISA (The Instrumentation Systems And Automation Society), 2006. – 460p.

2. Raskin L.G., Seraia O.V. Fuzzy mathematics. Foundations of the theory. Applications. Kharkov: Parus, 2008.– 352 p.

УДК 004.043

Е.Ю. Островская, М.М. Книга
Национальная металлургическая академия Украины
e-mail: kuostrovskaya@gmail.com

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТОРГОВЫХ СТРАТЕГИЙ НА КРИПТОВАЛЮТНЫХ РЫНКАХ

С появлением и легализацией крипто-валютного рынка он постепенно приобретает популярность в мире. Также как и на классическом финансовую рынке, на рынке крипто валют появляется достаточно много торговых роботов. На данный момент времени, они не способны полностью вытеснят человеческую интеллектуальный труд, но способны частично, а в некоторых случаях полностью, автоматизировать стратегии, а также замечать и обрабатывать большой объем информации гораздо быстрее чем человек.

В результате мы должны получить бота, который должен повысить эффективность быстрой оценки рыночного состояния, давать дополнительные сигналы, относительно положения рынке, а также автоматизированные решения для торговли на крипто-валютном рынке с помощью современных технологий и алгоритмов.

Целью является создание системы поддержки принятия решений в виде робота, которая будет предлагать пользователю оптимальные параметры и дополнительные сигналы при торговле на крипто-валютной бирже.

Ключевые слова: торговля крипто валютой, алгоритмы принятия решений, технический анализ, нейросети в торговле.

K. Ostrovskaya, M. Knyha. Automation of trading strategies on cryptocurrency exchanges. With the emergence and legalization of the cryptocurrency market, it is gradually gaining popularity in the world. As well as in the classical financial market, in the cryptocurrency market there are a lot of trading robots. At this point in time, they are not able to completely displace human intellectual work, but are able to partially, and in some cases completely, automate strategies, as well as notice and process large amounts of information much faster than humans.

As a result, we should get a bot that should increase the efficiency of rapid assessment of the market situation, give additional signals about the market position, as well as automated solutions for trading in the cryptocurrency market using modern technologies and algorithms.

The purpose of the dissertation is to create a decision support system in the form of a bot, which will offer the user the optimal parameters and additional signals when trading on a cryptocurrency exchange.

Keywords: cryptocurrency trading, decision-making algorithms, technical analysis, neural networks in trade.

К.Ю. Отсровська, М.М. Книга. Автоматизація торгових стратегій на кріптовалютних ринках. З появою та легалізацією крипто-валютного ринку він поступово набуває популярності в світі. Також як і на класичному фінансову ринку, на ринку крипто валют з'являється досить багато торгових роботів. На даний момент часу, вони не спроможні повністю витіснять людську інтелектуальну працю, але спроможні частково, а в деяких випадках повністю, автоматизувати стратегії, а також помічати та обробляти великий обсяг інформації набагато швидше чим людина.

У результаті ми повинні отримати бота, який повинний збільшити ефективність швидкої оцінки ринкового стану, давати додаткові сигнали, щодо положення ринку, а також автоматизовані рішення для торгівлі на крипто-валютному ринку за допомогою сучасних технологій та алгоритмів.

Метою є створення системи підтримки прийняття рішень в вигляді бота, яка пропонуватиме користувачу оптимальні параметри та додаткові сигнали при торгівлі на крипто-валютній біржі.

Ключові слова: торгівля крипто валютою, алгоритми прийняття рішень, технічний аналіз, нейромережі в торгівлі.

Постановка проблемы. Финансовые рынки является одной из разновидностей сложных социально-экономических систем, управление которыми требует разработки специализированного

инструментария, направленного как на анализ многокритериальной информации, так и в поддержку принятия решений.

По мере развития и совершенствования социальных и экономических институтов их анализ и моделирование с помощью стандартных математических методов и алгоритмов становилось все более трудно осуществляемым задачей, привело к появлению целой отрасли научных знаний, связанной с рассмотрением их как систем.

Моделирование сложно формализованных системных процессов становилось возможным благодаря появлению таких дисциплин как системный анализ, информационно-управляющие системы, прикладная информатика, управление и принятие решений.

Если рассматривать систему с точки зрения кибернетических наук, то в качестве системы может выступать простые или сложные, детерминированные или вероятностные комплексы из взаимосвязанных компонентов. При этом характер детерминированности или вероятности определяется наличием управления в системах. Также основной характеристикой системы является ее способность поддерживать целостных характер. Все эти условия и сроки свойственны и финансовым рынкам, как одним из представителей социально-экономических систем, что позволяет говорить о возможности анализа финансовых рынков с помощью подходов к управлению социально-экономическими системами.

Основополагающим понятием теории управления социально-экономическими системами есть такая категория, как «организация», что позволяет перейти от рассмотрения управления социально-экономическими системами теории управления организационными системами.

Организационная система является объединением объектов (людей, систем, регламентов), действующие совместно для достижения определенной цели по определенным правилам. Под управлением понимается осуществление специализированной, направленной деятельности для достижения определенного результата. А под механизмом (или технологии) управления понимается совокупность действий, направленных на принятие решений. Среди функций управления можно выделить следующие: прогнозирование, планирование, организация, учет, контроль и другие. Объектом исследований в теории управления организационных систем является собственно сами системы, а инструментом исследования является математическое моделирование.

Финансовый рынок можно рассматривать как динамические многоэлементные организационные системы с неопределенностью, в которых несколько участников (трейдеры, брокерские компании, банки, инвестиционные фонды и другие), многократно принимающих решения одновременно и независимо в условиях ограниченности владения полной и исчерпывающей информацией о текущей ситуации на рынке .

Неопределенность в финансовых рынках заключается в том, что фактически не представляется возможным в ограниченный срок для принятия оперативного управленческого решения обработать всю информацию, которая является существенными свойствами системы и описывает ее состояние, и, соответственно которая превращаются в параметры для принятия решений. Поэтому системы управления финансовыми рынками принимают допущение, что состоит в анализе и обработке только ограниченного определенного набора параметров, которые принимаются за описание «текущей ситуации на финансовом рынке избранное финансового инструмента / ов».

Для экономических систем, какова рассмотрена система «рынков избранное финансового инструмента», свойственна также открытость, то есть возможность взаимодействия со средой. Финансовые рынки в физическом и информационном смысле взаимодействуют со средой, обмениваясь материальными ресурсами и постоянными информационными потоками с внешними заинтересованными объектами.

При этом во внешней среде финансовых рынков большая степень неопределенности. Если рассматривать каждый отдельный рынок для финансового инструмента, как отдельную систему, то во внешнюю среду такой системы также будут входить и рынки других финансовых инструментов. Для уменьшения этой неопределенности и используются такие функции управления как мониторинг, анализ текущего состояния и прогнозирования на финансовых рынках.

Если рассматривать классификацию механизмов управления с точки зрения предмета управления, то есть элемент системы подлежит изменениям в процессе функционирования системы, можно выделить, например, управление складом или структурой, управление порядком функционирования, информационное управление. В данном случае под информационным управлением понимается управление той информацией о системе, которую могут иметь участники организационной системы на момент принятия управленческого решения. Для таких

организационных систем, как финансовые рынки, информационное управление критически важной частью управления системой. Знание и анализ полноценной многокритериальной информации о текущей ситуации на финансовом рынке избранное финансового инструмента является одним из факторов успеха при принятии управленческого решения о заключении соглашений по покупке или продаже финансовых инструментов.

Одним из подвидов информационного управления в классификации по функциям управления является прогнозирование, которое выделяется как одна из технологий управления.

С помощью прогнозирования можно строить в том числе и экономические прогнозы (например, макроэкономических показателей страны или региона) и прогнозы состояния отдельных рынков. Результат прогнозирования может быть отображен различными методами и предоставлен для принятия управленческого решения.

Каждый из описанных шагов можно расписать и для обоснования необходимости в анализе и управлении такой социально-экономической системой, как финансовый рынок. Необходимость прогнозирования в данной области особенно важна, поскольку успешность или неуспешные прогнозов в направлении движения тех или иных рынков ценных бумаг, товарных и валютных рынков ведет не только к выигрышу конкретного трейдера или брокера, но и в сумме к стабильности или дестабилизации экономики отдельных стран и мировой экономике.

Объектом прогноза на рынках могут быть как цены избранных акций или фьючерсов в следующий момент времени, так и направление движения рынка в следующую заданное количество временных интервалов. Направление движения рынков можно в обобщенном виде характеризовать как динамика изменения котировок за определенный будущий интервал времени к одному из трех классов: растущий тренд (ситуация на рынке в данном случае подходит для покупки), нисходящий тренд (ситуация, подходит для продажи), боковой тренд (ситуация ожидания).

При анализе и работе с любой социально-экономической системой менеджеры постоянно сталкиваются с проблемой принятия управленческих решений, которые заключаются в выборе из различных альтернатив в направлении развития бизнеса или социального института, заключении сделок, инвестирование, снижения рисков и других. При этом принято менеджером решение должно приближать к поставленным им или системой более высокого порядка целям.

Решение может приниматься спонтанно, поскольку принятие решения в целом это волевой и психологический процесс. Лицо, принимающее решение может основываться на различных подходах, например, выносить решения на основе своего или экспертного опыта, или обращаться к более сложному математическому аппарату и логическим алгоритмам для определения рационального и более оптимального решения. Если рассматривать социально-экономические системы как организационные системы, в них выделяют центр - игрок, делающий ход первым, устанавливающий правила игры для других, и агентов - игроков, делает следующие ходы с учетом выбора первого игрока. При рассмотрении рынка как организационной системы участники (трейдеры, брокерские компании) является, по сути, агентами, так как первое решение о состоянии системы, поставила направление развития системы было принято еще на стадии зарождения рынка каждого конкретного финансового инструмента.

В каждом конкретном случае участник того или иного рынка выбирает из свого множества допустимых действий. Обозначим за A такое множество вариантов: A = {продаж; покупка; ожидания}. Выбрав действие, обозначим за y, при этом после выбора действия с финансовым инструментом она приводит к определенному результату z (z принадлежит множеству допустимых результатов деятельности A_0). Для действий по заключению соглашения с финансовыми инструментами логично рассматривать множество допустимых финансовых результатов, к которым привела эта сделка A_0 = {получена прибыль; ущерб; не принимается ни прибыль, ни убыток}.

При выборе действия участник рынка благоволение R_{A0} из множества допустимых результатов торговой деятельности, которая заключается в получении прибыли от совершаемых операций с финансовыми инструментами.

При выборе действия участник рынка с учетом своих предпочтений и функции изменения результата в зависимости от окружающей среды Q (текущей ситуацией на рынке избранное финансового инструмента), информация о которой отражена во множестве I, причем множество I может входить в множество всей обстановки Q, но в обстановке также включается вся информация, которой не обладает по тем или иным причинам лицо принимающая решения (ЛПР).

Задача анализа рынка с целью принятия оптимального решения его участником сводится к построению такой целевой функции $W_I(.)$, которая будет отображать зависимость результата z от

выбранной стратегии действия у при начальном заданном информационном описании состояния системы I.

Рис. 1. - Структурная схема модели принятия решения участником рынка

Для формирования данной целевой функции при управлении организационной системой могут использоваться различные подходы к анализу данных и математические модели. Подходы к анализу финансовых рынков для принятия управленческого решения делятся как на более формализованные: технический анализ, экономико-математическое моделирование, так и на менее формализованы, например, фундаментальный анализ. Среди формализованных можно выделить особый класс подходов интеллектуального анализа данных I, среди которых выделяется нейросетевая методология. Таким образом с помощью нейросетевой динамической системы можно смоделировать процедуру принятия решения о заключении сделки для управления такой организационной системой, как финансовый рынок избранное финансового инструмента. На основе нейросетевой динамической системы может быть реализована интеллектуальная система поддержки принятия решений участников рынка.

Методика поддержки принятия решений и ее алгоритм классификации рыночных ситуаций. Суть методики нейросетевой классификации рыночных ситуаций сводится к построению нейросетевой динамической системы, обрабатывающей данные из трех основных подходов к анализу рынков: технический анализ, прогнозные модели, фундаментальный анализ, сверять образы с 3 классами рыночных ситуаций и предоставляет на выходе ответ, к какому классу относится текущая рыночная ситуация избранное финансового инструмента. Методика нейросетевой классификации сводится к совокупности шагов, комбинации внутри них различных методов и алгоритмов, направленных на выработку рекомендации о направлении открытия сделки для трейдера по заявленным им параметрам.

В обучающем множестве входами являются описанные выше значения, а выходами - значение:

- [0; 0,45) - рекомендация со значением Sell;
- 0,5 ± 0,05 - рекомендация со значением Wait;
- (0,45; 1] - рекомендация со значением Buy (см. Рис. 2).

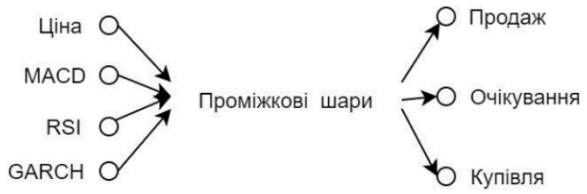


Рис. 2 - Общая модель спроектированной нейронной сети

В процессе обучения сеть должна будет научиться на заданных примерах определять ситуацию на рынке. С помощью использования передаточной функции и метода обратного распространения ошибок, который учит правила проектируемый многослойный персептрон научиться сам проявлять такого рода ситуации для любых входных значений.

Таким образом модель принятия решения о направлении заключения соглашения трейдером рынка состоит из информации, информационного управления, рекомендации к действию, действия и полученного результата от сделки.

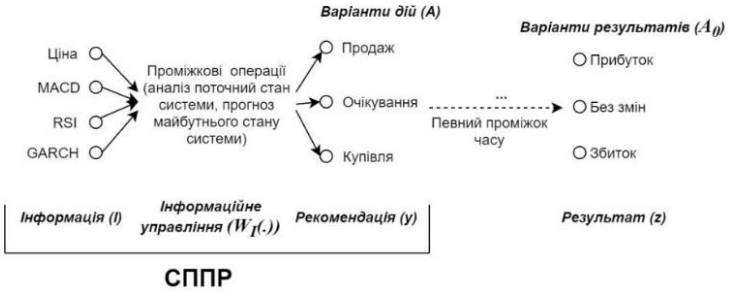


Рис. 3 - Модель принятия решения трейдером о направлении соглашения

Информационное управление в данном случае отводится системе поддержки принятия решений, которая анализирует полученную многокритериальная информацию и выносит рекомендацию о дальнейшем состояние системы, которое может быть воспринято ОПР как рекомендация к действию по покупке или продаже финансового инструмента.

Алгоритм классификации рыночных ситуаций с использованием многослойного перцептрона и методов анализа финансовых рынков, который составит основу интеллектуальной системы поддержки принятия решений на финансовых рынках:

1. Определить финансовый инструмент, для которого необходимо провести анализ.
2. Определить временной интервал (15 минут, час, день и т.д.), цены закрытия по которым будут анализироваться.
3. Определить ожидаемую прибыль от сделки по финансовым инструментом.
4. Скачать последние двести тридцать четыре (первые 34 значений необходимые для расчета значений технических индикаторов) цен избранное финансового инструмента.
5. Вычислить соответствующие цены технических индикаторов RSI и MACD, значение по GARCH.
6. Нормировать цены и значения индикаторов в интервал [-1,1] с помощью функции гиперболического тангенса.
7. Нормированные данные разделить на две части:

- обучающее множество (120 периодов)
- тестовая множество (остальные 80).

8. Учить многослойный персептрон алгоритмом обратного распространения ошибки, применяя метод генерации исходной выборки.
9. Тестировать многослойный персептрон.

На входы подаются вектора с тестовой множества. Выходом персептрона является величина в пределах от 0 до 1, сравнить этот выход с реальным (оценкой по методу). Если ошибка тестирования достаточно мала, то можно использовать обученный многослойный персептрон для получения рекомендации о ситуации на рынке данного финансового инструмента.

10. Использовать многослойный персептрон для получения рекомендации по покупке продаже данного финансового инструмента.

На вход нейросети подать последние нормированные данные о финансовом инструменте. Выходом нейросети будет значение из множества от 0 до 1, что отражает ситуацию на финансовом рынке, какая система интерпретирует в рекомендацию {продавать, ожидать, покупать}.

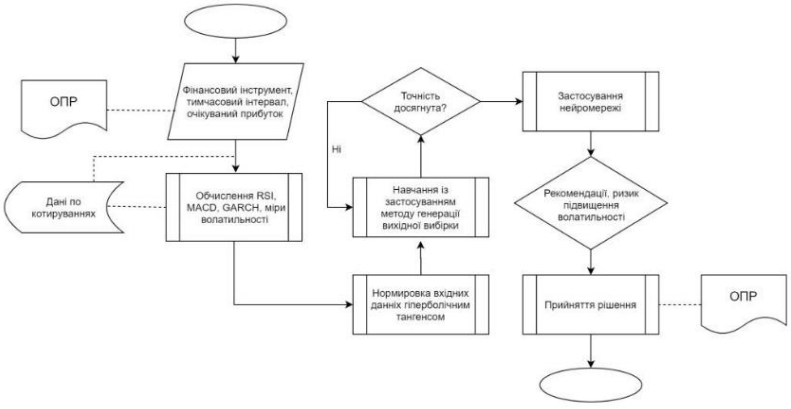


Рис. 4 - Схема алгоритма нейросетевой классификации рыночных ситуаций

Представленная схема алгоритма разработанной методики нейросетевой классификации рыночных ситуаций делает пошаговую реализацию данного алгоритма в информационной системе.

Таким образом, многослойный персептрон будет работать как классификатор рыночных ситуаций. И тот факт, что при обучении используется оценки с учетом ожидаемой прибыли и повышение волатильности, дает возможность получения хороших результатов по предсказанию будущего поведения финансовых рынков, что положительным образом скажется на прибыльности от применения системы поддержки принятия решений, основанной на данной архитектуре нейронной сети.

Выводы. Успешность деятельности на финансовом рынке зависит от умения правильно прогнозировать изменение цен, от своевременности принятия решений и от личности самого трейдера. Чаще всего причиной разрушения является именно психологический фактор. Разработанная интеллектуальная система поддержки принятия решений для торговли на криптовалютних рынках, основанная на методике классификации рыночных ситуаций, позволяет четко оценивать ситуацию на рынке конкретного финансового инструмента и исключает негативное влияние психологического фактора на успешность торговой деятельности трейдера.

Разработанная интеллектуальная система поддержки принятия решений на криптовалютних рынках будет хорошим подспорьем в реальной работе по покупке и продаже акций, фьючерсных контрактов биржевыми трейдерами, крупными инвестиционными компаниями, заинтересованными в исследуемом эмитента.

Результатом проведенных исследований является разработанная интегрированная методика классификации рыночных ситуаций с применением искусственной нейронной сети, методов технического, фундаментального анализов, и реализована на его основе интеллектуальная система поддержки принятия решений.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК:

1. Кац, Джеффри Оуэн, МакКормик, Донна Л. Энциклопедия торговых стратегий / Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2002. – 400 с.

2. Швагер Д. Технический анализ, полный курс. - М.: Альпина Паблишер, 2001. - 768с.

3. Бэстенс Д.-Э., ван ден Берг В.-М. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях/ Д.-Э. Бэстенс, В.-М. ван ден Берг, Д. Вуд – Москва: ТВП, 1997. – 236 с.

4. Бугорский В.Н., Сергиенко А.Г. Использование нейронных сетей в работе трейдера/ В.Н. Бугорский, А.Г. Сергиенко // Прикладная информатика No1. 2011. No31. С.17-27.

5. Головачев С.С. Прогнозирование доходности на фондовом и валютном рынках на основе моделей искусственных нейронных сетей/ Головачев С.С., 2014. – 181 с.

УДК 519.6

О.М. Решетило, О.О. Смолянкін
Луцький національний технічний університет
E-mail: o.reshetylo@lntu.edu.ua

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РОБОТИЗОВАНИМ КЛІНІГОВИМ ПРИСТРОЄМ

На базі плати Arduino Mega 2560 розроблена автоматизована система керування роботизованим клінінговим пристроєм, яка при роботі в автоматичному та ручному режимі не лише забезпечить якісне прибирання приміщення, але й заздалегідь повідомить про низький рівень заряду батареї пристрою та переповнення контейнера для сміття, що відобразиться відповідним світлодіодом на його корпусі, але й у додатку, який розроблений для пристроїв на базі операційної системи Android, та показує обраховований в режимі реального часу мінімальний час роботи для текучого рівня заряду батареї. Також пристрій самостійно визначає перешкоди на своєму шляху та визначає мінімальний шлях для їх об’їзду, при цьому він також визначає можливість його проїзду під перешкодою з врахуванням висоти, що дозволить покращити якість прибирання у важко доступних місцях.

Ключові слова: клінінг, пристрій, автоматизація, система, керування, Arduino, Android.

O.M. Reshetylo, O.O. Smoljankin. Automated control system for robotic cleaning device. On the basis of the Arduino Mega 2560 board, an automated control system for a robotic cleaning device has been developed, which, when operating in automatic and manual mode, will not only provide high-quality cleaning of the room, but will also inform in advance about a low battery level of the device and an overflow of the trash can, which will be displayed by the corresponding LED on the case , but also in an application developed for devices based on the Android operating system, and shows the calculated in real time the minimum runtime for the current battery level. Also, the device independently detects obstacles on its way and determines the minimum path for bypassing them, while it also determines the possibility of its passage under the obstacle, taking into account the height, which will improve the quality of cleaning in hard-to-reach places.

Keywords: car, pneumatics, suspension, automation, system, control, Arduino, Android.

А.Н. Решетило, А.А. Смолянкин. Автоматизированная система управления роботизированным клининговым устройством На базе платы Arduino Mega 2560 разработана автоматизированная система управления роботизированным клининговым устройством, которая при работе в автоматическом и ручном режиме не только обеспечит качественную уборку помещения, но и заранее сообщит о низком уровне заряда батареи устройства и переполнении мусорного контейнера, что отобразится соответствующим светодиодом на корпусе, но и в приложении, разработанном для устройств на базе операционной системы Android, и показывает обсчитавшееся в режиме реального времени минимальное время работы для текучего уровня заряда батареи. Также устройство самостоятельно определяет помехи на своем пути и определяет минимальный путь для их объезда, при этом оно также определяет возможность его проезда под препятствием с учетом высоты, что позволит улучшить качество уборки в труднодоступных местах.

Ключевые слова: клининг, *устройство, автоматизация, система, управление, Arduino, Android.*

Постановка проблеми.

На даний момент важко уявити галузь у якій би людство не використовувало роботизовані системи для збільшення кількості виробленої продукції, покращення якості та здешевлення собівартості продукції.

На сьогодні широко відкриваються можливості для застосування роботизованих систем в домашньому господарстві. Серед них однією із найпоширеніших в усьому світі є клінінговий пристрій (робот-пилосмок), як одного із помічників постійного, а головне автоматичного підтримання чистоти в приміщенні.

Основним призначенням роботизованого клінінгового пристрою – є підтримання в належному стані чистоти помешкання. При цьому він самостійно орієнтується в просторі та обминає перешкоди. Просунута модель обладнана обчислювальними потужностями, навігацією, а також двигунами для керування обертовими елементами. [1, 2]

На сьогоднішній день існує чимала кількість роботів-пилосмоків, які візуально однакові і відрізняються лише емблемою виробника, але насправді немає єдиної будови робота-пилосмока. Адже кожен виробник цієї групи техніки створює власну модель побудови розумної техніки.

Робот-пилосмок це чудовий помічник для постійної підтримки чистоти навіть за таких умов, як:

- необхідності постійного підтримання чистоти (наприклад при алергії чи астмі);
- відсутності часу для постійних прибирань, особливо за умови присутності в домі малих дітей;
- це зручний пристрій, який підтримуватиме чистоту Вашого помешкання, якщо є домашні улюбленці;
- приміщення розташоване в запиленій частині міста.

Хоча й робот-пилосмок чудовий пристрій-помічник в домашніх умовах, однак все ж таки необхідно й самостійно підтримувати чистоту в помешканні, адже його потужність все ж таки значно менша звичайного пилосмока.

На сьогоднішній день ряд виробників побутової електроніки на ринку України пропонують роботизовані клінінгові пристрої (роботи-пилосмоки). Однак якість прибирання ними приміщення у важкодоступних місцях бажає кращого, а вартість просунутих моделей досить висока для

пересічного покупця.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Концептуально робот-пилосмок нагадує диск виконаний із дуже міцного пластику, у якого на основній частині корпусу розміщений бампер, що призначений для захисту основного корпусу пристрою від зіткнення із перешкодами.

До основних складових та механізмів робота-пилосмока відносяться:

- відеокамера – основна мета якої орієнтування пристрою в просторі: визначення перешкод та меж приміщення.
- пилозбірник – компонент (від 400 мл. до 1 л.), що призначений для збору сміття.
- фільтр - компонент для очищення повітряних потоків від пилу.
- механізм всмоктування, що поєднаний із системою обертання щіток.
- датчики – які виконують функцію рекогностування, яка використовується для прорахунку пройденого шляху, виявлення перешкод, тобто в основному допомагає розумному пристрою проходити по вірній траєкторії потрібний маршрут.
- колеса – для зменшення витрат ресурсу батареї пристрій пересувається за допомогою трьох коліс, з яких два бічних колеса виконують власне функцію переміщення, а переднє колесо стабілізує пристрій під час виконання прибирання помешкання, тобто переднє колесо є додатковим. При цьому варто відмітити, що бокові колеса працюють асинхронно, тобто за рахунок збільшення потужності одного із них змінюють напрямок руху усього робота.
- акумулятор – зазвичай в цих пристроях встановлений літій-іонний з ємністю від 2 до 4 тис. мА для забезпечення безперервної роботи на протязі 2-3 годин, при чому зарядження до 100% відбувається за 3-9 годин.
- щітки – використовуються для підмітання сміття з під прибиральника і подальшого його всмоктування до середини робота-пилосмока.
- в пристроях із функцією вологого прибирання в конструкції також є пази для фіксування натирача.

двигуни – в конструкції їх шість, причому кожен використовується для різних цілей: два двигуни для керування бічними колесами, один двигун втягує сміття до середини робота-пилосмока за допомогою повітряного потоку, два двигуна змушують обертатися щітки та один двигун використовується для обертання турбощітки. [2]

При ввімкненні режиму прибирання пристрій за допомогою сенсорів досліджує простір навколо себе та відправляє при цьому сигнали до 65 разів за одну секунду. Отримана за допомогою датчиків інформація обробляється процесором та на основі даних показників безпосередньо скеровує маршрут для робота-пилосмока на протязі усього подальшого процесу прибирання приміщення.

-

Рисунок 1. - Основні компоненти конструкції робота-пилосмока

Алгоритм поведінки пристрою в класичному варіанті полягає в наступному [3]:

- Пристрій від бази приїжджає в центр кімнати.
- За спіраллю він рухається від центру.
- Якщо на шляху проходження є перешкода, то він намагається об'їхати її поздовж.

Рухи будуть відбуватися до того моменту, поки в процесор не надійде сигнал про низький заряд акумулятора. Тоді пристрій залишить на час свої справи і попрямує до док-станції для підзарядки.

Спробуємо розібрати основні етапи роботи пристрою [9]:

- Збір даних. Включившись, пристрій сканує лазерами приміщення, дізнається його розміри, визначає початкове розташування перешкод.
- На основі отриманих даних складається карта переміщення і формується маршрут. Це може бути пряма лінія (від стінки до стінки) або при глибокому вивченні спіралеподібний рух від центру кімнати.
- Запуск системи щіток для прибирання сміття, всмоктування його до сміттєвого баку і руху за призначеним маршрутом.

Процес збирання можна наочно побачити, спостерігаючи за пристроєм 5-10 хвилин. Він з упевненістю рухається за сформованим маршрутом, щітки з боків захоплюють все сміття до центру пристрою, турбіна витягує повітряним потоком частинки бруду та пилу в сміттєзбірник.

При досягненні стіни або сходинок пристрій зразу ж змінює курс, щоб ненароком не втратити плоску поверхню з-під коліс.

Завершальний етап - повернення на базу після закінчення прибирання або для додаткової підзарядки, з можливістю продовження прибирання з місця де в останнє було призупинено прибирання.

Док-станція оснащена котушками індуктивності, які заряджають акумулятор пристрою без провідників. Для того, щоб роботизований пристрій швидко знайшов базу, док-станція оснащується спеціальним ІЧ-маячком. Він в свою чергу подає сигнали, які отримує робот-пилососмок і пристрій рухається на ці сигнали.

Якщо пристрій має спеціалізоване програмне забезпечення, то за допомогою лазерних сенсорів робот-пилосос запам'ятовує розміщення док-станції і позначає її на своїй віртуальній карті приміщення [4].

На сьогоднішній день виділяють три основні типи роботів-пилосмоків: пилосмок, підлоготер і пилосмок з вологим прибиранням.

До недоліків робота-пилосмока без щіток (рис. 2) [5] віднесемо неможливість підняти важке сміття, а також не ефективним буде його використання на килимі.

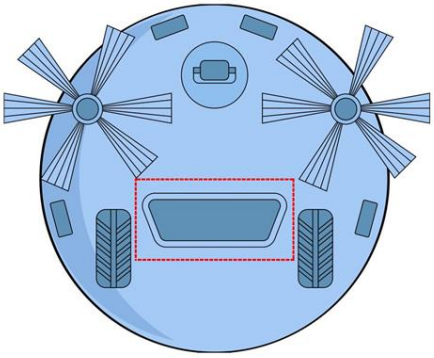


Рисунок 2 - Робоча поверхня робота-пилосмока без щітки для збору сміття

Також варто відмітити, що суттєвою буде різниця прибирання для пилосмоків з однієї і двома щітками. Помітною різниця виявиться саме під час прибирання килимів до 40%.

Аналогічно мало ефективним буде прибирання піску і крупного сміття на шорсткуватих поверхнях при використанні робота-пилосмока з однієї щіткою (рис. 3.) [6].

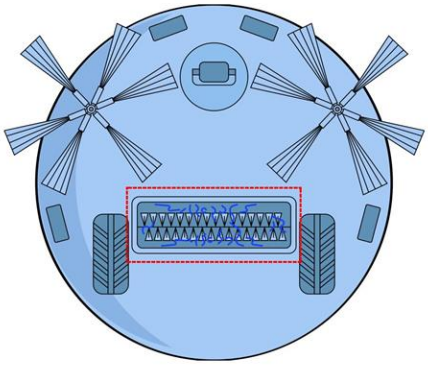


Рисунок 3 - Робоча поверхня робота пилососа із однією щіткою для прибирання сміття

Розглянемо в чому ж полягає відмінність застосування робота-пилосмока з двома щітками, принцип роботи якого запатентований американською компанією iRobot і полягає в тому, що щітки рухаються одна назустріч іншій, при цьому усе сміття піднімається і захоплюється з підлоги та подається в бак пилосмока.

У передній частині робота-пилосмока зазвичай розташовані бічні щітки. Ці допоміжні інструменти призначені для прибирання у важкодоступних місцях: в кутах, вздовж стін і меблів. Вони захоплюють сміття і направляють його до турбо-щіток, які в подальшому закидають все сміття в бак. В Україні один з найкращих варіантів компонування роботів-пилосмоків пропонує американський бренд iRobot.

Система з двох турбо-щіток використовується у всіх моделях, починаючи від бюджетної (з одноворсистою щіткою і гумовим валиком) і закінчуючи топовими моделями з двома гумовими валиками. Гумові валики спрощують догляд за роботом-пилосмоком: волосся і шерсть тварин не заплутується, а самі валики легко очистити. Через патент iRobot на конструкцію своїх щіток конкуренти не можуть запропонувати аналогічні варіанти своїм клієнтам. Крім того, тільки у iRobot є система розпізнавання забруднених ділянок Dirt Detect: коли пилосмок потрапляє на особливо брудні ділянки підлоги - він кілька разів проїжджає по цьому місцю для більш ретельного прибирання. Враховуйте і якість коліс: великі і рухливі варіанти ходової конструкції допоможуть пилосмоку долати найскладніші перешкоди. Як показує практика, найефективніші клінінгові пристрої можуть проїхати перешкоди висотою до 2 см.

Постановка завдання. Тому виникла необхідність розробити альтернативну автоматизовану систему керування роботизованим клінінговим пристроєм.

Виклад основного матеріалу.

Відповідно до загальної конструкції розроблена функціональна схема автоматизованої системи керування клінінговим пристроєм, що наведена на рис. 4.

Для початку автономної роботи клінінгового пристрою необхідно увімкнути його натиснувши на кнопку On/Off після чого система тестує завантажений на мікроконтролер код. На початку роботи перш за все тестується рівень заряду батареї GV 1-1 пристрою.

Якщо заряд акумулятора в межах норми пристрій може розпочати свою роботу в двох режимах автономний та під керуванням за допомогою Android пристрою з встановленим попередньо програмним забезпеченням. Інакше пристрій вказує про необхідність підзарядитись за допомогою світло діоду, що розміщений на верхній частині корпусу, або ж за умови підключення до Android додатку - виведе відповідне сповіщення про низький рівень заряду.

Розглянемо умови подальшої роботи клінінгового пристрою при умові заряду батареї в межах норми.

Після запуску пристрою він одразу перевіряє наявність перешкод за допомогою оптичних датчиків CLE 2-1, 3-1, 4-1, 5-1, 6-1, що встановлені в передньому бампері. Отриману з датчиків інформацію обробляє мікроконтролер Arduino Uno і у випадку підключення до Android додатку передає цю інформацію на табло у вигляді цифрових значень.

Запускаються електродвигуни передніх щіток за допомогою пускачів NS 9-1 та 12-1. За рахунок чого розпочинається власне процес прибирання приміщення передніми щітками. Сигнал на ввімкнення щіток передається у вигляді цифрового сигналу.

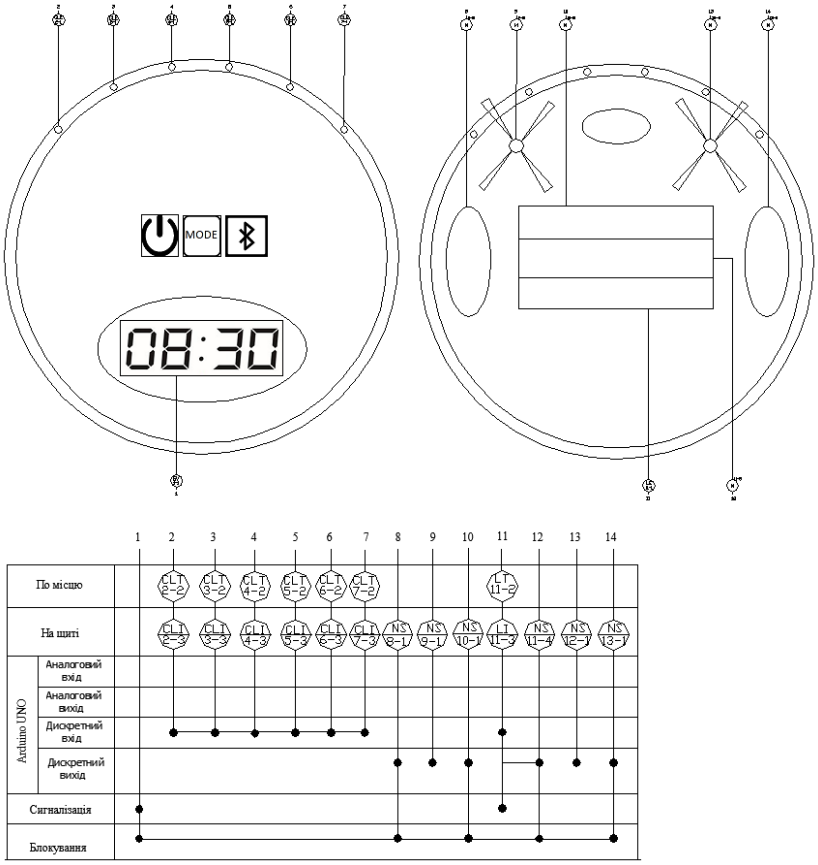


Рисунок 4 - Функціональна схема автоматизованої системи керування роботизованим клінінговим пристроєм

Також перед початком руху вмикається втягуючий компресор за рахунок подачі цифрового сигналу на пускач NS 10-1. Він в свою чергу всмоктує усе сміття яке знаходиться поруч із щілиною та турбощіткою, рух якої відбувається в наслідок подання цифрового сигналу на пускач NS 11-4, який запускає двигун до якого прикріплено турбощітку для поліпшення процесу автоматизованого прибирання.

Для перевірки рівня наповнення сміттєвого контейнера не потрібно його витягати із пристрою,оскільки на ньому встановлений датчик рівня LE 11-1.Тобто при наповненні контейнера на верхній кришці пристрою засвічується відповідний світлодіод та передається сповіщення в додаток пристрою під’єднаного до робота пилососа за рахунок бездротової системи передачі даних Bluetooth на базі Android.

Власне рух клінінгового пристрою та керування напрямком його руху відбувається за рахунок подачі цифрового сигналу від мікроконтролера на пускачі NS 8-1 та 13-1. При чому рух пристрою відбувається наступним чином:

- для руху вперед - задається однакове значення на обидва пускача, тоді обидва колеса рухаються синхронно;
- для поворотів або ж розворотів - мікроконтролер аналізуючи необхідний для даного маневру поворот та сповільнюючи обертання одного колеса дозволяє розвернути або ж повернути пристрій практично на одному місці.

Для орієнтування клінінгового пристрою в просторі необхідно використати чутливий елемент, який допомагатиме йому орієнтуватися в приміщенні, а також швидко змінювати свій маршрут для об’їзду перешкод на своєму шляху. Для цього встановлено шість IR оптичних датчиків перешкод (модуль YL-63). [7]

Для автоматичного визначення наповнення ємності для сміття в конструкції клінінгового пристрою встановлено датчик рівня FR4. [8]

Оскільки для самостійного руху пристрою потрібно використовувати колеса, то для приведення їх в рух використаємо міні двигуни з шестернею від компанії Sparkfun [9], за рахунок яких буде відбуватись власне рух не лише коліс, але й щіток, що призначені для підмітання та покращення процесу прибирання.

Для виклику меню на екран та зміни значень параметрів на панелі керування системою використовуються кнопки моделі Push Button. [10]

Для ввімкнення електродвигунів вакуумного насоса та двигунів для щіток використовується 4 канальний модуль реле 5В 10А. [11]

Для можливості керування та рухом домашнього помічника використовується драйвер який може одночасно керувати двома моторами на базі чіпа L298N. [12]

Оскільки даний дипломний проект передбачає написання додатку для можливості керування пристроєм віддалено за допомогою смартфону на операційній системі Android використовується модуль Bluetooth 4.0. [13]

Для відображення часу який відображає час ввімкнення та часу витраченого на прибирання робота пилососа та розміщений на верхній кришці використано модуль семи сегментного 4-значного дисплею із червоною під світкою який працює на драйвері TM1637. [14]

Для відображення сигналів про низький заряд акумулятора та про переповнення контейнера для сміття на верхній кришці передбачено також встановлення двох світлодіодів з напругою живлення 2,2-2,6 В. [15]

Для підключення до плати Arduino датчиків та кнопок використовуємо резистори 0,250 Вт відповідно з опором 220 Ом та 10 кОм. [16]

Після аналізу лінійки існуючих мікроконтролерів, була вибрана плата Arduino Mega 2560 R3 CH340. [17]

Для розробки схеми підключення елементів автоматизованої системи керуванням клінінговим пристроєм з передачею даних на Android додаток було використано програмне забезпечення Fritzing (рис. 5). Крім цього у даному додатку було розроблено електричну схему підключення усіх елементів схеми клінінгового пристрою (рис. 6).

Основним мікроконтролером було обрано плата сімейства Arduino Mega 2560, оскільки для розробки даної системи управління необхідна значна кількість датчиків та виконавчих компонентів. Тому нижче детальніше перераховано кількість та описано способи підключення основних вузлів розробленої системи.

1) Підключення індикаторів сповіщення клінінгового пристрою (світлодіодів):

- резистор опором 4,7 кОм (розрахований на 1 Вт) з'єднуємо з ніжкою катода та уже через резистор проводиться підключення до GND;
- контакт Анода світлодіодів підключаються на цифрові піни D35 та D37 (при чому один світлодіод відповідає за рівень розряду батареї, а інший за рівень наповнення контейнера для сміття).

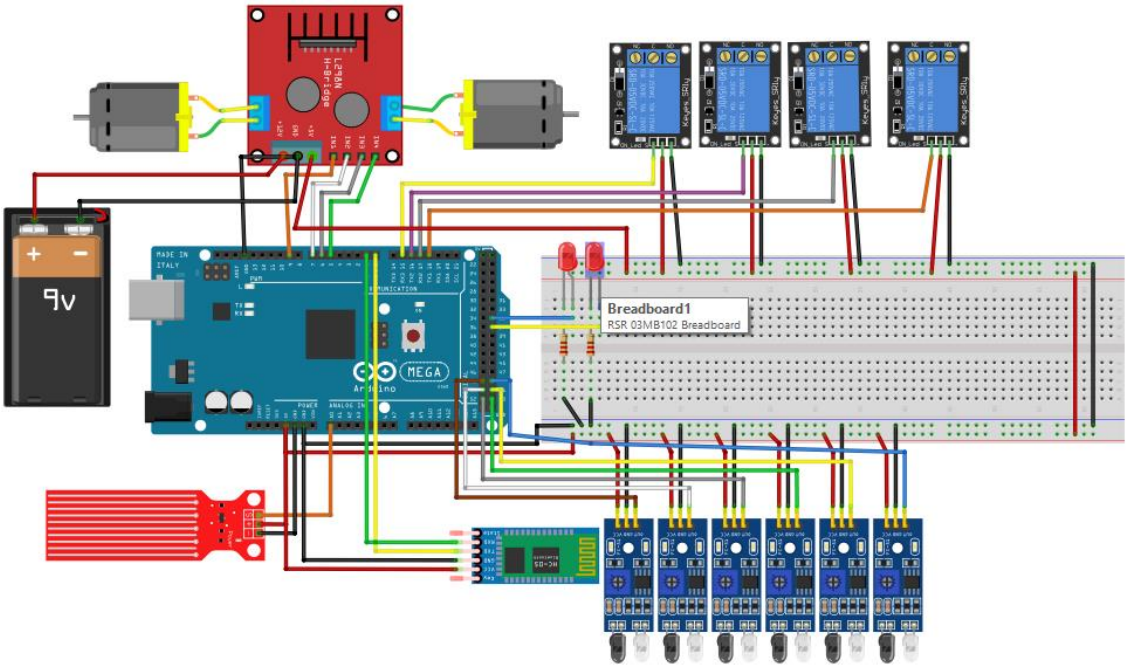


Рисунок 5 - Схема підключення елементів до контролера Arduino Mega 2560

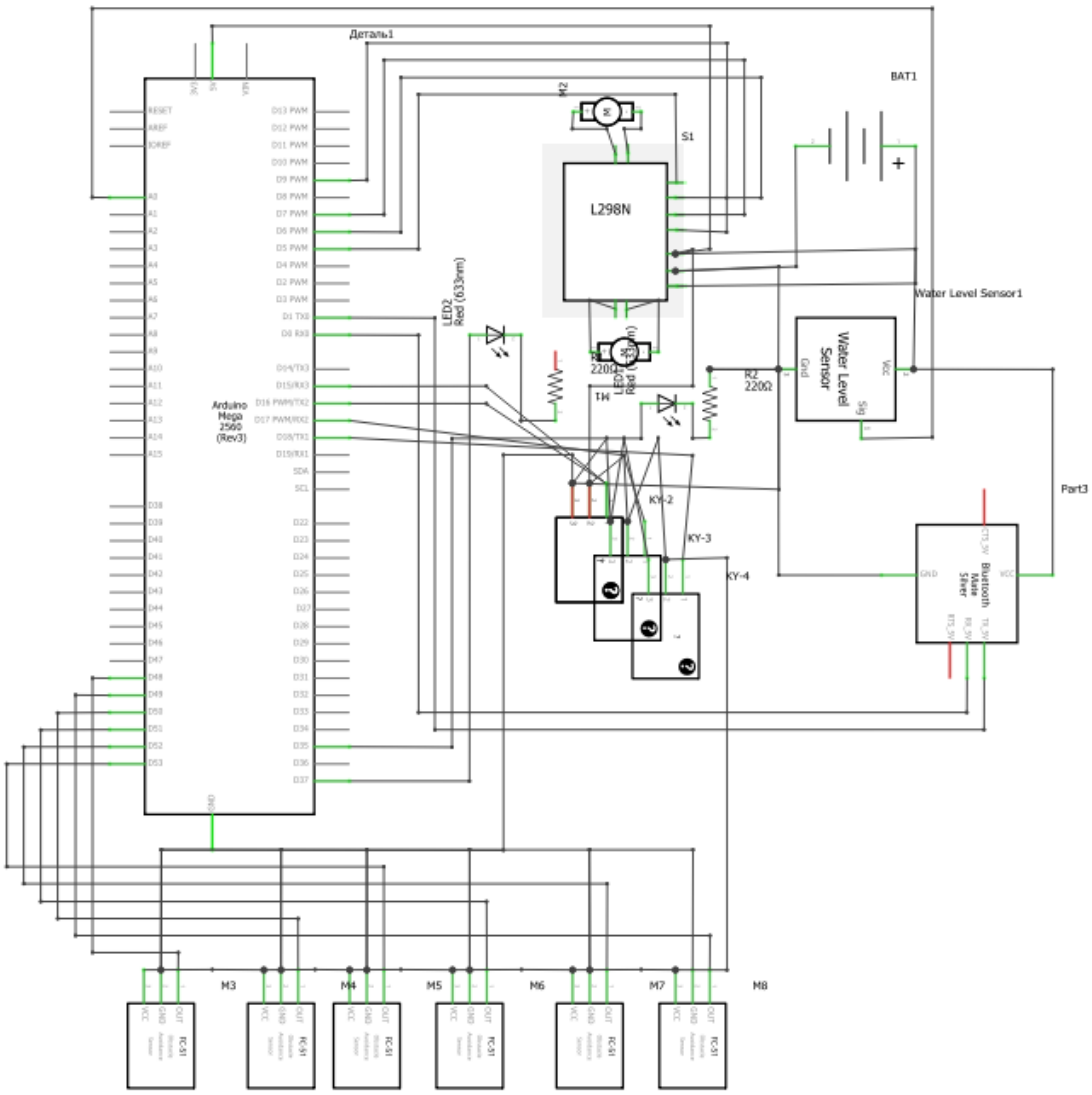


Рисунок 6 - Електрична схема підключення елементів системи

2) Для визначення рівня наповнення сміттєвого контейнера клінінговий пристрій оснащується датчиком рівня, підключення якого здійснюється наступним чином:

— VCC підключаємо до +5 V плати Arduino;
— GND під’єднуємо до GND Arduino;
— S підключаємо на аналоговий порт A0 Arduino.

3) Для можливості керування та зняття відповідних параметрів клініниговий пристрій оснащується також модулем Bluetooth HC-05. Підключення модуля бездротового обміну даних з мікроконтролером сімейства Arduino відбувається на порти, які дозволяють обмін даними в режимі реального часу:

— TXD підключаємо до Arduino D0;
— RXD підключаємо до Arduino D1;
— VCC підключаємо до +5 V Arduino;
— GND під’єднуємо GND Arduino.

4) Для керування двигунами 3 щіток та вакуумним насоом дана схема передбачає підключення цих двигунів через модулі реле:

➢ на NO контакт затискача реле підключаємо GND двигуна 1, у зв’язку з роботою з 12V сюди ж подаємо GND з блоку живлення 12V;
➢ на COM контакт затискача реле підключаємо PWM вентилятора 1;
➢ на NC контакт затискача реле підключаємо робочу напругу для двигуна 1 PWM блока живлення 12V;
➢ контакт GND модуля реле підключаємо до GND Arduino;
➢ VCC модуля реле підключаємо до +5 V плати Arduino;

- вихід IN1 до D15 Arduino.

Підключення трьох наступних модулів реле відрізняється лише портом під'єднання виходу IN1 до D16, D17, D18 мікроконтролера Arduino.

5) В якості чутливих елементів перешкод в схемі передбачено застосування шести оптичних датчиків перешкод:

- контакт GND підключаємо до GND Arduino;
- VCC підключаємо до +5 V плати Arduino;
- вихід OUT підключається до цифрового порту D48, а для наступних п'яти оптичних датчиків даний контакт підключається на порти D49, D50, D51, D52, D53 плати Arduino.

6) Власне рух клінінгового пристрою відбувається за рахунок приводів коліс підключених до мікроконтролера Arduino Mega 2560 використовуючи при цьому драйвер двигуна L298N компанії H-Bridge. Підключення відбувається наступним чином:

- контакт GND підключаємо до GND Arduino та акумулятора, який забезпечує пряме живлення для двигунів;
- +5V підключаємо до +5 V плати Arduino;
- +12V підключаємо до + акумулятора;
- вихід IN1 до D9 Arduino;
- вихід IN1 до D7 Arduino;
- вихід IN1 до D6 Arduino;
- вихід IN1 до D5 Arduino;

власне підключення двигунів приводу коліс відбувається за рахунок підключення електродвигунів до виходів OUT 1 – OUT 4.

Процес прибирання розробленого проекту клінінгового пристрою розпочинається із ввімкнення пристрою натиском кнопки On/Off.

Після чого алгоритм передбачає перевірку рівня заряду акумулятора.

Якщо рівень заряду акумулятора низький в такому випадку усі двигуни щіток для прибирання та вакуумного насоса вимикаються для збереження заряду пристрою, якщо до цього пристрій був під'єднаний за допомогою бездротової системи передачі даних Bluetooth до пристрою із попередньо встановленим додатком для керуванням розумним пристроєм, тоді на смартфоні з'являється сповіщення "Low battery". Паралельно із цим на корпусі пристрою засвічується світлодіод і пристрій прокладає найшвидший маршрут до бази для підзарядки.

Якщо рівень заряду батареї в нормі тоді пристрій запускає двигуни щіток та вмикається вакуумний насос і по сутті розпочинається процес прибирання приміщення.

Алгоритм роботи передбачає визначення способу прибирання. Базово визначено два методи:

- автономний;
- під керуванням рухом пристрою на базі Android додатку.

Автономний режим роботи активується одразу, якщо пристрій не під'єднаний до смартфону за допомогою Bluetooth.

В випадку ж підключення плати Arduino через додаток на пристрої з встановленим додатком є можливість також встановлення автономного режиму прибирання. Єдиною відмінністю від базового автономного режиму є виведення сповіщень за допомогою додатку на смартфоні з інформуванням користувача про низький заряд батареї чи переповнений контейнер для сміття.

Більш детально опишемо кожен із принципів роботи клінінгового пристрою.

За автономного режиму роботи пристрій зчитує інформацію з оптичних датчиків перешкоди визначаючи перешкоди на своєму шляху та при цьому автоматично змінюючи швидкість чи напрямок руху двигунів, що використовуються для переміщення пристрою, і таким чином знаходить найменший шлях для обминання перешкод і цим самим забезпечуючи максимально можливе якісне прибирання приміщення.

При цьому варто відмітити, що на протязі усього етапу прибирання пристрій продовжує слідкувати за рівнем заряду акумулятора, якщо він стає нижчим встановленого програмно мінімуму на смартфоні, то з'являється відповідне сповіщення, а також засвічується світлодіод з частотою мигання в 1 секунду.

Аналогічно є передбачений світлодіод, який призначений для інформування про наповнення контейнера для сміття. Якщо контейнер переповнений пристрій вимикає двигуни та шукає шлях до бази для підзарядки.

Для ручного режиму керування із смартфону в додатку для Android створено інтерфейс для керування клінінговим пристроєм.

Кожна кнопка відповідає за рух пристрою у вказаному напрямку за допомогою відповідного символу руху.

Наприклад, для руху вперед подається однакова швидкість на колеса і пристрій розпочинає свій рух уперед, аналогічно він рухається і в зворотному напрямку, при цьому подається команда на зміну подачу напрямку обертання двигунів.

При необхідності повороту в ліву чи праву сторону, відправляється команда про необхідність подання значень в різних напрямках обертання двигунів, за рахунок чого досягається максимальна швидкість повороту чи розвороту.

Розроблена система працює подібно до аналогів запропонованих різними компаніями на ринку, про те все ж таки має ряд відмінностей. Здійснюється зняття параметрів:

— відстані до перешкоди за рахунок зняття даних параметрів із оптичних датчиків відстані;
— рівня заряду акумулятора;
— рівня наповнення контейнера для сміття.

Отримуючи показники відстані до перешкоди система визначає найкоротший шлях для об'їзду перешкоди та швидко перебудовує маршрут зберігаючи в пам'яті інформацію про приміщення. Ключовими параметрами при цьому є побудова маршруту з можливістю об'їхати перешкоду так, щоб захопити найменші місця для прибирання, якщо площа дозволяє по ширині проїхати пристрою.

При цьому управління процесом прибирання можливе відбуватися у двох режимах:

— ручний;
— автономний.

Для роботи в ручному режимі обов'язковою умовою є підключення пристрою за допомогою бездротової мережі Bluetooth до додатку на операційній системі Android. При цьому використовуючи смартфон чи планшет є можливість керування рухом пристрою самостійно людиною, враховуючи його габарити з можливістю безперечного заїзду в найбільш важко доступні місця, у яких пристрій самостійно за допомогою датчиків розраховує не допустимий проїзд через занадто малий проїзд.

Варто відмітити, що при роботі клінінгового пристрою в ручному режимі, він не будує карту приміщення та є шанс не перекрити якусь частинку приміщення визначеного для прибирання.

Принцип функціонування системи автоматизованого управління клінінговим пристроєм при автоматичному режимі роботи системи значно складніший.

На основі значень отриманих з оптичних датчиків відстані на програмному рівні будується маршрут руху пристрою, запускаються усі двигуни, що необхідні для прибирання, а також програма знайшовши перешкоду повторно аналізує приміщення, зчитуючи інформацію із шести оптичних датчиків, та аналізує чи проводилося прибирання даної ділянки приміщення: якщо ні - то будується маршрут по даній ділянці та запускаються двигуни коліс із визначенням розвороту, повороту та напрямлення на шлях для руху по розробленій програмно схемі.

Регулювання та керування роботою системи здійснюється на базі мікроконтролера Arduino Mega 2560.

В розробленому проекті,що наведений у вигляді програмного коду в Додатку А, використанні наступні бібліотеки:

- SoftwareSerial.h – бібліотека для роботи з Шилд;
- Servo.h – бібліотека для роботи з сервоприводом;
- LiquidCrystal.h – бібліотека для роботи з дисплеєм.

Програма для керування клінінговим пристроєм реалізована в середовищі MitAppInventor (рис. 7). Вид вікна керування клінінговим пристроєм розробленого Android додатку наведено на рис. 8. Повідомлення про розрядження батареї клінінгового пристрою – рис. 9, а про заповнення контейнера для сміття – рис. 10.

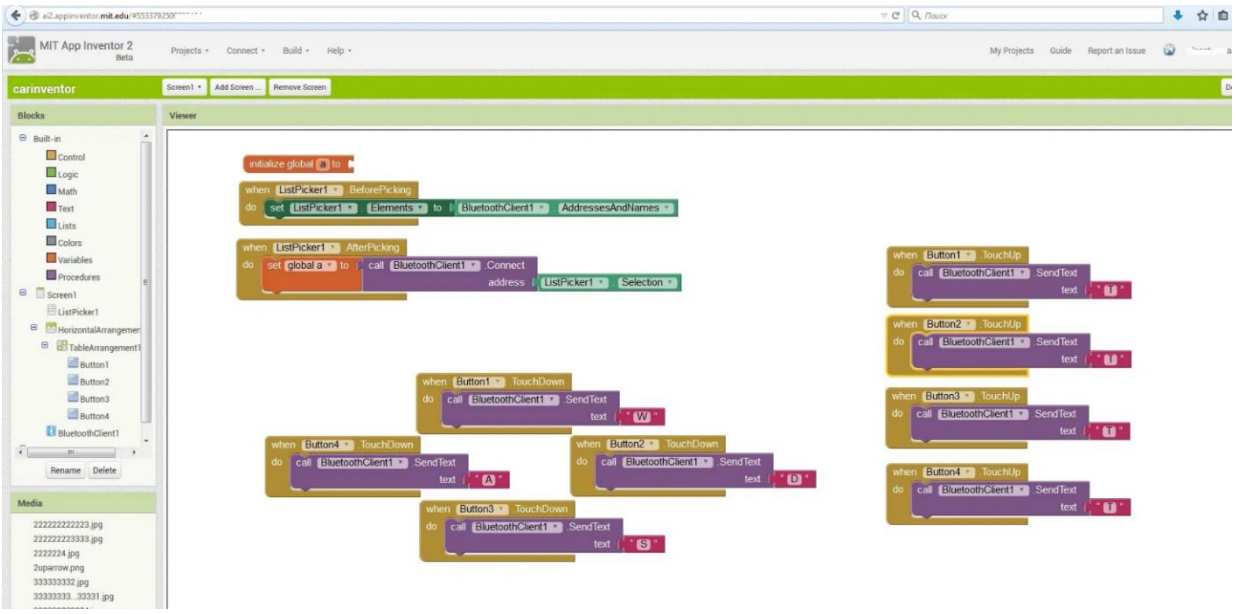


Рисунок 7 - Програма для керування клінінговим пристроєм в середовищі MitAppInventor

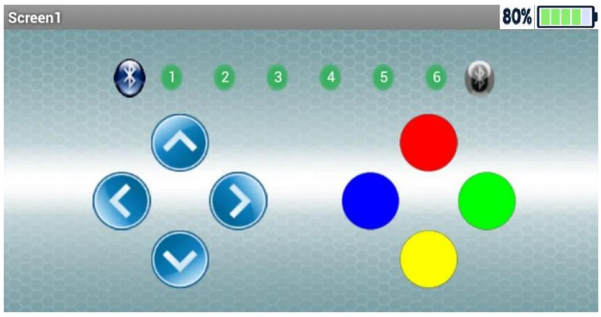


Рисунок 8 – Вигляд вікна керування клінінговим пристроєм розробленого Android додатку

Рисунок 9 – Повідомлення про розрядження батареї клінінгового пристрою

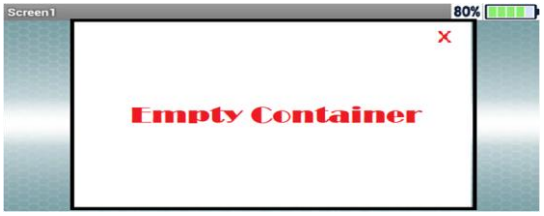


Рисунок 10 – Повідомлення про заповнення контейнера для сміття клінінгового пристрою

Висновки:

Новизна розробки полягає в тому, що розроблена система при роботі в автоматичному режимі не лише забезпечить якісне прибирання приміщення, але й заздалегідь повідомить про низький рівень заряду пристрою та/або переповнення контейнера для сміття, що відобразиться відповідним світлодіодом на його корпусі, але й у додатку, який розроблений для пристроїв на базі операційної системи Android, та показує обраховований в режимі реального часу мінімальний час роботи для текучого рівня заряду акумулятора. Також пристрій самостійно визначає перешкоди на своєму

шляху та визначає мінімальний шлях для їх об'їзду, при цьому він також визначає можливість його проїзду під перешкодою з врахуванням висоти, що дозволить покращити якість прибирання у важко доступних місцях. У ручному режимі керування, розроблений додаток дозволяє керувати напрямом руху пристрою, відображує інформацію про мінімальний час роботи для текучого рівня заряду акумулятора та повідомляє про його низький заряд і про переповнення контейнера для сміття.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. ПОЛНЫЙ ОБЗОР РОБОТА ПЫЛЕСОСА ICLEBO ARTE - URL: https://www.hrobot.ru/useful-materials/polnyy_obzor_robota_pylesosa_iclebo_arte/ (дата звернення 26.11.2021).
2. Как устроен робот-пылесос - URL: https://habr.com/ru/company/qrobot/blog/199368/ (дата звернення 26.11.2021).
3. КАК РАБОТАЕТ РОБОТ-ПЫЛЕСОС И ЧТО У НЕГО ВНУТРИ: ГАЙД В 2 РАЗДЕЛАХ - URL: https://www.moyo.ua/news/kak-rabotaet-robot-pylesos-i-chto-u-nego-vnutri-gayd-v-2-razdelakh.html (дата звернення 26.11.2021).
4. Как работает пылесос: особенности конструкции и функционирования различных типов пылесосов - URL: https://sovet-ingenera.com/tech/pylesosy/kak-rabotaet-pylesos.html (дата звернення 26.11.2021).
5. Как работает робот пылесос: устройство и принципы уборки - URL: https://future2day.ru/kak-rabotaet-robot-pylesos-ustrojstvo-i-principy-uborki/ (дата звернення 26.11.2021).
6. Интеллектуальная уборка: как правильно выбрать робот-пылесос - URL: https://korrespondent.net/business/4195867-yntellektualnaia-uborka-kak-pravylno-vybrat-robot-pylesos (дата звернення 26.11.2021).
7. Датчик препятствия (модуль YL-63) - URL: https://arduino.ua/prod1212-datchik-prepyatstviya-modyl-yl-63 (дата звернення 26.11.2021).
8. Датчик уровня жидкости - URL: https://arduino.ua/prod644-datchik-yrovnya-jidkosti (дата звернення 26.11.2021).
9. Мини моторчик с шестерней от Sparkfun- URL: https://arduino.ua/prod530-mini-motorchik-s-shesternei-ot-sparkfun (дата звернення 26.11.2021).
10. Модуль кнопки с колпачком - URL: https://arduino.ua/prod2595-modyl-knopki-s-kolpachkom (дата звернення 26.11.2021).
11. 4-х канальный модуль реле 5В 10А - URL: https://arduino.ua/prod206-4-h-kanalnii-modyl-rele-5v-10a (дата звернення 26.11.2021).
12. Драйвер двух двигателей на L298N- URL: https://arduino.ua/prod406-draiver-dvyh-dvigatelei-na-l298n (дата звернення 26.11.2021).
13. Модуль Bluetooth 4.0 - URL: https://arduino.ua/prod1291-modyl-bluetooth-4-0 (дата звернення 26.11.2021).
14. LED-индикатор семисегментный 4-разрядный с драйвером TM1637 - URL: https://arduino.ua/prod1629-posledovatelnii-4-razryadnii-semisegmentnii-led-indikator-s-i2c-draiverom-tm1637 (дата звернення 26.11.2021).
15. Светодиод 3 мм красный ультраяркий - URL: https://arduino.ua/prod289-Svetodiod_krasnii_sverhyarkii_3mm (дата звернення 26.11.2021).
16. Резистор 0,25W, 13 Om (5%), d2,5 L7 - URL: https://radiodetali.com.ua/product/rezistor-025w-13-om-5-d25-l7-4574 (дата звернення 26.11.2021).
17. Arduino Mega 2560 R3 (CH340) - URL: https://arduino.ua/prod2611-arduino-mega2560-r3-ch340 (дата звернення 26.11.2021).

УДК 004.415.2.045 (076.5)

V. K. Salivon, O.P. Dyshlevyi
National Aviation University, Kyiv
E-mail: 5649581@stud.nau.edu.ua

THE APPROACH OF TELEGRAM INTEGRATION TO AUTOMATION OF THE JIRA PROJECT MANAGEMENT MECHANISM

In this paper the mechanism of Jira project management is investigated, the analysis of the existing means of automation of the Jira project management mechanism by means of integration with Telegram interaction tools is carried out. An approach for the development of a control automation mechanism taking into account the specific requirements identified during the analysis of the problem is proposed.

Keywords: project management tools, notification system, integration tools, Jira project management tool, Jira Server, Jira Cloud, Jira Data Center, Telegram integration

В. К. Салівон, О. П. Дишлевий. Підхід до автоматизації механізму управління проектами Jira за допомогою інтеграції з Telegram. У даній роботі досліджено механізм управління проектами Jira, проведено аналіз існуючих засобів автоматизації механізму управління проектами Jira за допомогою інтеграції з інструментами взаємодії Telegram. Запропоновано підхід до розробки механізму автоматизації управління з урахуванням конкретних вимог, виявлених під час аналізу проблеми.

Ключові слова: інструменти управління проектами, система сповіщень, інструменти інтеграції, інструмент управління проектами Jira, Jira Server, Jira Cloud, Jira DataCenter, інтеграція з Telegram

В. К. Саливон, О. П. Дышлевой. Подход к автоматизации механизма управления проектами Jira посредством интеграции с Telegram. В данной работе исследован механизм управления проектами Jira, проведен анализ существующих средств автоматизации механизма управления проектами Jira посредством интеграции с инструментами взаимодействия Telegram. Предложен подход к разработке механизма автоматизации управления с учетом конкретных требований, выявленных при анализе проблемы.

Ключевые слова: инструменты управления проектами, система уведомлений, инструменты интеграции, инструмент управления проектами Jira, Jira Server, Jira Cloud, Jira DataCenter, интеграция с Telegram

Problem statement. In a world where a staggering number of dramatically increasing projects exists, the need for project management tools is becoming an issue of paramount importance. Having been developed, such tools have a variety of features for monitoring, tracking, visualization, planning, documentation, evaluation, etc. However, having said that, such systems become complex in use and heavyweight in maintenance. Hence, the need to react promptly and control changes turned up. In other words, there is a need for a system of notifications implemented through integration with other tools focused specifically on this task [1]. The realization in question should solve several tasks:

1. Monitoring of changes in the management system;
2. Prompt notification of those responsible for detected changes;
3. Ability to respond quickly to detected changes;
4. The system must be integrated with the management tool, located on different platforms such as server, cloud, or data-center.

Analysis of recent research and publications on this issue. Notifications are the most convenient way to ensure any worker never misses an important update and is always on top of what is going on with the project. Project management software notifications provide an alert anytime someone makes changes to tasks created, assigned to, or followed. These days, it’s easier to access information than ever before. Now the challenge has become accessing the right kind of information. Notifications can help to cut through the noise and guide the workers to whatever they need to work more effectively. The broad definition of notification is an alert that notifies a user of the corresponding action. However, notifications can be helpful

in many different ways. Here are a few types of notifications that are often used in project management software:

- Project updates. Project update notifications can alert users when any changes are made on a project they are involved in. These updates keep all stakeholders in sync with each task's current status and ensure duplicate work doesn't occur.
- Mentions, comments, and messages. Communication-related notifications are crucial to effective collaboration in project management. Notifications can alleviate the burden of constantly checking different applications and alert users whenever someone needs their attention.
- Deadline reminders. Automated reminders can be the extra nudge users need to refocus their efforts and complete tasks on time. The following types of notifications are often used in project management software: push notifications, mobile notifications, email notifications, in-app notifications.

While notifications are a great way to stay on top of the project, they can get overwhelming if not properly managed. For this reason, it's crucial that the project management software allows users to customize notifications to suit the needs of business, project, and schedule. Therefore, there is a need to look for a project management software solution that allows users to select which immediate notifications they receive. This chosen software should also offer the ability to disable any or all of the regular notifications. Users should also be able to choose how they receive notifications. Another important feature of notifications is the ability to respond to them directly from the inbox. When users can respond to changes and update tasks directly from your inbox, they can be more efficient. After all, having to leave the inbox and navigate to the relevant task or folder not only increases the time spent responding, it also increases the chance of getting sidetracked and forgetting what the user was doing before it's completed. [1]

Purpose of the article. Therefore, the purpose of this article is:

- to analyze the existing project management software
- to analyze the existing tools and approaches for monitoring changes in project management tools and notifying users of detected changes;
- development of a model for implementing a tool for monitoring, notification, and rapid response to change through integration with other products focused specifically on the above tasks.

The realization in question should solve several tasks:

1. Monitoring of changes in the management system;
2. Prompt notification of those responsible for detected changes;
3. Ability to respond quickly to detected changes;
4. The system must be integrated with the management tool, located on different platforms such as server, cloud, or data-center.

The last requirement in the list is the main priority as it is widely considered that the hosting of the project on each of mentioned platforms has its merits and demerits depending on project needs. Hence, it is reasonable to assume that one of the most essential things in the development of such integration is to have an opportunity to interact with the system hosted on different platforms.

Substantiation of the obtained scientific results. To analyze the capabilities of notification tools, it is important to first get acquainted with the capabilities of project management tools, the purpose of their use, their functionality, limitations, and requirements.

Project management tools are the project manager's answer to managing projects. It assists an individual or team in organizing and managing their projects and tasks effectively. Simple projects require nothing more than a checklist, while other complex ones require proper planning, assigning tasks, setting deadlines, making sure that everyone sticks to them, and tracking the time spent. Project management software is a type of online collaborative app where everyone who's working on a project can log in and see what they're supposed to do and when. They also record their progress on those tasks and add relevant details, such as notes about any changes. People who have the right permission level can see what everyone else is doing or will need to do and when. For the person or people managing the project, the app provides a clear overview of the project and its health. The need to quantify, objectify, segregate and delegate tasks properly and proportionately is of high importance, and that's where the use of modern tools comes in. [2]

There are plenty of project management tools nowadays such as Jira, Kissflow Project, Trello, Asana, Zoho Projects, Wrike, Monday.com, Proofhub, Clarizen, Airtable, Kanban Tool. All of them have by and large similar features and were constructed in order to simplify the process of managing projects. However, there is a lot to be said for advanced features to track projects at a higher level and see how each project

interacts with the other. These tools can include flexible work views, cross-functional resource management, dashboards, reporting, timesheets, etc.

Jira project management tool. Jira project management tool was chosen for the investigation as one of the most popular instruments for managing project needs. Besides this, Atlassian (Jira owner company) offers the whole ecosystem of products to Jira users. Jira is now offered in three separate packages: Jira Core, Jira Software, Jira Service Management. [3]

Since its inception, Jira has grown to encompass all kinds of project management types. The platform leverages all kinds of project management skills, including software development, Agile project management, bug tracking, scrum management, content management, marketing, professional service management, and so much more. [4]

As it was mentioned before, the problem of the high complexity of such project management tool as Jira is not new. Having reached some critical points developing new features, users and developers faced the crucial need for some notification system developed in order to simplify the process of interaction with a management tool.

The first obvious solution was to implement email notifications using which Jira can send email notifications to users when significant events occur. The email contains events that occurred in an issue in the specified time frame and includes the following updates: details about the issue, changes to any of the issue fields, comments, work logs, attachments, mentions. To avoid sending too many emails, a mention will be included in the email with other issue updates, but it will trigger this email to be sent as soon as possible. [5]

This solution was good for notification purposes. Moreover, email notifications were implemented for all types of Jira platforms. However, it still does not solve the problem of the inability to respond to detected changes promptly in a more convenient way for users.

Therefore, there was a need to integrate Jira with another third-party tool focused specifically on user notification purposes.

When choosing the third party tool as a notification system, it is reasonable to pay attention to a few factors:

1. If this tool has a large enough audience that uses it? Is there a demand for this tool?
2. Is this tool easy to use? Is it convenient enough for sending notifications and reacting to them in an appropriate way?
3. Is it possible to integrate this tool with any kind of platform we need?
4. Is this tool secure enough?

Integration with third parties. Having considered all the mentioned key points, we have come to the conclusion that one of the most appropriate tools for integration with project management instruments is the Telegram messenger tool. In Ukraine, Telegram is one of the ten most popular applications in terms of downloads and ranks first among applications for communication [6]. It has a convenient user-friendly interface. It has implemented features specifically for notification purposes, such as user channels, mentions, bot's commands, etc. Using Telegram it is possible to react to some message by writing comments in channels, forwarding messages, creating chats; with the use of bot API provided by Telegram, it is possible to react to some actions in a more complex way using bot commands (sending webhooks to other applications, analyzing data, integrating with other tools, creating some another type of notifications depending on received data, and so on). As was mentioned before, Telegram uses an open API and allows developers to create bots or their own Telegram apps. Hence, it can be integrated with other platforms. A telegram is a secure option for messaging due to several features it offers: it says its two-chat system is the most secure solution for their widely-used app. It toggles between Cloud and Secret chats to protect all kinds of users, relying on a standard encrypted cloud storage system based on server-client encryption — called MTProto encryption [7].

Other instruments for communication such as Signal, Viber, WhatsApp by and large lose compared to the Telegram: Signal tool is more secure than Telegram, however, Telegram gives users the opportunity to create secret chats if it comes to the need to have the communications be encrypted end-to-end. Moreover, Signal does not have the ability to create channels for notification purposes, it focuses on sending basic text, media, and voice messages. What is a stronger argument in favor of Telegram is that Signal does not have its public APIs for integrating it with other tools. Viber and WhatsApp are more popular tools in our region compared to Signal but they still lose Telegram in terms of downloads. What is meaningful, mentioned apps completely inferior to Telegram in their reliability in terms of security, as the level of the secure connection is significantly lower in Viber and WhatsApp. The last one does not have any public API for development purposes, whereas Viber does. However, all the bot notification features in Viber are paid.

Hence, having considered the analysis made, we have come to the conclusion that the Telegram app is the most appropriate choice for the integration with the project management tool.

During the study, we found and analyzed several existing implementations of Jira integration with the Telegram notification tool presented in Table 1.

Table 1.

Comparative analysis of the existing integrations of Telegram and Jira

General information	Features	Disadvantages
Name: “Telegram Integration For Jira” Creator: Itransition Group Supported platforms: Jira Server	- get instant notifications about issues - create telegram chats directly from JIRA - manage admin privileges - post messages from telegram chat to linked issue in Jira	- the later versions of Jira are not supported yet - only for the Server platform
Name: “Telegram Connector for Jira” Creator: Globo Solutions Supported platforms: Jira Server 8.5.0 - 8.20.2 and Jira Data Center 8.5.0 - 8.20.2	- easy-to-set-up integration between Jira and Telegram - limitless amount of tunable settings to deliver precious information to any chat - self-evident interface - rich set of events to choose from - adjustive filtering - possibility to use Proxy Servers	- does not have the ability to react promptly to detected changes from Telegram - is not free - only for Jira Server and DC
Name: JIRA Telegram Notifications Creator: Mikhail Butsenin Supported platforms: Jira Cloud	- automatically post JIRA updates in Telegram channels - showing the ticket’s data right after someone uses a ticket’s number in his/her message - linking the Telegram account and JIRA account	- is not free - the major features accessible only for private chats - only for Jira Cloud platform
Name: Telegram Integration Plus Creator: Lizard Brain Atlassian Apps (an Appfire company) Supported platforms: Jira Cloud	- connect user Telegram accounts with Jira - get instant notifications about issues and projects - creation, editing, and deleting Issue or Project chats - sending messages to Telegram chat about the issue - writing comments in Jira issue details	- is not free - supports only the Jira Cloud platform
Name: JirBee - Jira and Telegram Bot Creator: Softlist Supported platforms: Jira Cloud platform	- two-way API integration of Telegram and Jira Service Management - getting personal notifications from the Jira instance to the Telegram - getting notifications for Jira issues - creating service requests - changing ticket status from within the Telegram mobile app	- is not free - supports only Jira Service Management projects - supports only the Jira Cloud platform
Name: Telegram for Jira Service Management Creator: Triangu Supported platforms: Jira Server 8.0.0 - 8.19.1	- creating, viewing, and updating Jira Service Management tickets - selecting request type availability in Telegram - mapping Telegram profile and Jira user profile - create a simple request from Telegram to Jira Service Management - adding attachments while creating tasks	- is development stage - supports only Jira Service Management projects - supports only the Jira Cloud platform

Taking into account all the identified shortcomings, it is proposed to develop a new solution that will solve the problem of integration of Telegram with different platforms and products of Jira and will meet the needs of the notification manager.

Proposed solution. Having analyzed all existing implementations of Jira integrations, we have come to the conclusion that none of the described realizations comply with all the mentioned in problem statement features. Therefore, it is reasonable to think about the development of a new model, which will be adequate to the demands of a notification manager. Such a model should:

- allow users to connect their Telegram accounts with JIRA;
- allow users to get instant notifications about different types of Jira issues;
- allow users to interact with their team in a convenient way;
- have a self-evident interface in order to configure issue status notifications received from telegram bot such as Issue created, Issue resolved, Issue closed, Issue assigned, Issue deleted, Issue comment edited, etc.;
- allow users to respond to any detected change promptly through the Telegram app;
- allow users to create issue-specific chats directly from Jira with the ability to send messages from the telegram chat to Jira issue comments;
- allow users to use telegram bot commands for the most common types of interactions with Jira issues such as changing the status of a ticket, adding a comment, creation the issue, etc.;
- be integrated with all Jira platforms.

The schema of the proposed model is shown in Figure 1. Any issue change that occurred in any Jira product such as Jira Core, Jira Service Management, and Jira Software, hosted on Jira Server or on Jira Cloud is shown as an Issue event and comes to the Jira extension plugin. The event is being analyzed and converted to a separate type of notification event. The notification undergoes the Telegram bot integration server where it is being routed to the appropriate Telegram user channel or chat. When it comes to a prompt user reaction for some event, the separate bot commands are used to create a request, which is consequently sent to the Jira extension plugin. Jira extension plugin performs the request in order to make corresponding changes in the Jira project.

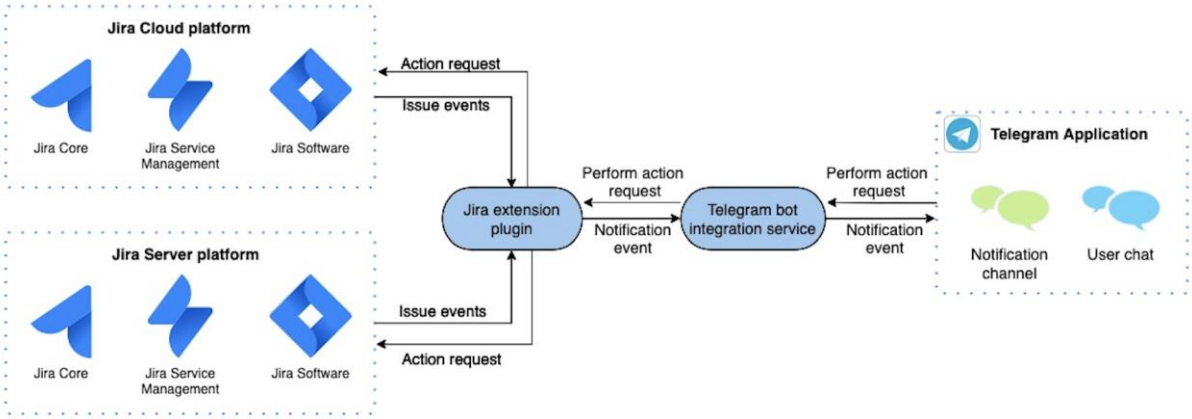


Figure 1. Jira-Telegram integration model

All the requirements in question are possible to have complied because both Jira and Telegram have the ability to be extended and be integrated with each other.

Jira is very flexible and has a number of extension points where Jira's data can be queried, or its functionality extended. Plugins are a common way of extending software platforms such as Jira. The Atlassian plugin framework is powered by OSGi. Its service registry is where decoupling between implementation and consumers happens, allowing the extensibility of Atlassian products. Atlassian's plugin framework can also be embedded in web applications that are not Atlassian products. Plugins can be directly installed by generating a jar file as part of CI/CD and uploading it to an application instance [8].

Telegram, in turn, offers two kinds of APIs for developers. The Bot API allows to create programs that use Telegram messages for an interface. These accounts serve as an interface for code running somewhere on the server. The Telegram API and TDLib allow building customized Telegram clients.

Having analyzed all the abilities proposed by each API, we have come to the conclusion that Telegram Bot API is a more appropriate choice for such kind of integration [9].

Conclusions. In this paper, the mechanism of Jira project management is investigated, the analysis of the existing means of automation of the Jira project management mechanism by means of integration with Telegram interaction tools is carried out. An approach for the development of a control automation mechanism taking into account the specific requirements identified during the analysis of the problem is proposed.

References

1. Wrike a Citrix Company, Why Should I Use Notifications in Project Management Software, – 2021. – 1p.
2. N. Morpus, What Is Jira: An Overview of a Unique Project Management Tool – X.: The Blueprint, January 29, 2021
3. M. Ortu, G. Destefanis, M. Kassab, M. Marchesi. Measuring and Understanding the Effectiveness of JIRA Developers Communities – X.: WETSoM 2015, 4 p.
4. H. Mohapatra. JIRA – X.: Affiliation: Savitribai Phule Pune University, July 2017, 1-5p.
5. Atlassian c. Configure notification schemes, Nov 4, 2019
6. A. D. Nobari, N. Reshadatmand, M. Neshati. Analysis of Telegram, An Instant Messaging Service — X.: CIKM'17 , November 6–10, 2017.— 2 p.
7. Mohtasham Ghaffari, Sakineh Rakhshanderou, Yadollah Mehrabi. Using Social Network of TELEGRAM for Education – X.: International Journal of Pediatrics 5, 7 (2017), 5275–5286 p.
8. S. Sarker, Creating an Atlassian Server Plugin – X.: https://medium.com/, 2021
9. J. C. de Oliveira, D. H. Santos, and M. P. Neto. 2016. Chatting with Arduino platform through Telegram Bot – X.: IEEE International Symposium on Consumer Electronics (ISCE), 2016. 131–132 p.

СЕКЦІЯ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

УДК 004.62, 004.627

Студент Війтенко А.М., к.т.н., Павловський В.І.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

КОМП'ЮТЕРНА ERP-СИСТЕМА ОСУЧАСНЕНИХ РОЗРАХУНКІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ М. ОДЕСИ

Viitenko Artem, student; Pavlovskyi Vladimir, assoc. prof., PhD Computer ERP-system of modernized calculation of heat supply of Odessa. This paper concerns problems in in the heat supply of a utility and offers a new way of presenting data. The proposed method of data construction and calculation can be used in the utility company "Heat supply of the city of Odessa" to automate business processes. Based on the proposed data representation, the performance of the calculation algorithm can be significantly increased and more receptive to system users.

Вступ

Автоматизація розрахунку теплопостачання є однією з важливих задач комунальних підприємств, які надають послуги теплопостачання населенню міста. До неї зводиться вирішення чималої кількості інших задач – побудова адекватної структури даних, актуальність даних, облік теплобалансу, формування платіжних квитанцій, формування актів за надані послуги юридичним особам і т.п.

У даній статі розглядаються питання побудови структури даних та автоматизації розрахунків спожитого тепла фізичними та юридичними особами у м. Одесса у відповідності до осучасненої методики Мінрегіонбуду. Запропоновані рішення є складовою ERP-системи на платформі IT-Enterprise.

Постановка задачі

Метою роботи є побудова розвинутої структури даних та ERP-системи, яка, відповідно до вимог методики Мінрегіонбуду України про розподіл між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг №315, враховує всі складові системи теплозабезпечення кінцевого споживача та реалізація на цій основі автоматичного розрахунку споживання тепла фізичними та юридичними особами.

Термінологія

Теплобаланс – рівність кількості теплоти палива, що надходить у котел, сумі корисно використовуваної в ньому теплоти і теплових втрат. Зведення цього балансу дозволяє оцінити ККД котла та перевірити теплові розрахунки.

ERP-система – система планування всіх видів ресурсів підприємства. Дозволяє пов'язати всі інформаційні ресурси підприємства в єдине ціле, оптимізувати та прискорити процеси розрахунків, що ведуться на підприємстві.

Недоліки поточної системи оплати теплопостачання

Останні роки комунальне підприємство «Теплопостачання м. Одеси» мало значні збитки. Аналіз показав, що це відбувається за рахунок того, що в розрахунку оплати теплопостачання не враховуються витрати на функціонування системи та обігрів місць загального користування. Суттєвими є втрати від "мінімального нарахування", коли фізична або юридична особа з приладом регулювання та обліку має нульові показники витрат, хоча сусіди отоплюють її з різних сторін. Подібна ситуація має місце у всіх містах країни, де є централізоване опалення.

На даний момент підприємство використовує систему «Биас», яка має ряд недоліків: значний час повного розрахунку – до 48 годин безперервної роботи; складна структура даних; розрахунок за застарілою методикою; високі вимоги до спеціальної підготовки операторів системи, що обмежує їх коло; жорстка залежність від розробників системи.

Удосконалена методика розрахунку оплати теплопостачання

В рамках даної роботи слід виділити чотири принципові особливості методики Мінрегіонбуду України про розподіл між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг №315:

1. Змінюється порядок нарахування вартості опалення для окремих помешкань, але загальна вартість опалення для конкретних будівель не збільшується;

2. Споживачі тепла мають платити за обігрів місць загального користування (МЗК). Для цього відсоток МЗК віднімається від загального споживання тепла на дім і розподіляється між кожним споживачем в залежності від квадратури квартири/офісу. Для цього методика передбачає врахування всіх нежитлових приміщень та поверховості будинку, бо від цього залежить відсоток МЗК;

3. Споживачі тепла мають платити за функціонування системи (ФС) - кількість тепла, що припадає на втрати теплової енергії у домовій тепломережі, а також за обсяг втрат теплової енергії від різних транзитних ділянок трубопроводів, що надходять у приміщення, де комунальна послуга з постачання теплової енергії не надається [3]. Для цього відсоток ФС, який залежить від поверховості будинку, віднімається від загального споживання тепла на дім і розподіляється між кожним споживачем в залежності від квадратури квартири/офісу. Для цього методика передбачає врахування всіх структурних особливостей теплопроводної мережі дому;

4. Модифікація способу нарахування плати за обігрів приміщень з приладами регулювання та обліку тепла, де споживачі вимикають батареї і їх отоплюють сусіди з різних боків. В цьому разі особам, якщо вони не спожили мінімальна частину середнього питомого споживання, додається мінімальне нарахування. При цьому частина тепла, яка лягла на мінімальне нарахування, віднімається від загального споживання помешкань без приладів регулювання та обліку [2]. Для цього методика передбачає врахування всіх приміщень з приладами регулювання та обліку тепла та їх показників.

Структури даних оновленої системи оплати теплопостачання

Впровадження методики 315 вимагає докорінної зміни існуючої структури даних і врахування всіх складових системи теплозабезпечення кінцевого споживача. Враховуючи великий обсяг даних, що обробляє система, ця структура має забезпечувати швидкий доступ до всіх необхідних даних.

Основним об’єктом, від якого починається розрахунок оплати, є дім, до якого приєднуються квартири та допоміжні будівлі. У кожної квартири є певні технічні характеристики (навантаження, розрахункова площа, демонтована площа, джерело виробітку теплової енергії, прилади обліку тощо) та додаткова інформація (точна адреса, контрагенти, тип об’єкта – офіс чи житлова квартира тощо). За допомогою цих зв’язків забезпечується можливість виконання розрахунку теплопостачання та створення квитанцій та актів розрахунку для юридичних осіб, аналіз теплобалансу, обмін даними з управлінням соціального захисту населення**,** банком тощо.

Основні таблиці:

- об’єкти-споживачі;
- прилади обліку;
- показники приладів обліку за періодами (рік-місяць);
- особові рахунки;
- договори з юридичними особами;
- нарахування по особовим рахункам в грн. за періоди;
- нарахування спожитого тепла в Гкал по об’єктам-споживачам за періодом;
- контрагенти;

Важливе значення для прискорення розрахунків мають довідники, відповідно до яких проводиться нарахування::

- функціонування системи (%) та місця загального користування (%) з урахуванням поверховості будинку;
- тарифи для типу нарахувань (населення, юридичні особи, бюджетні організації, релігійні організації тощо);
- адреси споживачів;
- котельні;
- температурні коефіцієнти за періодом;

За допомогою цих та багатьох інших таблиць та довідників реалізовано облік розподілення тепла та нарахувань за опалення.

ERP-система розрахунків теплопостачаня м. Одеси

Безпосередньо розрахунок вартості теплопостачання для конкретно споживача є тільки однією складовою великої системи розрахунку теплопостачання м. Одеси. Сюди відноситься облік і управління всіє матеріальною, технічною, фінансовою, юридичною, комунікаційною і багатьма

іншими складовими системи теплопостачання. На сьогодні для роботи з усіма цими ресурсами використовуються ERP- системи. В рамках реалізації цього проекту вибрана система української розробки IT-Enterprise. Це повнофункціональна ERP-система, що включає в себе системи MRPII, MES, APS, EAM, SCM і CRM [1]. Вона надає персоналу підприємства та користувачам можливості отримання повної та достовірної інформації про стан теплозабезпечення та розрахунків за нього.

Система має трирівневу організацію: вебсервер, сервер додатків та сервери баз даних. Вона підтримує дві серверні платформи: Microsoft SQL Server 2012/2008R2 та Oracle 11gR2. В якості платформи розробки бізнеслогіки використовується .Net Framework 4.0 та C# 4.0.

До переваг системи відноситься її мікросервісна архітектуру, що є зручним для реалізації процесу безперервної поставки програмного продукту.

В рамках розрахунку вартості теплопостачання та взаємодії зі споживачами і сумісними організаціями система надає можливості, наведені на рис. 1.

Час повного розрахунку вартості опалення зменшено до 5 годин безперервної роботи. Це зумовлено особливостями структури даних та організації системи.

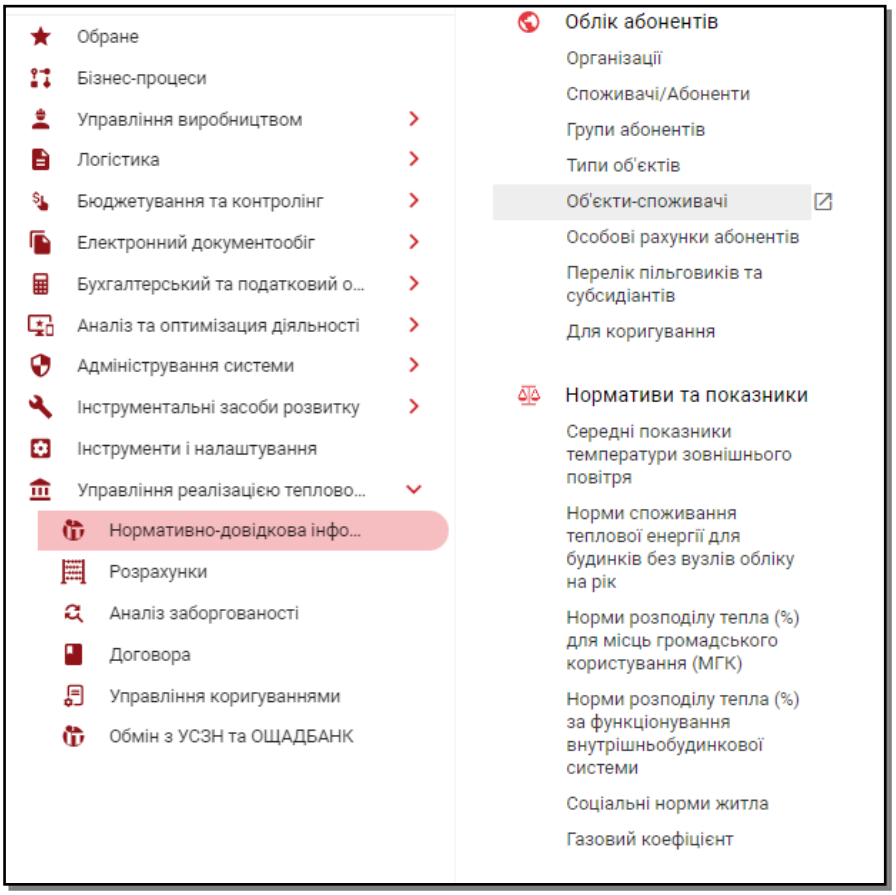


Рис. 1. Інформаційні та функціональні можливості ERP-системи розрахунків теплопостачання

Висновки

У роботі розглянуто ERP-систему розрахунку теплоспоживання. Вона буде використана у комунальному підприємстві «Теплопостачання м. Одеси» за для автоматизації бізнес процесів підприємства, таких як – формування нарахувань, створення квитанцій оплати, відслідковування теплобалансу, занесення показників приладів обліку і багатьох інших.

Порівняно з попередниками система вона забезпечує суттєво вищу швидкодію, гнучкість в модифікації та зручність для користувачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. IT-Enterprise. *IT-Enterprise*: веб-сайт: URL: https://www.it.ua/ru (дата звернення: 29.10.2021)

2. ТМО - Теплопостачання міста Одеси. *ТМО:* веб-сайт: URL: https://teplo.od.ua/ (дата звернення: 28.10.2021)

3. Methodology №315 - heat distribution technique. *Methodology №315*: веб-сайт URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE32954.html (дата звернення: 28.10.2021)

УДК 532.538;621.38

Є. В. Походило, Ю. А. Стасишин, В. Г. Саф'яник
Національний університет «Львівська політехніка»,
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
E-mail: evgenp@meta.ua, yurkastasushun@ukr.net, safjanik.volody@gmail.com

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СПИРТОВИХ РОЗЧИНІВ ЯК ПАРАМЕТРІВ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

У статті проаналізовано варіанти, способи та засоби контролю електричних параметрів спиртових виробів, наведено методи вимірювання складових адмітансу. Запропоновано метод ідентифікації об'єктів контролю за електрофізичними параметрами. Запропоновано узагальнену структурну схему вимірювального засобу для вимірювання електрофізичних параметрів (провідності та діелектричної проникності) спиртових розчинів. Наведені висновки про ефективність запропонованого засобу вимірювання та використання джерела тестового сигналу широкого діапазону частот для аналізу електрофізичних параметрів.

Ключові слова: адмітанс, активна складова, реактивна складова, питома провідність, діелектрична проникність, ідентифікація, стандартний зразок.

Ye. Pokhodylo, Y. Stasyshyn, V. H. Safianyk. Measurement of electrical parameters of alcohol solutions as identification parameters. The article analyzes the options, methods and means of controlling the electrical parameters of alcohol products, methods for measuring the components of admitance. A method for identifying objects of control by electrophysical parameters is proposed. A generalized block diagram of a measuring instrument for measuring electrophysical parameters (conductivity and dielectric constant) of alcohol solutions is proposed. Conclusions on the effectiveness of the proposed tool for measuring and using a test signal source of a wide frequency range for the analysis of electrophysical parameters.

Key words: admitance, active component, reactive component, specific conductivity, dielectric constant, identification, standard sample

Е. В. Походило, Ю. А. Стасишин, В. Г.Сафьяник. Измерение электрических параметров спиртовых растворов как параметров идентификации. В статье проанализированы варианты, способы и средства контроля электрических параметров спиртовых изделий, приведены методы измерения составляющих адмитанса. Предложен метод идентификации объектов контроля электрофизических параметров. Предложена обобщенная структурная схема измерительного средства для измерения электрофизических параметров (проводимости и диэлектрической проницаемости) спиртовых растворов. Представлены выводы об эффективности предлагаемого средства измерения и использования источника тестового сигнала широкого диапазона частот для анализа электрофизических параметров.

Ключевые слова: адмитанс, активная составляющая, реактивная составляющая, удельная проводимость, диэлектрическая проницаемость, идентификация, стандартный образец.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

На сьогоднішній день необхідність контролювання якості будь-якої продукції загальновідома. Особливо актуальним є оцінювання рівня якості харчової продукції, зокрема як міцних спиртних напоїв (горілки, віскі, джину тощо), так і безпосередньо етилового спирту. Зумовлено це масовою появою на ринку такої продукції низького рівня якості, небезпечної для здоров'я, підробок під продукцію великих виробників, неврахованої продукції, що випускається поза виробничим контролем, а також заміною в процесі транспортування продукції від виробника до споживача фальсифікованим аналогом. Саме тому оперативність контролю, усунення суб'єктивних похибок оцінювання якості продукції, порівняння результатів контролю якості продукції виробником з результатами контролю споживачем забезпечує її ідентифікацію.

Електричні методи вимірювання електрофізичних параметрів об’єктів неелектричної природи забезпечують оперативність, об’єктивність, високі метрологічні та експлуатаційні характеристики відповідних засобів. Тому ці методи набули такого широкого використання.

1.Аналіз методів контролю електричних параметрів спирту та водно-спиртових розчинів.

Останнім часом широкого застосування в даній галузі отримали методи контролю електричних параметрів спирту та водно-спиртових розчинів, за якими здійснюється їхня ідентифікація. Одним із таких параметрів є діелектрична проникність, за якою визначають концентрацію водно-спиртового розчину [1,2]. Разом з тим, ідентифікація за одним параметром не убезпечує від фальсифікації як спирту, так і водно-спиртових виробів.

Кращими з цієї точки зору є засоби вимірювання за двома параметрами, а саме: за діелектричною проникністю та провідністю на фіксованій частоті або на декількох частотах заданого діапазону. Стосуються вони вимірювань складових комплексного опору [3] чи комплексної провідності [4,5] об’єктів контролю та опрацювання результатів, тобто реалізується імітансний метод [6], за яким об’єкт контролю подається двополюсником, поміщеним в електричне коло змінного струму, вимірюються параметри його комплексного опору (провідності) і порівнюються з відповідними аналогічно виміряними параметрами стандартного (базового) зразка відомого рівня, якості.

2. Методи вимірювання складових адмітансу

Оскільки питома провідність та діелектрична проникність безпосередньо визначаються за активною та реактивною складовими адмітансу як на окремих частотах, так і в діапазоні частот, то доцільно розглянути способи їх вимірювання. Серійні вимірювачі імітансу не завжди можуть це забезпечити. Тим більше, що режими їх роботи не завжди є прийнятними. Окрім цього не завжди такі вимірювальні засоби є доступними для споживача або вони відсутні у нього. Саме тому актуальним є аналіз різних варіантів вимірювання складових адмітансу з використанням серійних засобів різного призначення [7] та побудови спеціалізованих засобів.

Ідентифікація об’єктів неелектричної природи, як зазначалося, зводиться до порівняння векторів, якими можна подати на комплексній площині адмітанси або імпеданси базового і контрольованого об’єктів, тобто об’єктів порівняння. У нашому випадку розглядається вимірювання складових адмітансу. Вектор Y_0 (рис.1) відображає адмітанс базового зразка, а вектор Y_x – адмітанс контрольованого об’єкта на одній фіксованій частоті тестового сигналу. На інших частотах вектори відрізнятимуться іншими параметрами векторів порівняння.

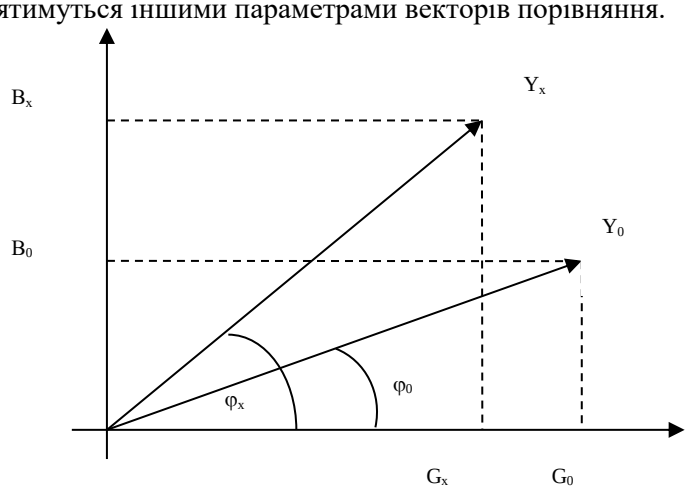


Рис. 1. Векторна діаграма адмітансів об’єктів контролю

3.Вимірювання електрофізичних параметрів

Для ідентифікації спирту та водно-спиртових розчинів, визначення їхнього рівня якості (відхилення від базового зразка) переважно використовують діелектричну проникність та питому провідність. Визначити такі параметри можна, як зазначалося, за результатами вимірюванням реактивної та активної складових адмітансу об’єктів контролю, поданих як багатоелементні

двополюсники. Реалізовані вимірювання зазначених параметрів можуть бути простими технічними засобами спеціального призначення або з використанням серійних широкодіапазонних вимірювачів параметрів комплексного опору чи провідності (імітансу). Для цього необхідно додатково мати первинний перетворювач діелектричної проникності та питомої провідності об'єкта контролю у вимірювані параметри застосованого приладу. Такими параметрами мають бути активна *G* та реактивна *B* складові комплексної провідності *Y* (адмітансу). У такому разі діелектрична проникність та питома провідність з використанням контактного ємнісного первинного перетворювача плоско паралельної конструкції визначатимуться за відомими формулами:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_x S}{d}, \quad (1)$$

$$G = \sigma \frac{d}{S}, \quad (2)$$

з яких отримаємо:

$$\varepsilon_x = C \cdot \frac{d}{S} \cdot \frac{1}{\varepsilon_0} = \frac{A}{\varepsilon_0} \cdot C, \quad (3)$$

$$\sigma_x = G \frac{S}{d} = \frac{1}{A} \cdot G, \quad (4)$$

де $A=d/S$- стала первинного перетворювача (S та d- площа електродів та відстань між ними); ε_0– діелектрична проникність вакууму.

З урахуванням отриманих результатів вимірювання параметрів *C* та *G* за виразами (3) та (4) визначають електрофізичні параметри ε та σ.

Оскільки електрофізичні параметри лінійно залежать від ємності (3) та провідності (4), то доцільно для вищезазначених вимірювань використати відповідний режим вимірювання приладу, тобто режим роздільного вимірювання параметрів комплексної провідності за паралельною схемою з реактивною ωC та активною *G* провідностями. При цьому необхідно зазначити, що для забезпечення адекватності між виміряними значеннями цих параметрів та відповідних реальних параметрів об'єктів контролю (спиртових розчинів) необхідно, щоб і схема заміщення об'єкта була такою ж на заданій частоті тестового сигналу приладу. У разі неадекватності зазначених схем, як відомо, матимемо методичну похибку вимірювання інформативних параметрів об'єкта.

Як відомо, адмітанс, як векторна величина, подається, через активну $\mathrm{Re}(Y) = G$ та реактивну $\mathrm{Im}(Y) = G$ складові. У такому разі адмітанси контрольованого об'єкта Y_x та його стандартного (базового) Y_0 зразка можна подати як:

$$Y_x = G_x + jB_x; \qquad Y_0 = G_0 + jB_0, \quad (5)$$

де G_x, G_0 та B_x, B_0 - активні та реактивні складові контрольованого та базового зразків продукції.

У такому разі два двополюсники, що характеризують контрольований та базовий об'єкти будуть порівнюваними у разі вимірювання активних $\mathrm{Re}(Y_x)$, $\mathrm{Re}(Y_0)$ та реактивних складових $\mathrm{Im}(Y_x)$, $\mathrm{Im}(Y_0)$. За результатами вимірювань знаходять їхні відповідних відношення на фіксованих частотах вибраного діапазону.

Отже, ідентифікація водно-спиртових розчинів за параметрами адмітансу зводиться до порівняння складових адмітансів базового і контрольованого об'єктів.

4.Загальна структура засобу вимірювання діелектричної проникності та питомої провідності спиртово-водних розчинів

На основі загального аналізу способів вимірювання параметрів імітансу, а саме складових адмітансу авторами пропонується узагальнена структурна схема вимірювального засобу, яким можуть реалізуватися вимірювання реактивної та активної складових адмітансу об'єкта контролю. За отриманими результатами можна отримати значення питомої провідності та діелектричної проникності водно-спиртових розчинів. Схема такого засобу зображена на рис.2.

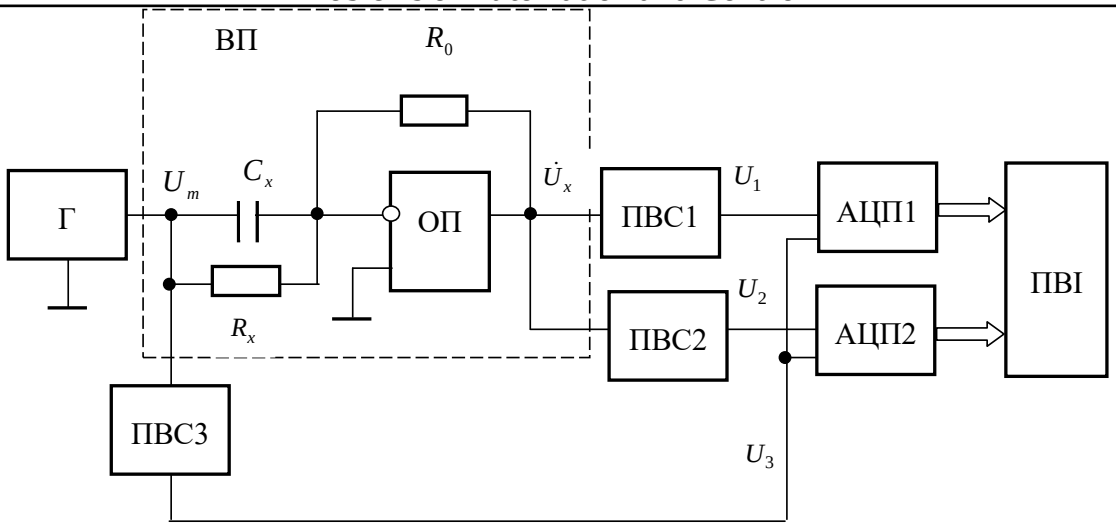


Рис.2. Структурна схема вимірювача провідності та діелектричної проникності спиртових розчинів

Наведена структурна схема вимірювача містить генератор синусоїдальних коливань Г, векторний перетворювач електрофізичних параметрів в напругу ВП, у який входять контактний ємнісний сенсор C_x, активний зразковий резистор заданого опору R_0 та операційний підсилювач ОП. До векторного перетворювача під'єднано два перетворювачі векторної величини у скалярні, а саме: перетворювач активної складової ПВС1 та реактивної – ПВС2. Напруги постійного струму U_2 та U_3 перетворюються аналого-цифровими перетворювачами АЦП1, АЦП2 в цифрові коди та виводяться на пристрій відображення інформації ПВІ. З метою вилучення впливу напруги генератора на результат вимірювання опорні напруги АЦП формуються з вихідної напруги генератора аналогічним до ПВС1 пристроєм ПВС3. Первинний перетворювач (сенсор) може бути як плоско паралельної, так і коаксіальної конструкції. Розглянемо роботу вимірювача з використанням сенсора плоско паралельної конструкції.

У такому разі на виході ВП при для частоти тестового сигналу ω та з урахуванням параметрів сенсора маємо комплексну напругу з активною G_x та реактивною B_x складовими

$$\dot{U}_x = U_m R_0 (G_x + jB) = U_m R_0 (G_x + j\omega C_x), \tag{8}$$

а з урахуванням (1) та (2), вираз (8) матиме вигляд

$$\dot{U}_x = U_m R_0 \left(\sigma \frac{d}{S} + j\omega \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_x S}{d} \right), \tag{9}$$

де σ - питома провідність контрольованої рідини; ε_0, ε_x - діелектричні проникності вакууму та контрольованого об'єкта відповідно; d - між електродна відстань; S - площа електродів.

З комплексної напруги (9) перетворювачами ПВС1, ПВС2 виділяються її активна $\mathrm{Re}(U_x)$ та реактивна $\mathrm{Im}(U_x)$ складові

$$U_1 = \mathrm{Re}(\dot{U}_1) = U_m k_1 R_0 \sigma \frac{d}{S}, \tag{10}$$

$$U_2 = \mathrm{Im}(\dot{U}_1) = U_m k_2 R_0 \omega \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_x S}{d}, \tag{11}$$

а перетворювачем ПВС3 формується опорна напруга АЦП пропорційна напрузі генератора, а саме:

$$U_3 = U_m k_3, \tag{12}$$

де k_1, k_2 та k_3 - коефіцієнти перетворення перетворювачів ПВС1, ПВС2 та ПВС3 відповідно.

З допомогою АЦП здійснюється ділення виразів (10) на (12) та (11) на (12), в результаті чого отримуємо

$$N_1 = \frac{k_1}{k_3} \cdot \frac{d}{S} R_0 \cdot \sigma = A_1 \sigma, \quad (13)$$

$$N_2 = \frac{k_2}{k_3} \cdot \frac{S}{d} \omega \cdot R_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_x = A_2 \varepsilon_x, \quad (14)$$

де $A_2 = \frac{k_1 d}{k_3 S} R_0 \sigma$, $A_2 = \frac{k_2 S}{k_3 d} \omega R_0 \varepsilon_0$ і є для фіксованої частоти сталими.

З метою збільшення кількості параметрів ідентифікації, що заодно призводить до унеможливлення фальсифікації такої продукції, вимірювання необхідно здійснювати на декількох частотах заданого частотного діапазону.

Схема дає змогу також використати чотириелектродний ємнісний сенсор для зменшення впливу приелектродного імпедансу, зокрема ємності подвійного шару [8]. Для зменшення впливу неінформативного імпедансу, зумовленого схемою під'єднання ємнісного сенсора використовують екранування всіх елементів. Екран необхідно під'єднувати до спільної точки генератора та ОП.

ВИСНОВКИ

1) Запропонований варіант побудови засобу вимірювання складових адмітансу об'єкта контролю дає змогу ідентифікувати водно-спиртові розчини за реактивними та активними складовими, а також за діелектричними проникностями та питомими провідностями.

2) Використання джерела тестового сигналу широкого діапазону частот дає змогу аналізувати електрофізичні параметри в частотному діапазоні та виявляти характерні зміни форми кривої складових на окремих частотах, що може бути також ідентифікаційною ознакою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Патент Росії №2135993. Пристрій для визначення концентрації водно-спиртових розчинів, МПК G01N 33/14 від 27.04.2003.

2. Патент України №93243. Спосіб експресного визначення вмісту етилового спирту в водно - спиртовому розчині. МПК G01N27/48, від 25.09.2014.

3. Кукла А.Л. Імпедансний аналізатор для ідентифікації марок водно-спиртових напитків / Кукла А.Л., Павлюченко А.С., Майстренко А.С, МамикінА.В. // Технологія і конструювання в електронній промисловості, Київ, 2012, №1, С.15-21.

4. Міхалєва М. Дослідження спиртових розчинів імітансним методом / М. Міхалєва // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2010. – №3. – С. 50-54.

5. Ye.Pokhodylo,V.Yuzva. Measur ementofelectro physicalparameterofalcoholicsolutions "/Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Комп'ютерні науки та інформаційні технології : збірник наукових праць. – 2015. – № 826. – С. 196–200.

6. Походило, Є. В. Імітансний контроль якості [Текст]: монографія / Є. В. Походило, П. Г. Столярчук. – Л.: НУЛП, 2012. – 164 с.

7. О.Антонюк., Є.Походило Є., В. Юзва. Аналіз способів вимірювання складових імітансу об'єктів неелектричної природи/ Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків: ПП «Технологічний Центр», 2015, №4/9 (76). –С. 4-9.

8. Herasym M. Invariant Transducers of Capacitive Sensor Parameters into Voltage / M. Herasym, Y. Pokhodylo // Eastern European journal of Enterprise Technologies, ISSN 1729-3774, – Kharkiv, Ukraine. – 2014. –2/9 (68). – P. 28-32.

УДК 004.942

Г.Л.Стельмащук, В.В.Лотиш
Луцький національний технічний університет

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ АВТОМОБІЛЬНОЇ ПАРКОВКИ

У статті розглянуто особливості створення імітаційної моделі в середовищі AnyLogic. Розроблено моделі послідовного паркування, функції для створення випадкового паркування, а також моделі випадкового паркування двох ділянок дороги по вулиці Глушець в місті Луцьк. Проведено аналіз отриманих результатів.

Ключові слова: *паркування, моделювання, AnyLogic, модель послідовного паркування, модель випадкового паркування, Бібліотека дорожнього руху, імітаційна модель парковки №1 по вул. Глушець, імітаційна модель парковки №2 по вул. Глушець, аналіз результатів, графік, техніко-економічне обґрунтування.*

Г.Л.Стельмащук, В.В.Лотиш. Имитационная модель автомобильной парковки. В статье рассмотрены особенности создания имитационной модели в среде AnyLogic. Разработаны модели последовательной парковки, функции для создания случайной парковки, а также модели случайной парковки двух участков дороги по улице Глушец в городе Луцк. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: *парковка, моделирование, AnyLogic, модель последовательной парковки, модель случайной парковки, Библиотека дорожного движения, имитационная модель парковки №1 по ул. Глушец, имитационная модель парковки №2 на ул. Глушец, анализ результатов, график, технико-экономическое обоснование.*

G.L. Stelmashchuk, V.V. Lotish. Simulation model of car parking. The article considers the peculiarities of creating a simulation model in the AnyLogic environment. Models of sequential parking, functions for creating random parking, as well as models of random parking of two sections of the road on Glushets Street in the city of Lutsk have been developed. The analysis of the obtained results of the developed software product is carried out.

Keywords: *parking, modeling, AnyLogic, sequential parking model, random parking model, Road Traffic Library, simulation parking model №1 on the street Glushets, simulation model of parking №2 on the street Glushets, analysis of results, schedule, feasibility study.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день проблема нестачі паркувальних місць у містах є досить актуальною та «болючою» для кожного власника транспорту. Велику роль автостоянка відіграє і в житлових, офісних, адміністративних комплексах та торгово-розважальних центрах, адже багато в чому визначає їх клас і ринкову привабливість. Автостоянка має бути надійною, зручною, відповідати європейським стандратам і вимогам користувачів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв’язку з поставленою проблемою:

- в Парижі, Амстердамі та деяких європейських містах вже створили плату за в’їзд на переповнену територію задля зменшення використання автомобілів;
- у багатьох найбільших містах світу набуло поширення будівництво парксейфів – нової системи автоматизованих автостоянок[1]. Це допомагає економніше використовувати територію;
- електронна система управління паркуванням(встановлення електронних табло), надає водіям данні про знаходження найближчої вільної парковки, що в свою чергу допомагає скоротити час пошуку вільних місць.

Отже потрібна розробка паркувальних місць з мінімальними затратами та максимальними показниками комфорту, розташування та надійності.

Постановка завдання. Тому виникла необхідність в підвищенні ефективності побудови паркувальних місць у містах на основі розробки імітаційного моделювання[2] засобами системи AnyLogic.

Основна частина. В останні роки зростає використання моделювання і його розвиток, а також користування програмним забезпеченням імітації дорожнього руху. Моделювання та імітація допомагають розвитку транспортних систем протягом десятиліть, оскільки вони ускладнюються через проблеми інфраструктури та взаємозалежності. Імітаційне моделювання імітує рух окремих транспортних засобів, поведінку водіїв, роботу світлофорів тощо [3].

Продукт AnyLogic включає в себе три відомі методи імітаційного моделювання: системна динаміка; дискретно-подійне моделювання та агентне моделювання[4]. Даний продукт має багато переваг та можливостей (Рис.1).

Графічний інтерфейс AnyLogic, інструменти та бібліотеки дозволяють швидко створювати моделі для широкого спектра задач від моделювання виробництва, логістики, бізнеспроцесів до стратегічних моделей розвитку компанії і ринків [5].

У моделях дорожнього руху системи кожен транспортний засіб, який має свої фізичні дані та приблизну модель поведінки – називається агентом. Це, спільно з можливістю створення 2D та 3D моделей кожного автомобіля та його оточення, робить моделі дорожнього руху гнучкими та візуальними.

Наявність досить сучасного графічного інтерфейсу дає можливість створювати широкоформатні моделі з різними задачами: від моделювання виробництва, транспортних потоків, логістики, бізнес-процесів до стратегічних моделей розвитку компанії і ринків[5].

Найголовнішою перевагою є те, що програма передбачає створення паркувальних місць.

Створення двох фаз імітаційного моделювання: розробка моделі, аналіз моделі	**Вбудована мова програмування Java**	**Використання модельного та реального часу**
Можливість використання об'єктно-орієнтовного підходу	**Можливість використання засобів описання поведінки об'єкта**	**Анімація поведінки моделі**
Візуальна розробка моделі	**Імітація декількох паралельно протікаючих процесів**	**Інтерактивний аналіз моделі**

Рисунок 1 – Можливості середовища AnyLogic

AnyLogic - це унікальний набір галузевих інструментів в одному комплекті[5]:

- Бібліотека моделювання процесів;
- Бібліотека моделювання потоків;
- Залізнична бібліотека;
- Пішохідна бібліотека;
- Бібліотека дорожнього руху;
- Виробничо-складська бібліотека.

Бібліотека дорожнього руху AnyLogic ідеально підходить для чіткого моделювання поведінки кожного водія та для відображення динаміки транспортних потоків. Також є приклади застосування AnyLogic для моделювання окремих елементів транспортної системи міського пасажирського транспорту, а саме, окремих маршрутів [6].

Для створення моделей паркування було розроблено дві імітаційні моделі послідовного і випадкового паркування.

Розпочинається створення імітаційної моделі парковки [7] за допомогою елемента розмітки простору «Парковка». Ним ми малюємо однорядні парковки, розташовані на узбіччях дороги. Парковка може бути паралельна (машини паркуються в одну лінію з іншими припаркованими машинами), або перпендикулярна - це задається у властивості Тип парковки.

Щоб змоделювати рух машини на парковку, використовуємо блок CarMoveTo. Коли необхідно промоделювати перебування автомобілі на парковці протягом певного часу, поміщуємо після блоку CarMoveTo блок часу Delay. Оскільки зазвичай парковки розраховані на кілька автомобілів, у блоку Delay вибрається опція Максимальна місткість.

Для створення імітаційної моделі послідовного паркування, спочатку будуємо дорогу, по якій буде відбуватись рух транспорту, далі додаємо паралельні паркувальні місця, прилеглі до краю проїжджої частини(Рис.2).

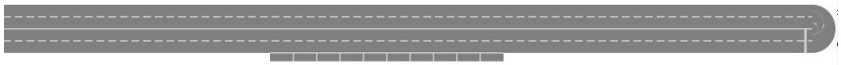


Рисунок 2 – Модель дороги з паралельним паркуванням

Після цього задається рух транспорту, створенням діаграми з блоків Бібліотеки дорожнього руху. Від кожного блоку створюється певна операція, яка керує автомобілями, шо проходять по діаграмі процесу.

З Бібліотеки дорожнього руху додаємо до діаграми необхідні нам блоки. З'єднуємо усі блоки згідно правил, користуючись з'єднуючими лініями(Рис.3).

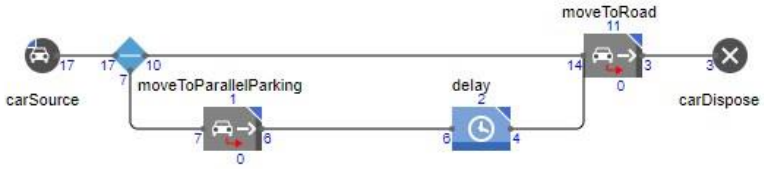


Рисунок 3 – Схема блоків діаграми послідовного паркування

Детальніше розглянемо блоки:

CarSource – використовується для створення автомобілів і являється початком автомобільної діаграми процесу.

SelectOutput – задає напрям агентів в один із двох вихідних портів залежно від виконання заданої умови.

MoveToRoad , MoveToParallelParking – моделюють рух авто до заданої точки(цілі).

Delay – затримує агентів на заданий період часу.

CarDispose – видаляє автомобілі, які дійшли до цілі і увійшли до даного блоку. Використовують як кінцева точка автомобільної діаграми процесу.

Властивості блоків діаграми:

Виділили блок carSource. У вікні Властивості вказали частоту прибувань автомобілів(1000 в годину). У списку Дорога вибрали road, яка щойно створена. Так ми направляємо блок carSource на певну дорогу, в якій варто помістити створювані автомобілі.

В параметрах блоку SelectOutput ввели Ймовірність: 0.5 для розділення агентів на верхній порт 50% і на нижній 50%.

У властивостях moveToParallelParking задали Ціль руху до парковки, назва якої ParkingLot.

Згідно побудованої схеми блоків, по закінченню даної цілі, подальший маршрут відбувається відповідно параметрів блоку MoveToRoad.

Оглядаємо властивості блоку delay[8], який зв’язаний з блоком moveToParallelParking і характеризує час затримки агентів в парковці. Обрано Тип затримки – певний час. В рядок Час затримки ми ввели uniform (10, 15) секунд. Для використання усіх паркувальних місць, галочкою добавлено Максимальну місткість. Цей параметр дозволяє кількості агентів (в нашому випадку - автомобілів) що дорівнюють числу паркувальних місць, одночасно перебувати в даному блоці.

У властивості блоку moveToRoad задали опцію Мета руху: дорога, і вибрали ім'я нашої дороги road в списку Дорога. Цей блок моделює рух автомобілів по вказаній дорозі до кінця смуги зустрічного руху (заданий параметром Доїхати до кінця смуги). Даним блоком завершується рух агентів.

Після того, як сформована схема і прописані данні, запускається модель з послідовним паркуванням автомобілів(Рис.4), відбувається спостереження і аналізується рух автомобілів по дорозі і парковках.

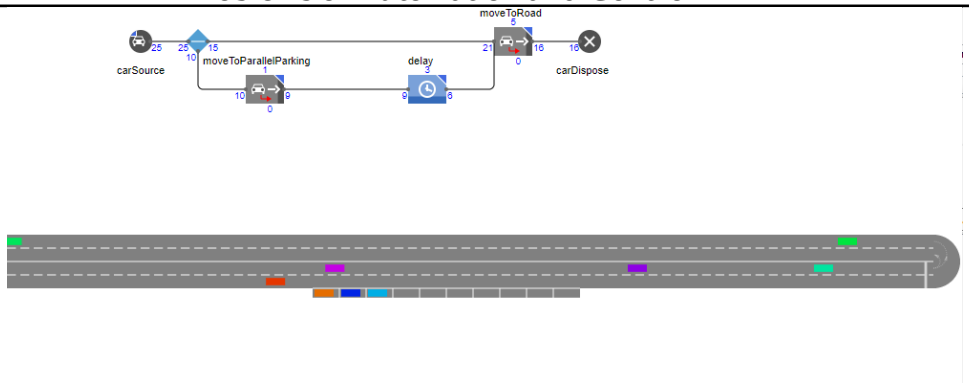


Рисунок 4 - Імітаційна модель послідовного паркування

Для варіанту моделі з випадковим паркуванням спочатку створили нові дороги із паркувальними місцями(Рис.5). У цій моделі створили колекцію парковок всього з 1 місцем.

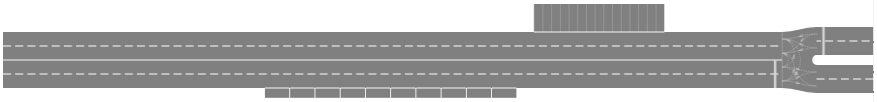


Рисунок 5 – Модель дороги з випадковим паркуванням

Схема блоків діаграми випадкового паркування має вигляд, який зображений на Рисунку 6.

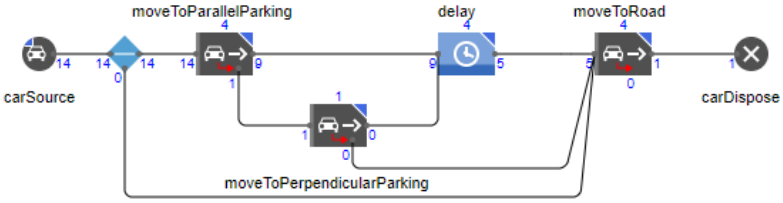


Рисунок 6 – Схема блоків діаграми випадкового паркування

Відмінність моделі випадкового паркування полягає в тому, що для вибору розташування авто на парковці використовується завдяки функціям function і functionF(Рис.7).

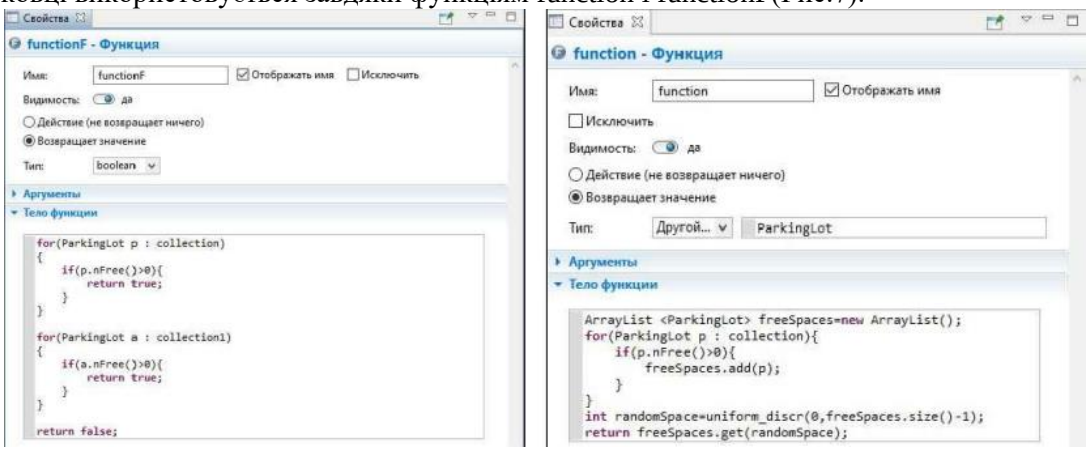


Рисунок 7 – Функції для реалізації випадкового паркування

Функція functionF викликається в блоці SelectOutput і в ньому прописується код який створює запит на паркувальні місця, додані в колекціях collection(всі з паралельної парковки) і collection1(з перпендикулярної).

function використовує наступний код, який задає для автомобілів рандомний підбір паркомісць з усіх паралельно створених.

Лінії що йдуть з блоку MoveToParallelParking до MoveToPerpendicularParking дають можливість автомобілю змінити свій маршрут до наступної парковки, якщо перша зайнята.

Лінії що йдуть з блоку MoveToPerpendicularParking до MoveToRoad дають змінити свій маршрут із парковки(якщо там зайнято) на проїзд до кінця дороги.

Кінцевий результат імітаційної моделі випадкового паркування(Рис.8) можна побачити, після запуску.

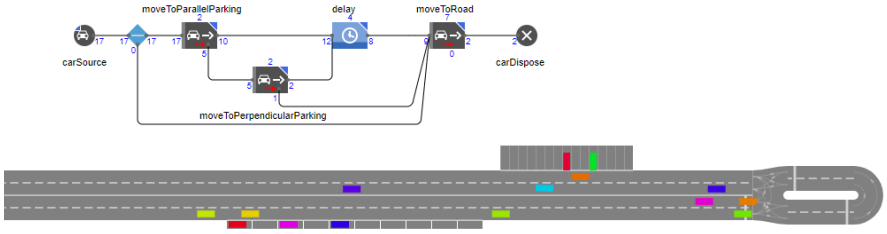
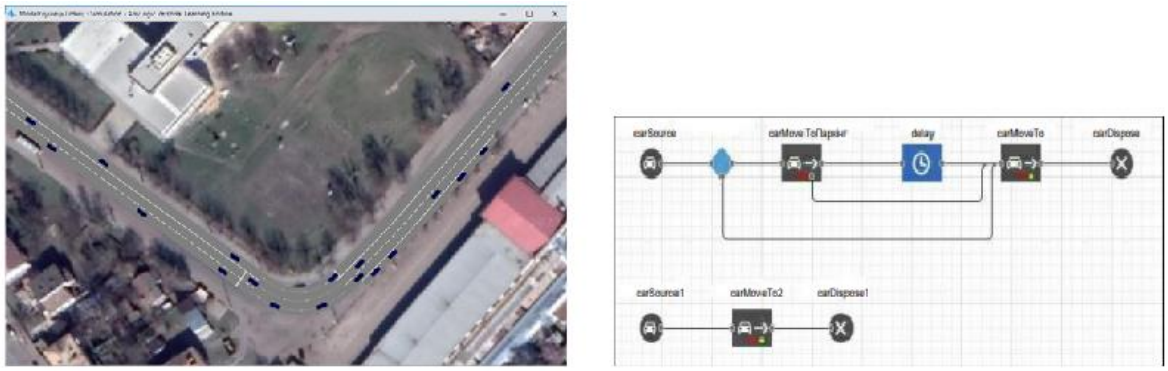


Рисунок 8 - Імітаційна модель випадкового паркування

Отримавши алгоритм та здійснивши імітаційну модель послідовного і випадкового паркування, ми створили 4 імітаційні моделі автомобільного руху по вул. Глушець в м. Луцьку, 2 з яких з випадковим паркуванням, і ще 2 – без паркувань.

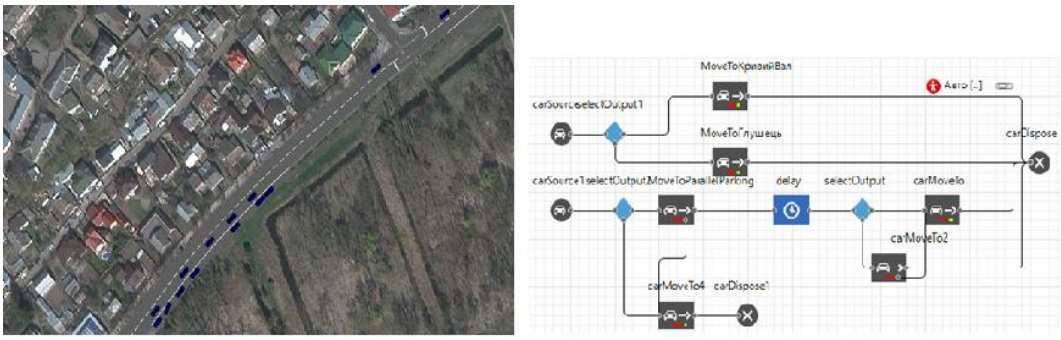
Для цього було обрано 2 характерні зони вул. Глушець:

1)Проїзд вулиці під кутом(Рис.9,а); 2)Прямолінійна ділянка(Рис.10,а).



а) б)

Рисунок 9 – Імітаційна модель автомобільного руху:
а) вул. Глушець з парковкою під кутом №1 б) схема №1

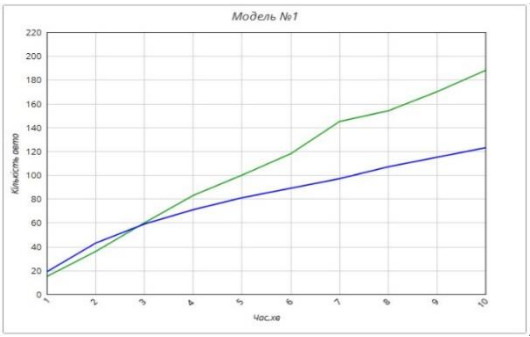


а) б)

Рисунок 10 – Імітаційна модель автомобільного руху:
а) вул. Глушець з парковкою №2 б) схема №2

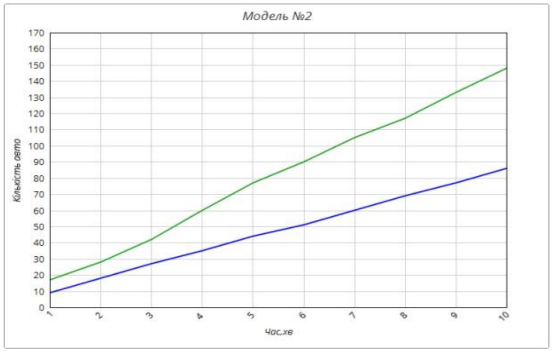
На відміну від стандартних імітаційних моделей, дані моделі доповнені супутниковим зображенням, зустрічним рухом у моделях, та у моделі №2 (Рис.10,а) задається рух в провулок вул. Кривий Вал.

Згідно спостереження над авто в імітаційних моделях з парковкою та підрахунків на ділянках без паркомісць, було створено графіки залежностей(Графік 1,2). На них видно, що наявність парковок значно зменшує пропуск транспортної мережі.



__ - без парковки
__ - з парковкою

Графік 1 – Залежність кількості авто від часу з ділянки №1



__ - без парковки
__ - з парковкою

Графік 2 – Залежність кількості авто від часу з ділянки №2

За одну хвилину різниця склала 4 машини на користь моделі з парковкою, а вже за п’ять хвилин 19 машин на користь моделі без парковки і за 10 хвилин - 55 машин, для ділянки №1.

Для ділянки №2, за одну хвилину різниця склала 8 машин на користь моделі без парковки, за п’ять хвилин 46 машин і за 10 хвилин 62 машини.

Висновок. Завдяки створенню імітаційних моделей руху з парковками, ми змогли побачити якість руху по вул. Глушець та дійти висновку, що паркувальні місця, прилеглі до краю проїжджої частини, ймовірно ускладнюють та гальмують рух. Дані автостоянки ставлять під сумнів вільне пересування по трасі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Серебров Б.Ф. Многоэтажные гаражи и автостоянки: учеб. пособие. – Новосибирск: НГАХА, 2005. – 131 с.
2. Карпов, Ю. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 [Текст] / Ю. Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400 с.
3. Badaljan A.M., Eremin V.M. Komp’juternoe modelirovanie konfliktnyh situacij dlja ocenki urovnja bezopasnosti dvizhenija na avtomobil’nyh dorogah (Computer-aided engineering of conflict situations for highway traffic safety estimation), Moscow, IKF, Katalog, 2007, 240 c.
4. Імітаційне моделювання систем та процесів: Електронне навчальне видання. Конспект лекцій / В. Б. Неруш, В. В. Курдеча. – К.: НН ІТС НТУУ «КПІ», 2012. – 115 с.
5. Инструмент имитационного моделирования AnyLogic. Сайт компанії AnyLogic. [Електронний ресурс]. URL: https://www.anylogic.ru/features/
6. Моделирование пассажирского автобусного маршрута в AnyLogic. Сайт компанії AnyLogic. А. В. Липенков, О. А. Маслова, М. Е. Елисеев. [Електронний ресурс]. URL: http://www.anylogic.ru/articles/modelirovaniepassazhirskogo-avtobusnogo-marshruta-v-anylogic
7. Рисование дорожной сети в AnyLogic. Сайт компанії AnyLogic. [Електронний ресурс]. - URL: https://help.anylogic.ru/index.jsp?topic=%2Fcom.anylogic.help%2Fhtml%2Fmarkup%2Fparkinglot.html
8. AnyLogic 8 за три дня: Практическое пособие по имитационному моделированию. Григорьев И.: 2021.– 274 с.

СЕКЦІЯ 3 ПІДГОТОВКА ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 004.77 004.896
Павловський В.І., Савосько О.М.
Національний технічний університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
E-mail: savosko2017@gmail.com

ВИЯВЛЕННЯ ШКІДЛИВОГО ТРАФІКУ ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

У даній роботі пропонується метод обробки даних, який поділяє потоки даних на сегменти потоку даних, щоб модель могла покращити пропускну здатність за одиницю часу для досягнення ефективності виявлення. Для такого роду даних також пропонується модель виявлення шкідливого трафіку з ієрархічним механізмом уваги та названа HAGRU (Hierarchical Attention Gated Recurrent Unit). Запроваджено механізм уваги для фокусування на шкідливих потоках у сегменті потоку даних, який може розумно використовувати обмежені обчислювальні ресурси.
Ключові слова: нейронні мережі, трафік, набір даних, мережа, механізму уваги.

Volodymyr I. Pavlovskyi, assoc. prof., PhD; Oleksandra Savosko, student. **Malicious traffic detection.** This work proposes a data processing technique that divides data streams into data stream segments so that the model can improve throughput per time unit to achieve detection efficiency. For this kind of data, a malicious traffic detection model with a hierarchical attention mechanism is also proposed and named HAGRU (Hierarchical Attention Gated Recurrent Unit). Introduced an attention mechanism to focus on harmful streams in a data stream segment that can intelligently use limited computing resources and compare the proposed model with the current state of the method on the datasets.
Keywords: neural networks, traffic, data set, network, attention mechanism.

К.м.н, доцент Павловский В.И., магистрант Савосько А.Н. Выявление вредоносного трафика с использованием глубинного обучения. В этой работе предлагается метод обработки данных, который разделяет потоки данных на сегменты потока данных, чтобы модель могла улучшить пропускную способность в единицу времени для достижения эффективности обнаружения. Для этого типа данных также предлагается модель обнаружения вредоносного трафика с иерархическим механизмом внимания, названная HAGRU (Hierarchical Attention Gated Recurrent Unit). Введен механизм внимания, позволяющий сосредоточиться на вредоносных потоках в сегменте потока данных, который может разумно использовать ограниченные вычислительные ресурсы.
Ключевые слова: нейронные сети, трафик, набор данных, сеть, механизм внимания.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день важливість системи виявлення вторгнень у комп'ютерних мережах одне із головних питань які мають вирішуватись. Бездротові мережі в наші дні швидко розвиваються і розповсюджуються, надаючи великій кількості користувачів можливість бути мобільним 24/7. В той же час постає питання про те що кожен користувач хоче бути захищеним від посягань на особисту інформацію.

Безперервний розвиток комп'ютерних мереж значно змінює спосіб життя та роботи людей. Враховуючи поступове посилення поточної ситуації з безпекою мереж, трафік зловмисних атак переповнює все мережеве середовище, а поточна модель виявлення шкідливого трафіку недостатньо ефективна.

Характер мережевого трафіку є багатовимірним і зашумленим, що не дозволяє отримувати від статичних даних трафіку корисну й якісну інформацію про особливості трафіку[1].

Аналіз існуючих рішень. Сучасні системи виявлення комп'ютерних атак не забезпечують належний рівень захисту комп'ютерних систем, їх методи мають ряд недоліків.[2] Так, найточніший на сьогодні метод, що ґрунтується на сигнатурному аналізі, добре функціонує при виявленні вже відомих комп'ютерних атак, але абсолютно не придатний для виявлення нових, раніше невідомих. А, як показує практика, саме нові, раніше невідомі, комп'ютерні атаки є причиною глобальних інформаційних катастроф і призводять до величезних фінансових і моральних збитків. Для захисту

комп'ютерних систем від невідомих атак були розроблені різні евристичні методи. Але вони характеризуються високим рівнем помилок першого і другого роду (ймовірність пропуску атаки та ймовірність помилкових спрацювань), що ускладнює їх застосування. Додатковим недоліком існуючих систем є їх висока обчислювальна складність. Така ситуація стимулює розроблення нових підходів для виявлення комп'ютерних атак [3].

Постановка завдання. Сучасні системи виявлення комп'ютерних атак не забезпечують належний рівень захисту комп'ютерних систем, а їх методи мають ряд недоліків. Найточніший на сьогодні метод, що ґрунтується на сигнатурному аналізі, добре функціонує при виявленні вже відомих комп'ютерних атак, але не придатний для виявлення нових типів втручань.

В роботі розглядається та досліджується впровадження глибокої нейронної мережі з ієрархічним механізмом уваги, як метод виявлення шкідливого трафіку. Основною задачею є визначення основних переваг та недоліків запропонованої моделі виявлення шкідливого трафіку, на основі аналізу існуючих рішень.

Опис технології. В даний час існує багато програмних продуктів, спрямованих на вирішення такого актуального завдання, як виявлення шкідливого трафіку [1].

Завдання виявлення вторгнень в обчислювальні мережі зазвичай вирішуються із застосуванням: експертних систем; штучних нейронних мереж; нечітких систем; генетичних алгоритмів. Найбільш часто в системах виявлення вторгнень застосовуються експертні системи. Даний факт можна пояснити тим, що сигнатурний метод аналізу мережевого трафіку є найбільш швидким і не вимагає великих обчислювальних потужностей. Найбільшим недоліком експертної системи як системи виявлення вторгнень є нездатність в принципі виявляти нові види атак. Крім того, відомо безліч технологій обходу систем виявлення вторгнень на основі експертних систем[4].

Перспективним напрямом виявлення аномального трафіку є використання глибоких нейронних мереж.

Глибокі нейронні мережі, завдяки багатошаровій архітектурі дозволяють обробляти і аналізувати великий обсяг даних, а також моделювати когнітивні процеси в різних областях[5].

Перший шар мережі може отримати низькорівневі ознаки, другий шар − ознаки більш високого рівня і т.д. У загальному випадку глибока нейронна мережа є персептроном з великою кількістю прихованих шарів і дозволяє подолати обмеження класичного багатошарового персептрону завдяки глибокій архітектурі[6].

Представлена в даній роботі модель заснована на ефективній, надійній глибокій рекурентній нейронній мережі.

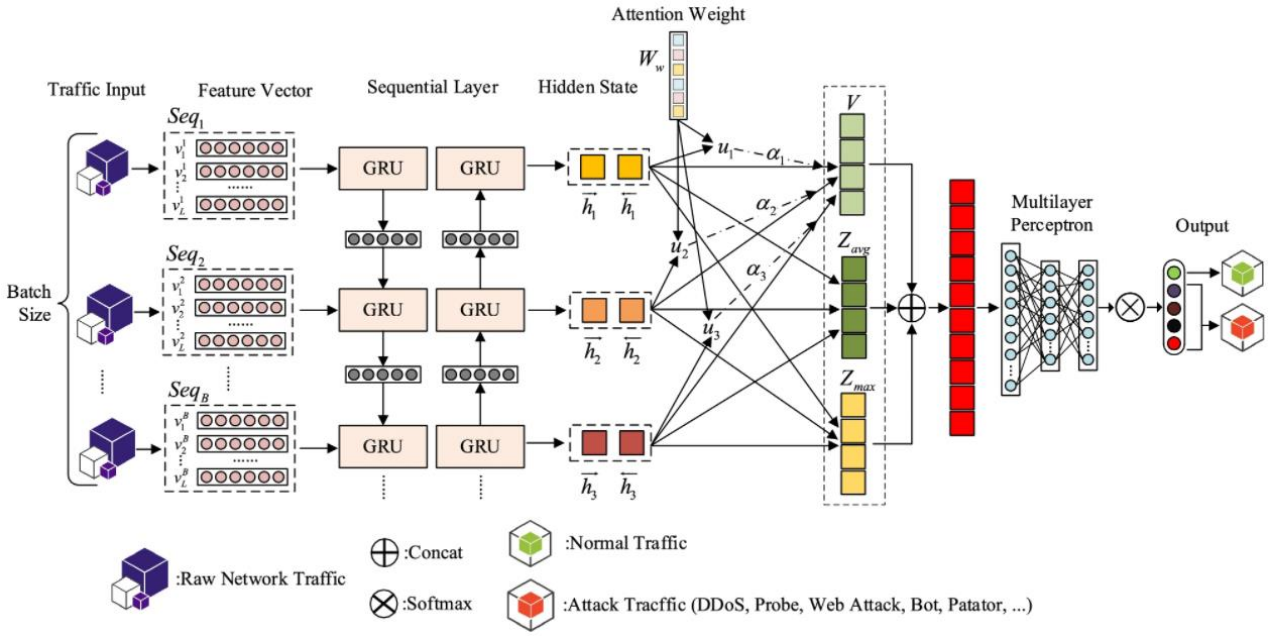


Рис. 1. Конструкція глибокої рекурентної нейронної мережі

Зображена на рис. 1 ієрархічна модель уваги, розділена на п'ять частин. А саме, вхідний шар, частина перетворення ознак, частина блоку пам'яті із двонаправленим стробуванням, частина ієрархії та частина виходу багаторівневого персептрону.

Попередня обробка даних, які вводяться в модель, показана на рис. 2.

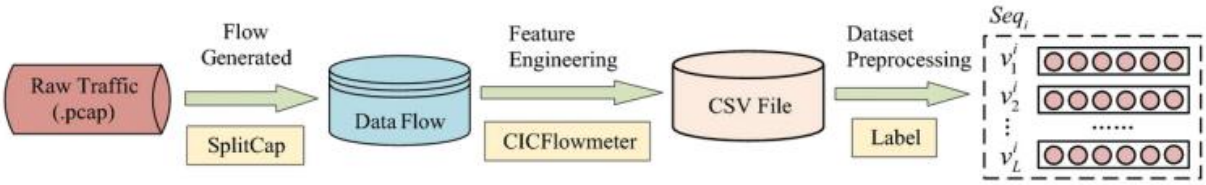


Рис. 2. Обробка даних трафіку

Відповідно до сегмента потоку даних, застосовуються операції трьох рівнів, а саме ієрархія механізму уваги, ієрархія максимального об'єднання та ієрархія середнього об'єднання. Результати цих операцій поєднуються, щоб отримати більш багаті функції трафіку, що полегшує моделі можливість ідентифікувати шкідливий трафік.

Рівень механізму уваги дозволяє моделі підтримувати свою обчислювальну здатність постійною, щоб підвищити продуктивність моделі та краще ідентифікувати шкідливий і звичайний трафік. В даній моделі окрім використання механізму уваги для виділення важливих функцій, також використовуються функції максимального об'єднання та середнє об'єднання. Багатошаровий персептрон лінійно перетворює особливості ієрархічного злиття і, нарешті, виводить категорію трафіку[7].

Переваги та недоліки технології глибоких нейромереж в виявленні вторгнень в комп'ютерні мережі. До основних переваг слід віднести:

Перша - це гнучкість, яку надає ця мережа. Особливо важлива здатність мережі обробляти дані з декількох джерел в нелінійній формі, оскільки деякі атаки на мережу можуть бути проведені скоординованим вторгненням кількох зловмисників.

Ще однією перевагою цього підходу є суттєва властивість нейронних мереж - їх швидкість. Адже захист обчислювальних ресурсів вимагає своєчасного виявлення атак.

Відстежуючи наступні виникнення подій, нейронна мережа здатна їх проаналізувати і, можливо, провести захисні заходи, перш ніж така атака буде вдало виконана.

Найбільш важливою перевагою нейронних мереж у виявленні вторгнень є саме здатність нейронної мережі "навчатися" ознакам атак і визначати випадки, які не характерні для тих, що спостерігалися раніше.

Недоліки систем виявлення вторгнень на основі нейромереж:

Перший: вимоги до навчання нейронної мережі. Адже здатність штучної нейронної мережі до ідентифікації ознак вторгнення повністю залежить від правильного навчання системи.

Ще одним недоліком є природа "чорної скриньки" нейронних мереж. Вони адаптують свій аналіз даних у відповідь на отримане навчання, що відрізняє їх від експертних систем, які мають жорстко закодовані правила для аналізу подій[8].

Дослідження моделі. Для підтвердження доцільності застосування запропонованої моделі використовуються три різних наборах даних NSL-KDD, CIC-IDS2017 і CES-CIC-IDS2018. В експерименті обробляється частотна вибірка даних, дисбаланс даних і навчальний та тестовий набори, на який поділяється кожен набір даних у співвідношення 8:2. Запропонована модель оцінюється за частотою виявлення та хибнопозитивною частотою. Для порівняння виявлення шкідливого трафіку обрано шість сучасних методів. В якості показників оцінки обрано DR, FPR і *F*- score. Кількість показників оцінки знаходиться в межах [0-1], чим вище DR та *F*- score, тим краще модель працює з такими даними. Чим нижче значення FPR, тим кращі результати. Також було обрано оптимальну довжину сегмента потоку. Вплив довжини сегмента потоку на модель HAGRU зображений на рис. 3. Після розгляду комплексних індексів «Точність», «Швидкість виявлення», «FPR» та « *F*- score», коли довжина сегмента потоку становить 384, запропонована модель HGRU працює найкраще. Тому в моделі розмір сегменту потоку даних становить 384.

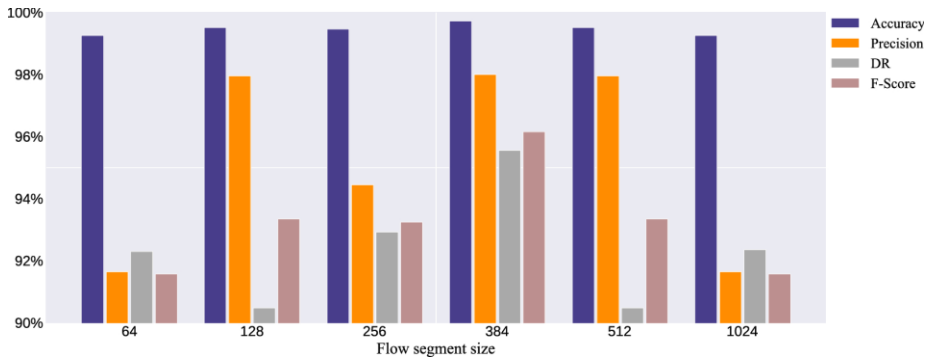


Рис. 3. Порівняльний аналіз результатів роботи моделі

Висновки. Якщо розглядати одну категорію даних, запропонована модель може добре визначити категорії, порівняно з традиційними моделями, вона може розглядати більше типів мережевих атак. Основна причина полягає в тому, що HAGRU використовує механізм уваги та ієрархії, його три рівні можуть отримати велике різноманіття характеристик потоку навіть із невеликої вибірки даних, він може добре ідентифікувати трафік у разі дисбалансу даних.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ :

1. Multi-Layer Integrated Anomaly Intrusion Detection System for Mobile Adhoc Networks [Електронний ресурс].2007. Режим доступу до ресурсу: http://xanadu.cs.sjsu.edu/~drtylin/classes/cs157A/Project/PDFfiles/ CS157B_Team14/4_Eric_Nam%20-%20IEEE%20Website/4156645.pdf.

2. IDES: An Intelligent System for Detecting Intruders [Електронний ресурс]. – 1990. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/ profile/Teresa_Lunt/publication/242383334_Ides_an_in telligent_system_for_detecting_intruders/links/552dacae0cf29b22c9c4f95f/Ides-anintelligent-system-for-detecting-intruders.pdf.

3. Detecting Intruders in Computer Systems [Електронний ресурс]. – 1993. – Режим доступу до ресурсу: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.43.7289.

4. Haystack: An Intrusion Detection System [Електронний ресурс]. – 1988. – Режим доступу до ресурсу: http://people.scs.carleton.ca/~soma/id/readings/smahahaystack.pdf.

5. А. А. Браницький, І. В. Котенко, Аналіз і класифікація методів виявлення мережевих атак, Тр. СПІРАН, 2016, випуск 45, 207-244

6. Платонов, В. В. Програмно-апаратні засоби захисту інформації. - М .: Видавничий центр «Академія», 2013. - 336 с. 4. Гамаюнов Д.Ю. Виявлення комп'ютерних атак на основі аналізу поведінки об'єктів: автореф. дис. ... канд. фіз.-мат. наук: 05.13.11. - М., 2007. - 89 с.

7. Wei L, Luan S, Nagai L, Su R, Zou Q. Exploring sequence-based features for the improved prediction of DNA N4-methylcytosine sites in multiple species. Bioinformatics. 2018;35(8):1326-1333.

8.Virtanen P, Gommers R, Oliphant T, Haberland M, Reddy T, Cournapeau D et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. Nature Methods. 2020;17(3):261-272.

СЕКЦІЯ 4 АВТОМАТИКА ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 004.67

В. Ю. Дендаренко, С.В. Гончар, М. Ю. Удовенко, М. В. Новіков
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України,
E-mail: honchar_serhii@chipb.org.in

ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

Нафта та нафтопродукти відносяться до небезпечних вантажів, а в залежності від видів небезпеки, що виходять від небезпечних вантажів і виробів, а також їх фізичних, хімічних і біологічних властивостей всі небезпечні вантажі відповідно до ДСТУ 4500-3:2008 «Вантажі небезпечні. Класифікація» розділяються на такі класи: клас 1 – Вибухові речовини та вироби; клас 2 – Гази; клас 3 – Легкозаймисті рідини; клас 4 – Легкозаймисті тверді речовини, речовини, здатні до самозаймання, речовини, що виділяють займисті гази, взаємодіючи з водою; клас 5 – Речовини, що окислюють, та органічні пероксиди; клас 6 – Токсичні речовини та інфекційні речовини; клас 7 – Радіоактивні матеріали; клас 8 – Корозійні (їдкі) речовини; клас 9 – Інші небезпечні речовини і вироби..

Дана класифікація та маркування необхідні для ефективного та швидкого реагування під час оцінки небезпечних вантажів за умов перевезення та надзвичайних ситуацій.

Небезпечний вантаж – речовини, матеріали, вироби, відходи виробничої та іншої діяльності, які внаслідок притаманних їм властивостей за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об’єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю, а також призвести до загибелі, травмування, отруєння людей, тварин.

Щороку в Україні перевозиться велика кількість вантажів різними видами транспорту. А за останні роки кількість перевезеного вантажу автомобільним транспортом з певних причин стає більшою за кількість транспортованих вантажів залізницею чи річковим транспортом. І небезпечні вантажі в вантажному транспортному потоці, до яких відноситься нафта і продукти її крекінгу займають частку в 85%.

Основними напрямами державної політики у сфері перевезення небезпечних вантажів є:

- виконання вимог екологічної, радіаційної і пожежної безпеки, фізичного захисту, захисту здоров'я людей, охорони праці, санітарно-епідемічного благополуччя населення та безпеки руху;
- визначення особливостей регулювання підприємницької діяльності з перевезення небезпечних вантажів, установлення критеріїв, норм, правил, вимог до робіт та послуг щодо перевезення небезпечних вантажів, контроль за додержанням умов перевезення, а також створення системи страхування відповідальності за шкоду, яка може бути заподіяна під час перевезення небезпечних вантажів;
- забезпечення соціального захисту працівників, зайнятих перевезенням небезпечних вантажів, та осіб, які постраждали від аварій під час перевезення небезпечних вантажів.

Ліквідацію наслідків аварій, що виникають під час перевезення небезпечних вантажів, здійснюють, залежно від категорії аварії та відповідно до плану ліквідації її наслідків, центральні органи виконавчої влади, що забезпечують формування та реалізують державну політику у сфері цивільного захисту, та суб'єкти перевезення небезпечних вантажів, інші підприємства, установи та організації, які залучаються до ліквідації наслідків таких аварій, або перевізник самостійно чи із залученням відповідних підприємств, установ та організацій. Розглядаючи питання оповіщення підрозділів оперативно-рятувальної служби про виникнення аварії, або іншої надзвичайної ситуації було зроблено висновок, про відсутність таких окрім телефонного дзвінка, інформаційних систем моніторингу за процесом транспортування нафти і нафтопродуктів не існує в державі.

Основними проблемами забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів ДСНС України є:

- відсутність системи моніторингу перевезення небезпечних вантажів в службі диспетчеризації ДСНС України для визначення місця розташування транспортного засобу у випадку надзвичайної події з перевезення небезпечних вантажів;

- на державному рівні законодавчо відсутні норми, що регламентують роль ДСНС України (крім ліквідації наслідків НС) під час транспортування небезпечних вантажів;
- відсутність інформаційних систем прогнозування, попередження, розвитку можливих НС їх наслідків на основі ризикоорієнтовного підходу та надання можливості проведення аналізу НС пов'язаної з перевезенням небезпечних вантажів;
- підвищення ефективності системи забезпечення безпеки транспортування небезпечних вантажів (впровадження систем оповіщення, безпеки населення, водіїв транспортних засобів, небезпечного вантажу, транспортного засобу та навколишнього середовища);

неузгодженість дій між екстреними службами при ліквідації НС пов'язаної з небезпечними вантажоперевезеннями.

За сучасних умов виробництва, логістики і швидкості протікання процесів необхідно автоматизувати максимум і вимоги екологічної, радіаційної і пожежної безпеки, фізичного захисту, захисту здоров'я людей, охорони праці, санітарно-епідемічного благополуччя населення та безпеки руху не можуть стояти на останньому місці.

Згідно чинного законодавства, а саме, у разі дорожнього перевезення перевізник зобов'язаний розробити та погодити з органами Національної поліції, маршрути і режими перевезення небезпечних вантажів; забезпечити своєчасний огляд транспортних засобів територіальними органами Міністерства внутрішніх справ України, та отримання відповідного свідоцтва про допуск до перевезення небезпечного вантажу; під час перевезення не відхилятися від узгодженого маршруту, додержуватися безпечних умов руху та постійно контролювати стан транспортного засобу і вантажу.

Працівник Національної поліції повинен занести інформацію про транспортний засіб та вантаж, який перевозиться до єдиної інформаційної системи МВС, яка не передбачає отримання оперативної інформації про місце знаходження транспортного засобу з небезпечним вантажем. Підрозділи оперативно-рятувальної служби не інформуються ніяким чином про проходження територією області транспорту, що перевозить небезпечний вантаж.

Таким чином маршрут слідування розробляється і погоджується с органами Національної поліції в паперовому вигляді, що не дає змоги отримувати інформацію про пересування транспортного засобу з будь-яким класом небезпечного вантажу і єдиним способом контролю з боку держави дотриманості правил перевезення і правильності маршруту слідування буде зупинка транспортного засобу співробітниками Національної поліції.

Для забезпечення пожежної безпеки на сучасному рівні необхідно надати підрозділам оперативно-рятувальної служби в областях інформацію про знаходження транспортних засобів, що транспортують нафту та нафтопродукти, яка оновлюється постійно в режимі on-line. Для цього необхідно створити інформаційну систему моніторингу яка буде відслідковувати місцезнаходження транспортного засобу з нафтою або нафтопродуктом і передавати координати до центру управління в надзвичайних ситуаціях тієї області в якій знаходиться транспортний засіб.

В Україні існує певна кількість компаній, які пропонують системи моніторингу для транспорту але вони спрямовані на контроль за економічними складовими перевезень (витрата палива, контроль швидкості, пломбування вантажу на відкриття і т.і., а не на контроль безпеки стану небезпечного вантажу який може нести загрозу життю людей та навколишньому середовищу. Тим паче компанія перевізник, що надає послуги моніторингу зацікавлена у приховуванні наслідків незначних аварій та забруднень навколишнього середовища, що дозволить їй не сплачувати величезні штрафи.

Серед них наступні:

1. Супутникових навігаційних приймачів «Трансконтроль Украина GPS» за допомогою системи ГЛОНАСС/GPS здійснюють моніторинг та контроль автотранспорту, контроль витрат палива, географічні координати об'єкта, контроль швидкості, попередження несанкціонованого доступу до транспорту.
2. Система GPS моніторингу транспорту «BENISH GUARD», надає послуги супутникового контролю автомобіля, місцезнаходження транспортного засобу, оптимізація маршруту руху, витрати палива, контроль швидкості, попередження несанкціонованого доступу до транспорту.
3. Міжнародна група компаній «SystemGroup» Україна спеціалізується на управлінні транспортом, а також автоматизації логістичних процесів системою управління транспортом «Logist.UA» вирішує наступні завдання: управління транспортом, оптимізація планованих

маршрутів і рейсів, відстеження місцезнаходження транспортного засобу, контроль палива, контроль відхилень у роботі, сповіщення користувача, відображення стану транспортного засобу за допомогою датчиків.

4. Система управління транспортом «SimpleTMS-Simple Software Systems» (ТОВ «Прості Програмні Системи») - автоматизація логістичних процесів, оптимізацію маршрутів, моніторинг транспортних засобів, відстеження місцезнаходження транспортного засобу, контроль палива.

5. Компанія «САТТРАНС МОНІТОРИНГ» (входить до складу САТТРАНС ГРУП) – оператор в області систем GPS-моніторингу, контролю транспорту і персоналу, облік та оптимізації витрат на обслуговування, місце розташування, контроль пересування і параметри роботи автомобіля, контроль витрат палива, попередження несанкціонованого доступу до транспорту.

6. Компанія ТОВ «ЄВРОЗВ'ЯЗОК» є оператором системи GPS моніторингу транспорту на території України та надає послуги з контролю маршрутів, місця розташування, напрям і швидкість руху, стоянки та зупинки, контроль витрати палива, сервісне обслуговування, попередження несанкціонованого доступу до транспорту та вантажу.

7. Компанія ТОВ «ТрансСіс» спеціалізується на розробці оптимальної маршрутизації в транспортній логістиці доставки нафтопродуктів в мережі нафтобаз та мереж АЗС/АЗК; GPS-моніторингу і контролю руху транспорту, відстеження місцезнаходження транспортного засобу, контроль палива, контроль відхилень у роботі, контроль швидкості, попередження несанкціонованого доступу до транспорту та вантажу.

Компанія «Газпром нефть», що веде діяльність за межами України в 2020 році запустила єдину цифрову систему контролю параметрів безпеки руху автомобільного транспорту підприємств блоку логістики, переробки і збуту. Комплекс технічних і програмних рішень в режимі реального часу здійснює моніторинг ключових показників, а при необхідності - запускає механізми попередження нештатних ситуацій. До цифрової системи підключені понад 2 тисячі одиниць, задіяних у виробничих процесах: від легкових автомобілів, що перевозять персонал, до автоцистерн, що виконують транспортування нафтопродуктів.

Програмне ядро системи, розроблене на основі своїх технологій, здатне обробляти вхідний потік даних від 5 тисяч транспортних засобів одночасно. Система моніторингу консолідує і аналізує понад 30 параметрів телеметрії, а також кваліфікаційні дані по кожному водієві - стаж, допуски, наявність сертифікатів по захисному водінню та ін. Після оперативного аналізу отриманих даних система класифікує відхилення за ступенем критичності порушень. Для запобігання потенційно небезпечної ситуації диспетчер зв'язується з водієм і коригує параметри управління - швидкість або траєкторію руху.

Подальший розвиток цифрової платформи моніторингу автомобільного транспорту «Газпром нефть» передбачає впровадження бортової системи відеоаналітики і алгоритмів машинного зору. Система буде в автономному режимі оцінювати ситуацію і коригувати дії водія.

Зважаючи на те, що моніторинг – це процес спостереження за об'єктом з послідуючим прийняттям рішень, то процес збору інформації про транспортний засіб, що перевозить нафту та нафтопродукт, та передача її в центр управління в надзвичайних ситуаціях де будуть прийматися певні рішення за необхідності реагування на виникнення аварійної або надзвичайної ситуації повністю відповідаю визначенню.

Основними елементами, що становлять структуру моніторингової системи, є: суб'єкти моніторингу; комплекс моніторингових показників; інструментарій і інструменти моніторингової діяльності; моніторингова діяльність. Суб'єктами моніторингу є носії моніторингових функцій, що здійснюють ці функції (автоматизовані та інформаційні системи забезпечення безпеки).

Автоматизована система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення (СРВНСО) – автоматизована система класу "людино-машина", у якій суміщено автоматичні процеси виявлення загрози виникнення НС, спостереження та оброблення інформації щодо поточного стану об'єктів та будівель, інженерних споруд, мереж, що розташовані на територіях з ризиком прояву небезпечних природних явищ і процесів, оперативне надання користувачам фактичної та прогнозованої інформації, а також оповіщення (за необхідності) працівників та керівників об'єкта, відповідальних за стан техногенної безпеки, посадових осіб органів виконавчої влади та місцевого самоврядування і населення при безпосередній участі людини-оператора .

Комплексом показників моніторингу, виступає сукупність первинних і вторинних показників, які здатні забезпечити цілісне подання про стан системи, про якісні й кількісні зміни в ній.

Інструментами моніторингової діяльності є різні технічні засоби, використовувані суб'єктами моніторингу у своїй діяльності. Це електронно-обчислювальна техніка, програмні комплекси та технічні засоби.

Моніторингова діяльність являє собою сукупність моніторингових процедур. Наприклад, збір, обробка й подання інформації (моніторингові процедури), організація й забезпечення моніторингових процедур.

Крім того, до системи моніторингу можна віднести різні підсистеми моніторингу (елементи системи моніторингу на які покладені певні завдання – розрахунку, розпізнавання образів і т.і.), які відрізняються між собою за рівнем об'єкта й предметом моніторингу.

Можна виділити дві основні особливості об'єктів моніторингу: динамічність - всі об'єкти, вивчення або обстеження яких здійснюється із застосуванням моніторингу, перебувають у постійній зміні або в процесі розвитку; наявність або можливість небезпеки, що виникає в процесі функціонування об'єкта моніторингу.

Динамічність об'єкта, можливість виникнення небезпеки в процесі його функціонування й розміри небезпеки визначають необхідність і доцільність використання моніторингу для дослідження, а також вибір тієї або іншої конкретної системи моніторингу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. ДСТУ 4500-3:2008 «Вантажі небезпечні. Класифікація»
2. Мельник В.П. Моделі та інформаційна технологія процесу підтримки прийняття рішень на для забезпечення перевезення небезпечних вантажів: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 „Інформаційні технології" / В.П. Мельник — Черкаси, 2017. — 202 с.
3. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 06.04.2000 № 1644-III.
4. Порядок погодження та оформлення маршруту руху транспортного засобу під час дорожнього перевезення небезпечних вантажів. / Наказ МВС №656 від.04.08.2018 Про затвердження деяких нормативно-провових актів з питань дорожнього перевезення небезпечних вантажів.
5. Правила дорожнього перевезення небезпечних вантажів. / Наказ МВС №656 від.04.08.2018 Про затвердження деяких нормативно-провових актів з питань дорожнього перевезення небезпечних вантажів.
6. ДБН В.2.5-76:2014 «Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та сповіщення населення».
7. Богуш В. М. Інформаційна безпека : термінологічний навч. довідник / В. М. Богуш, В. Г. Кривуца, А. М. Кудін ; за ред. В. Г. Кривуци. — К. : Д.В.К., 2004. — 508 с.
8. Крижановський Є. М. Інформаційна технологія автоматизованого інтегрування математичних моделей у геоінформаційні системи моніторингу поверхневих вод / Є. М. Крижановський, В. Б. Мокін // Збірник наукових статей II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю, (23—26.09.2009). — Вінниця : Вінницький нац. техн. ун-т, 2009. — С. 154—157.
9. Дендаренко В.Ю. Адаптивне формування технології моніторингу пожежної безпеки з багаторівневим перетворенням інформації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.06 „Інформаційні технології" / В.Ю. Дендаренко — Черкаси, 2013. — 20 с.

СЕКЦІЯ 5 АВТОМАТИКА В ЕЛЕКТРОНІЦІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

УДК 621.313
В.В. Лишук
Луцький національний технічний університет
v.lyshuk@lntu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРУГИ

В.В. Лишук. Дослідження тиристорного регулятора напруги. У статті пропонується розрахунок та вибір тиристорного регулятора напруги. Задачі регулювання змінної синусоїдної напруги (потужності) для живлення електропобутової техніки, зокрема для регулювання частоти обертання валу колекторних двигунів, їх плавного пуску, що напряму залежить від прикладеної напруги, для регулювання температури електронагрівальних приладів (ТЕНів), сушильних печей, в пристроях зарядки акумуляторних батарей, регулюванні освітленням (димери) є актуальними з точки зору практичного застосування.
Ключові слова: тиристор, електрична схема, регулювання.

V.V. Lyshuk. Investigation of thyristor voltage regulator. The article proposes the calculation and selection of a thyristor voltage regulator. Tasks of regulation of alternating sinusoidal voltage (power) for power supply of household appliances, in particular for regulation of frequency of rotation of a shaft of collector motors, their smooth start which directly depends on the applied voltage, for regulation of temperature of electric heating devices, drying furnaces, in charging devices rechargeable batteries, dimming (dimmers) are relevant in terms of practical application.
Key words: thyristor, electric circuit, regulation.

В.В. Лышук. Исследование тиристорного регулятора напряжения. В статье предлагается расчёт и выбор тиристорного регулятора напряжения. Задачи регулирования переменного синусоидального напряжения (мощности) для питания электробытовой техники, в частности для регулирования частоты вращения вала коллекторных двигателей, их плавного пуска, напрямую зависящего от приложенного напряжения, для регулирования температуры электронагревательных приборов, сушильных печей, в устройствах зарядки аккумуляторных батарей, регулировке освещением (димеры) являются актуальными с точки зрения практического применения.
Ключевые слова: тиристор, электрическая схема, регулировка.

Постановка проблеми. На сьогодні регулятори фізичних величин займають вагоме місце в промисловості, зокрема в процесах автоматизації технологічних систем. В статті розглянемо регулювання напруги на навантаженні з допомогою тиристорного регулятора напруги. Регулятор є повнофункціональним, конструктивно оформленим у вигляді окремого блоку фізичним пристроєм, що має вхід для отримання сигналу з давача керованої величини об'єкта управління, вихід для подачі сигналу керування на виконавчий механізм, систему зв'язку з комп'ютером, що керує технологічним процесом [1, 2].

Для комутації силових кіл змінного струму розроблено багато електромагнітних та електронних апаратів. Оскільки механічні контактні комутуючі апарати мають рухомі вузли, то природно, що такі пристрої характеризуються інерційністю процесів замикання чи розмикання або в загальному регулювання. Електронні напівпровідникові ключі, побудовані на транзисторах або тиристорах, є безконтактними і на відміну від вищезгаданих апаратів характеризуються меншими габаритами, вищою надійністю та швидкодією.

Детальніше зупинимось на однофазних ТРН, їх схемах та системах керування тиристорами. Застосування тиристорів в таких схемах та системах дає змогу підвищити надійність регуляторів, зменшити масогабаритні розміри. Тиристорний регулятор інтерпретується як електронний ключ, що під’єднується послідовно з навантаженням, а принцип роботи базується на його двосторонній провідності. Тобто тут можна регулювати кут керування, а значить, і напругу чи потужність в колі змінного струму [2, 3].

На рис.1 показано різні однофазні схеми вмикання тиристорів для ТРН. На рис.1, г використана симісторна схема, на рис.1, б схема з двома діодами і тиристорами, причому аноди

діодів і катоди тиристорів мають спільну точку, на рис.1, в діодна схема з одними тиристором, на рис.1, а схема із паралельно-зустрічно ввімкненими тиристорами. Кожна із схем має свої переваги й недоліки. Загальний вигляд регулятора показано на рис.2.

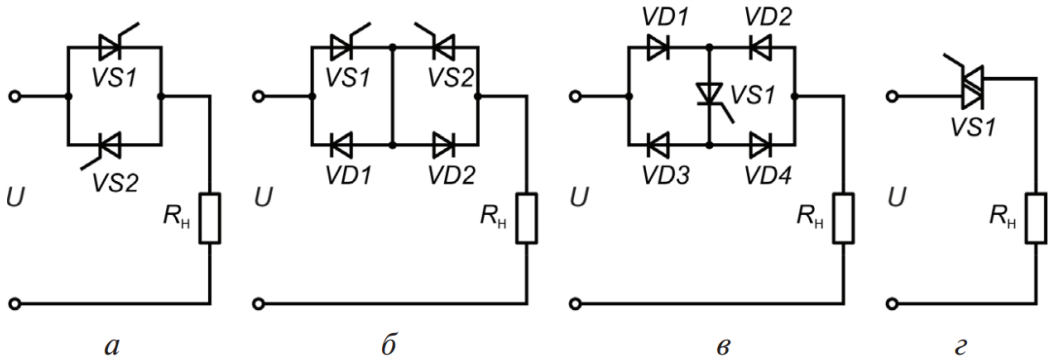


Рис.1. Схеми вмикання однофазних ключів на тиристорах для ТРН.

Найбільшого застосування набула електрична схема, зображена на рис.1, а. Для цієї схеми при закритих тиристорах напруга на навантаженні дорівнює нулю. При відкритті тиристорів на навантаженні з'являється симетрична синусоїдна напруга, так як зустрічно-паралельно-ввімкнені тиристори забезпечують подачу додатньої та від'ємної півхвиль напруги живлення на навантаження при подачі на них імпульсів керування синхронно з напругою мережі. Її перевага перед іншими – це мінімальні габарити, але поряд з тим тиристори такої схеми повинні витримувати підвищену зворотню напругу, тобто будуть вартіснішими [3].

Рис.2. Загальний вигляд регулятора.

В якості керованих вентилів ТРН використаємо схему з двома зустрічно з'єднаними тиристорами. ТРН розрахуємо для живлення побутових електроприймачів з потрібними параметрами на виході.

Основна частина. Розрахуємо електричну частину регулятора напруги. Для цього візьмемо такі вхідні параметри. Діюче значення напруги мережі: $U_м = 220$ В, промислова частота змінного струму $f = 50$ Гц, фіксоване значення кута керування α = 45^0, напруга живлення системи керування $U_{CK} = 12$ В, опір навантаження $R_н = 20$ Ом, температура навколишнього середовища 20^0 С.

На початку розрахуємо величину зворотної напруги на тиристорі

$$U_{am} = \sqrt{2} \cdot U_m \cdot K_з.$$

Тут $K_з$ – коефіцієнт запасу, що враховує можливі перенапруги на тиристорі.

Амплітудне значення струму

$$I_{max} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_м}{R_н}.$$

Розрахуємо середній струм при нульовому куті керування α = 0

$$I_{\alpha 0} = \frac{I_{max}}{\pi}.$$

Вибираємо тиристори, які задовільняють умови за струмом і напругою

$$U_{доп} > U_{max}; \quad I_{г0} > I_{a0},$$

де $U_{доп}$ – допустима напруга на тиристорі; $I_{г0}$ – середнє значення допустимо-граничного струму.

З довідника [1] вибираємо тиристори Т112-10-УХЛ2, які мають такі параметри:

- $U_{доп}$ = 400 В > 372 В;
- $I_{г0}$ = 10 А > 4,94 А;
- струм керування $I_{кер} = 0{,}1$А;
- напруга керування $U_{кер} = 5$ В;
- порогова напруга $U_0 = 1{,}094$ В;

- динамічний опір у відкритому стані $R_д = 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ Ом;
- тепловий опір $R_T = 3{,}0$°С / Вт.

Результати розрахунку зовнішньої характеристики, а саме $U = f(\alpha)$ та $I = f(\alpha)$ для різних кутів керування показано на рис.3.

Середнє значення струму при заданому куті керування

$$I_a = \frac{U_{\max}}{\pi R_н} \cdot \left[\frac{1+\cos\alpha}{2}\right].$$

Діюче значення тиристора при α =45^0.

$$I_T = \frac{U_м}{R_н} \cdot \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2 \cdot \pi}\right)}.$$

Діюче значення струму на навантаженні при α = 45^0

$$I_н = \sqrt{2} \cdot I_T.$$

Діюче значення напруги на навантаженні в залежності від кута керування

$$U_н(\alpha = 45^0) = I_н \cdot R_н.$$

Знайдемо потужність на навантаженні при куті керування α =45^0

$$P_н = I_н \cdot U_н.$$

Знайдемо втрати потужності в тиристорі при цьому ж куті керування.

$$\Delta P = U_0 \cdot I_a + R_д \cdot I_T^2.$$

Втратами в колах керування нехтуємо.

Знаходимо перегрів тиристора при α = 45^0:

$$\Delta T = \Delta P \cdot R_T.$$

Тоді найбільша температура тиристора складає:

$$T_{max} = T_c + \Delta T°C < T_{max\,доп} = 125\ °C.$$

Знаходимо величину опору додаткового резистора в колі керування тиристора.

$$R_{дод} = \frac{U_{СК} - U_К}{I_{кер}}.$$

Потужність розсіяння резистора:

$$P_{доп} = R_{доб} \cdot I_{кер}^2.$$

Вибираємо резистор типу С2-33 потужністю 1Вт номіналом 75Ом з ряду Е24.

Результати заносимо в табл.1.

Таблиця 1. Результати розрахунку електричних параметрів регулятора напруги.

U_{am}, *В*	I_{max}, *А*	I_{a0}, *А*	I_a, *А*	$I_T(45^0)$, *А*	$I_H(45^0)$, *А*	U_H, *В*	P_H, *Вт*	ΔT, *°С*	ΔP, *Вт*
372	15,5	4,94	4,22	7,41	10,45	209	2185	34,2	4,7

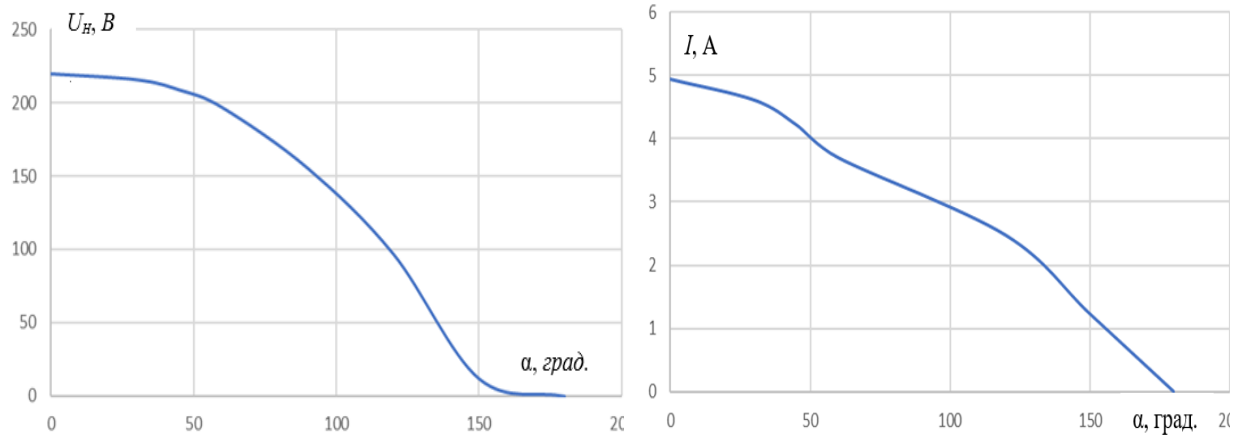


Рис.3. Зовнішні характеристики регулятора.

Висновки. Як видно з розрахунків розрахований регулятор напруги регулюватиме потужність навантаження від 0 до 2200 Вт. Температурний режим знаходиться в межах допустимого.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Бойко В.І. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 1. Аналогова схе-мотехніка та імпульсні пристрої: Підручник / В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 366 с.
2. Гостев В.И. Системы управления с цифровими регуляторами. – К.: Техніка, 1990. –280 с.
3. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб. /За ред.. А.Г.Соскова. 2-е вид. –К.: Каравела, 2004. – 432 с.

УДК 681.5

П.В. Сахарчук, В.О. Сацик, В.Ю. Заблоцький
Луцький національний технічний університет
E-mail: sakharchukpavel817@gmail.com

АВТОМАТИКА В ЕЛЕКТРОНІЦІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

У даній роботі розглянуто основні етапи розвитку телекомунікаційних мереж на виробництві, їх структуру та функціональні значення управління. Також розглянуто питання вибору оптимального складу програмно-технічного комплексу в залежності від завдань компанії чи конкретного виробництва.

Ключові слова: телекомунікаційна система, управління, структура, ПТК.

P.V. Сахарчук, B.A. Satsyk, V.Yu. Zablocki Automation in electronics and telecommunications. This paper considers the main stages of development of telecommunications networks in production, their structure and functional values of management. The issue of choosing the optimal composition of the software and hardware complex depending on the tasks of the company or specific production is also considered.

Key words: telecommunication system, management, structure, PTC.

П.В. Сахарчук, В.А. Сацик, В.Ю. Заблоцький Автоматика в електронике и телекоммункациях В данной работе рассмотрены основные этапы развития телекоммуникационных сетей на производстве, их структура и функциональные значения управления. Также рассмотрен вопрос выбора оптимального состава программно-технического комплекса в зависимости от задач компании или конкретного производства.

Ключевые слова: телекоммуникационная система, управление, структура, ПТК..

Постановка проблеми. Інноваційна АСУТП (автоматизована система управління технологічним процесом) є багаторівневою людино-машинною системою управління. Створення АСУ складними науково-технічними процесами здійснюється з використанням автоматичних інформаційних систем збору інформації та обчислювальних комплексів, безперервно вдосконалюються за мірою еволюції технічних засобів і програмного забезпечення [1].

На сучасному етапі розвитку виробництва важливою складовою з'явилося запровадження систем автоматизації для управління науково-технічними процесами та виробництвом загалом [2].

Нові мікропроцесорні і телекомунікаційні системи автоматизації впроваджуються, як на зведених, так і на діючих об'єктах.

Усі групові АСУТП мають ієрархічну структуру і включають такі функціональні значення управління:

- взаємодія з дією;
- конкретне управління дією;
- нагляд та управління дією;
- оптимізація процесу [3].

У передових телекомунікаційних мережах можна відзначити наступний важливий момент: інформаційні і керуючі сигнали передаються в один і тих же фізичних, а іноді і в логічних каналах взаємозв'язку. Їх взаємний вплив може призвести до істотної зміни параметрів додатків і є причиною виникнення явищ, які у нерівномірному чи вибуховому характері виникають при перебігу мережевих процесів [4].

Постійне формування інформаційних технологій, методів і методик зведення телекомунікаційних систем робить важливий вплив на завдання та функції управління.

Враховуючи, що інноваційна телекомунікаційна система є динамічною, вона не може працювати в одному будь-якому режимі або по одному і тому ж протоколу, який неможливо визначити через велику різницю завдань телекоммунікаційних систем (ТКС). Більш того, сама ТКС представляє собою складну організаційно-технічну систему, тому не може бути описана або представлена однією математичною моделлю[5].

У той же час існує теорія зведення управління єдиною системою у вигляді 5-рівневої ієрархічної структури, яка, проте, до цих пір не формалізована на силу великого значення апріорної невизначеності. П'ятирівнева модель управління в технології TMN (Telecommunication Management Network) визначена як ієрархічна конструкція, що складається з окремих або функціонально пов'язаних завдань, кожна з яких може наважуватися нормально, правильно, ситуаційно або програмно, в залежності від значення невизначеності ситуації, можливостей формалізації завдання.

Головним завданням мережевого управління вважається підтримання найбільшої точності та стійкості керування при забезпеченні швидкодії. Найбільш ефективними відповідно до точності і швидкодії є оптимальні завдання управління, що дозволяють використовувати автоматичні рішення при наданні послуг, зручні для користувача [6].

Як показує аналіз існуючих текстур і завдань, вирішуваних за допомогою методів управління в телекомунікаційних системах, багато які з них носять кристально оптимальний характер і побудований на основі інженерної інтуїції і максимальних вимог, які висуваються до контрольованих деталей. Практика показує, що в багатьох випадках розумний висновок і інженерне чуття дозволяють знаходити цілком раціональні рішення, які досить близькі до оптимальних.

Аналіз дії існуючого способу роботи протоколу телекомунікаційних мереж продемонстрував, що є можливість зниження втрат пропускної здатності в режимах повільного старту і уникнення навантаження. По-перше, навантаження не прогнозується, а виявляється відповідно до факту відсутності пакетів підтвердження після ще одного переміщення «вікна програми», по-друге, згідно з цим прецедентом неможливо судити про величину кількості навантаження на телекомунікаційну мережу. Завдання полягає у формуванні оцінок моніторингу заздалегідь, при вході в критичну область, виявлення втрачених пакетів, оцінок, як сенсу швидкоплинного періоду можливого прояву навантаження, так і параметрів навантаження. Висновок такого завдання може бути отримано за допомогою методів ідентифікації процесів використаних при прогнозуванні часу затримки і формуванні оцінок моніторингу.

Значення взаємодії та конкретного управління дією реалізуються за допомогою апаратного постачання штатних систем управління, що комплектно поставляються у складі виробничого обладнання та станціями управління [7].

Ступінь нагляду та управління процесом реалізується у складі системи управління об'єктом маршрутом створення АРМ операторів, які разом із станціями управління процесом становлять ПТК АСУТП – програмно-технічний комплекс автоматичної системи управління технологічним процесом. Система управління для безлічі різноманітних і територіально розкиданих об'єктів (розрізняються за умовами експлуатації, вимогам безпеки, організації обслуговування, інформаційної ємності) не може бути на будь-якому одному з програмно-технічних комплексів (ПТК). Тому для будь-якого об'єкта виходячи з його особливостей, науково-технічної схеми та інтересів клієнта ведеться вибір оптимального складу ПТК. Напевно можуть бути ПТК компанії Emerson (система DeltaV) для великих науково-технічних об'єктів типу ЦПЗ – головний пункт збору та підготовки нафти, УКПГ – апарат комплексної підготовки газу з 1-3 тисячами сигналів контролю та управління компанії Contro lMicrosystem (контролери SCADA) об'єкти зі складними кліматичними умовами, як-от свердловини, лінійні об'єкти трубопроводів, невеликі (для вбудованих систем управління) чи великі ПЛК підприємств PLCDirekt, Siemens, Rockwell, Automation та інших.

Ступінь оптимізації процесу представлений у складі системи керування об'єктом серверами БД, АРМ виробничого персоналу та засобами інформаційної техніки. Сервер БД вважається сполучною ланкою між рівнем нагляду за впливом у реальному часі і рівнем вирішення виробничо-науково-технічних завдань. Сервер БД виконує знання БД науково-технічної та розрахункової інформації та гарантує доступ до неї покупців обчислювальної мережі. План комплексної автоматизації передбачає в рамках системи далекий доступ до інформації через Internet-портали, що дозволяють з будь-якої точки країни і світу в режимі реального часу простежувати всілякі стани ТП.

При бізнес-контактах такий доступ до такого масиву інформації і можливість приємної картинки робить безперечний результат.

Оптимальний комплект засобів автоматизації може відрізнятися для різних систем управління. Це призводить до проблеми постійної зміни комплекту модулів і знаходження постійних рішень для будь-якого нового плану. При цьому зростає час проектування, збільшуються конструкторські та монтажні помилки. Рішенням проблеми може існувати стандартизація вузлів або шаф на рівні важливих схем, збиральних схем і специфікацій. Навіть якщо єдиний висновок для кількох систем управління стане не сприятливим в будь-якому конкретному випадку то за рахунок декількох різновидів уніфікованих вузлів можна досягти близького співвідношення для досягнення необхідної якості [8].

Висновки. Таким чином в даній роботі було наведено основні етапи розвитку і становлення телекомунікаційних мереж, а також побудова і структура електронних систем автоматизації на виробництві. На тлі розвитку дані системи потребують доробок, адже від них залежить якість продукції і безпека персоналу в цілому. Але як показує практика такі системи доволі прості у монтуванні і використанні на виробництві, що робить їх незамінними в реальних умовах експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузнєцов А. Genesisfor Windows – графічна SCADA-система для розробки АСУ ТП. Сучасні технології автоматизації.- 1997.- №3.

2. Локазюк В.М. Мікропроцесори та мікроЕОМ у виробничих системах. – Київ: Видавничий центр «Академія», 2002.

3. Дороговець М.М. Основи метрології та електричні вимірювання – Видавництво «Львівської Політехніки», 2011.

4. Проектирование и расчет радиорелейныхлинийсвязи. Учебное пособие для вузов связи. Под ред. Е.В. Рыжкова. – М.Связь, 1975.-264 с.

5. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей. Крухмалев В. В., Гордиенко В. М., Моченов А. Д. и др. Под ред. В. Н. Гордиенко и В. В. Крухмалева. – М. Горячая линия – Телеком, 2004. – 510 с.

6. Поповский В.В., Звягольская Г.В., Абдельхамид Зугбор. Методы реструктуризации телекоммуникационных сетей. Праці Українського науково-дослідного інститут радіо і телебачення. – 2004. – №4 (40). – С. 3-6.

7. Абдельхамид Зугбор, Звягольская Г.В., Селевко С.Н. Методы адаптации и управления в задачах профилирования трафика. Радиотехника.Всеукр. межведом. научн-техн. сб. – 2004. – Вып.138. – С. 130-133.

8. Звягольская Г.В. Исследование чувствительности процедуры к отклонению параметров модели 2-й Международный радиоэлектронный Форум «Современные информационные системы. Проблемы и тенденции развития». – Харьков-Туапсе. ХНУРЭ, – 2007. - С.137-138.

СЕКЦІЯ 6 УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

УДК 681.5
П. Б. Вовк
Технічний фаховий коледж Луцького національного технічного університету
E-mail: wowkpetro@gmail.com

АНАЛІЗ ПЛАТФОРМИ MICROSOFT AZURE

У статті розглядаються перспективи застосування хмарних технологій MICROSOFT AZURE. Платформа являє собою різні типи хмарних сервісів: IaaS, PaaS, SaaS, яких більше 500 позицій з можливістю реалізації будь-яких завдань і проектів. В основі безпеки хмарних технологій Azure закладений принцип реплікації даних одного дата-центру в два інших, які знаходяться в різних регіонах світу.
Ключові слова: хмара, MICROSOFT AZURE, дата-центр, ЦОД, сервер, сховище даних, мережі, операційні системи.

Petro B. Vovk. Analysis of the MICROSOFT AZURE platform. The article considers the prospects of application of MICROSOFT AZURE cloud technologies. The platform is a different type of cloud services: IaaS, PaaS, SaaS, which are more than 500 positions with the ability to implement any tasks and projects. The security of Azure cloud technologies is based on the principle of replicating data from one data center to two others located in different regions of the world.
Keywords: cloud, MICROSOFT AZURE, data center, Big data, server, data warehouse, networks, operating systems.

П. Б. Вовк. Анализ платформы MICROSOFT AZURE. В статье рассматриваются перспективы применения облачных технологий MICROSOFT AZURE. Платформа представляет собой различные типы облачных сервисов: IaaS, PaaS, SaaS, которых более 500 позиций с возможностью реализации любых задач и проектов. В основе безопасности облачных технологий Azure заложен принцип репликации данных одного дата-центра в два других, которые находятся в различных регионах мира.
Ключевые слова: облако, MICROSOFT AZURE, дата-центр, ЦОД, сервер, хранилище данных, сети, операционные системы.

Аналіз проблеми. Протягом останніх 25 років, компанії будь-якого розміру довіряють запуск своїх критично важливих робочих навантажень Windows Server і SQL Server. Насправді, більше 70 % серверів працюють на Windows Server. Все більше і більше клієнтів використовують хмари для інновацій та цифрової трансформації. Часто першим кроком в цифровій трансформації є міграція вже існуючих додатків Windows Server і SQL Server та даних до хмари.

Переваги гібридного використання Azure для Windows Server і SQL Server та фіксоване ціноутворення допомагає клієнтам заощадити при переході в Azure. Microsoft прагне, щоб робочі навантаження серверів були захищеними, тому Azure тепер пропонує безкоштовні оновлення розширеної безпеки для Windows Server і SQL Server 2008 і 2008 R2. Під час додання усіх цих моментів, приходить розуміння, що AWS в 5 разів дорожче, ніж Azure для Windows Server і SQL Server.

Інструмент управління витратами Azure безкоштовний для всіх клієнтів Azure і допоможе контролювати та оптимізувати витрати в Azure. Крім того, цей інструмент допоможе збільшити прибуток, розрахувати бюджет, необхідний для впровадження нових хмарних сервісів, та створити нову цінність для бізнесу, щоб ефективніше конкурувати у галузі.

Постановка задачі. Перехід до хмар потребує детального розуміння прибутку, тому є прагнення зробити Azure найбільш рентабельною хмарою для робочих навантажень Microsoft.

Під час міграції Windows Server та SQL Server до Azure також можна скористатися 1 мільярдом доларів, витраченими корпорацією Майкрософт на розробку безпеки хмарних платформ, щоб користувачі могли без ризику запускати та зберігати важливі програми та дані. Azure має перевагу в безпеці завдяки найкращій практиці та міжнародній команді з понад 3500 фахівців з кібербезпеки.

Ось кілька прикладів чому Azure є унікальною та безпечною хмарою:

– Інтелектуальний захист бази даних Azure SQL цілодобово активно відстежує потенційні загрози та вразливості.

– Azure Security Center може відстежувати загрози і забезпечувати оповіщення для серверів, що працюють у всьому гібридному середовищі.

– Azure має більше сертифікатів, ніж будь-який інший постачальник хмарних послуг і є лідером галузі у встановленні чітких вимог до безпеки та конфіденційності.

– Безкоштовні інструменти управління Azure можуть допомогти вам налаштувати параметри за замовчуванням на відповідність політикам безпеки та всім службам Azure, а також пришвидшити загальний процес управління.

Microsoft Azure - не єдина хмарна технологія, доступна на ринку. Однак багато експертів сходяться на думці, що ця платформа є однією з найнадійніших і безпечних. Microsoft вклала значний капітал і технічні ресурси в захист своїх клієнтів. Ось чому хмарні проекти набагато безпечніші, ніж проекти, що зберігаються на серверах певних компаній.

Крім цього можна виділити ще ряд переваг:

– можливість розгортати IaaS («інфраструктура як послуга») та PaaS («платформа як послуга») проекти. Azure дуже гнучка платформа, тому на її базі можна виконати 99,9% усіх завдань, які потрібні таким проектам;

– зручне управління хмарою. Microsoft розробила спеціальний портал Azure, працювати з яким інтуїтивно зрозуміло та зручно. Компанія впровадила дашборди та метрики, які відразу показують усі важливі параметри проектів. Плюс, існують мобільні додатки під iOS та Android, з якими Azure буде завжди у смартфоні;

– фінансова економія. Azure – один з найбільш доступних за ціною хмарних сервісів. А висока гнучкість дозволяє оптимально витрачати виділений на роботу бюджет.

Виклад основного матеріалу. Microsoft Azure хмарна платформа з широким спектром ресурсів та послуг, які дозволяють швидко створювати, розгортати і керувати вашими сервісами. Microsoft Azure повністю реалізує дві хмарні моделі – платформи як сервісу (Platform as a Service, PaaS) та інфраструктури як сервісу (Infrastructure as a Service, IaaS) і поширюється за принципом «Pay only for what you use», що дозволяє повністю контролювати свої витрати.

Але Microsoft Azure не зосереджується тільки на хмарних ЦОД, підтримка гібридного формату інфраструктури надає користувачу засоби для розширення можливостей зберігання, архівування та відновлення даних в максимально ефективному та економічному вигляді.

Можливості платформи Microsoft Azure постійно розширюються та покривають більшу частину задач і сервісів, які зазвичай користувач розгортав чи запускав «On-Premises». Жоден постачальних хмарних сервісів не надає такої кількості послуг та сервісів на своїх центрах обробки даних, які тісно інтегровані між собою і є одним великим комплексом для вирішення будь-якої задачі.

Цей факт робить платформу Azure найзатребуванішою серед інших. На сьогодні служби Azure доступні в 22 регіонах по всьому світу і на цьому Microsoft не зупиняється постійно розширюючи свою присутність в усіх куточках світу для забезпечення максимальної продуктивності та забезпечення збереження даних.

Сховище Azure – це хмарне рішення для зберігання сучасних додатків, що забезпечує високу доступність та масштабованість для задоволення поточних потреб. Служби зберігання даних Azure є дуже масштабованими, що дозволяє зберігати та обробляти сотні терабайт даних для підтримки масштабних сценаріїв даних, необхідних для досліджень, аналізу, фінансування та мультимедійних додатків. Ви також можете зберігати невеликі обсяги даних, які вам потрібні, наприклад, для веб-сайтів компаній. Коли попит змінюється, платити лише за збережені дані. На даний момент Azure зберігає десятки трильйонів унікальних клієнтських об’єктів, які в середньому обробляють мільйони запитів в секунду.

Сховище Azure можна використовувати з будь-якої точки світу та будь-якого типу програми, незалежно від того, де вона працює: у хмарі, на робочому столі, на локальному сервері або на мобільному пристрої. Послуга дуже гнучка, що дозволяє розробляти програмні додатки для великої кількості користувачів, а потім розширювати їх за обсягом зберігання та кількістю транзакцій, необхідних у разі потреби.

Тільки з тих ресурсів, які використовуються, стягуватиметься плата, і лише тоді, коли вони будуть використані. Служба зберігання Azure використовує систему автоматичного розділення для

автоматичного збалансування навантаження на основі трафіку даних. Це означає, що у міру зростання потреб програми Azure автоматично розподіляє відповідні ресурси.

Доступна служба збереження Azure Premium, коли потрібне сховище з високою продуктивністю, низькою затримкою для дискових операцій та високонавантажених робочих операцій, що виконуються на віртуальних машинах Azure.

За допомогою служби сховища Azure Premium в якому використовуються SSD-диски, можливо підключити до віртуальної машини безліч постійних дисків з даними для забезпечення високої продуктивності операцій вводу-виводу.

У сховищі класу Premium пропонується можливість по-справжньому зручного переміщення ресурсномістких корпоративних додатків, таких як Dynamics AX, Dynamics CRM, Exchange Server, ферм SharePoint і SAP Business Suite в хмару. Ви можете запускати зі сховищем Premium різні інтенсивні робочі навантаження баз даних, таких як SQL Server, Oracle, MongoDB, MySQL і Redis, яким потрібна гарантована висока продуктивність і низька затримка.

Сервіс збереження даних в Azure включає сховище BLOB-об’єктів, а також сховища таблиць, черг і файлове.

Сховище BLOB-об’єктів пропонує економічне і гнучке рішення, для користувачів, що зберігають велику кількість об’єктів з неструктурованими даними в хмарі. Сховище BLOB-об’єктів можна використовувати для зберігання даних – документи; медіа файли (зображення, відеозаписи, музика); резервні копії файлів, баз даних, комп’ютерів та пристроїв; контент для веб-додатків; інші дані великого розміру.

Всі BLOB-об’єкти організовані в контейнери, які надають зручний спосіб призначення політик безпеки групам об’єктів. Обліковий запис може містити будь-яку кількість контейнерів, а контейнер може містити будь-яку кількість BLOB-об’єктів. Ємність облікового запису для зберігання обмежена до 500 ТБ.

Послуга бібліотеки для зберігання таблиць для сучасних додатків, які вимагають, щоб бібліотеки для зберігання даних мали вищий ступінь масштабованості та гнучкості, ніж програмне забезпечення попереднього покоління. Зберігання таблиць забезпечує високий ступінь зручності та масштабованості, що дозволяє програмам автоматично розширюватися відповідно до запитів користувачів.

На відміну від традиційних реляційних баз даних, це сховище ключових атрибутів NoSQL не має схеми. Використовуючи немодерну бібліотеку сховища, ви можете легко налаштувати дані в міру розвитку програми. Проста у використанні електронна таблиця, яка дозволяє розробникам швидко створювати додатки. При однаковому обсязі даних зберігання таблиць зазвичай набагато дешевше, ніж традиційні бази даних SQL.

Табличне сховище можна використовувати для зберігання гнучких наборів даних, наприклад користувацьких даних для веб-додатків, адресних книг, відомостей про пристрій, а також метаданих будь-якого іншого типу, які потрібні вашій службі. У таблиці можна зберігати будь-яку кількість сутностей, а обліковий запис зберігання може містити будь-яку кількість таблиць в межах ємності облікового запису. Для сучасних веб-додатків бази даних NoSQL, такі як табличне сховище, є поширеною альтернативою традиційним реляційним базам даних.

Сховище черг при розробці додатків для розширення компоненти програми, як правило, не взаємопов’язані, тому їх можна змінювати самостійно. Зберігання черги забезпечує потужне рішення обміну повідомленнями для асинхронної взаємодії між компонентами програми незалежно від того, де вони працюють: у хмарі, на робочому столі, на локальному сервері чи на мобільному пристрої. Зберігання черги також підтримує асинхронне управління завданнями та побудову робочого процесу. Обліковий запис може містити будь-яку кількість черг. Черга може містити будь-яку кількість повідомлень, що перевищує обсяг облікового запису пам’яті.

Сховище файлів, де знаходиться спільна папка, що містить файл SMB, знаходиться у хмарі, тому ви можете швидко та легко перенести попередню версію програми, пов’язану із спільною папкою.

За допомогою сховища файлів Azure при підключенні до звичайних спільних папок SMB програми, що працюють на віртуальних машинах Azure або хмарних службах, можуть монтувати спільні папки в хмарі, як і локальні програми. Будь-яка кількість компонентів цих програм може одночасно підключатися до ресурсів сховища та отримувати до них доступ.

Так як ресурси файлового сховище це стандартні файлові ресурси SMB, додатки, що працюють в Azure, можуть отримувати до них доступ через API вводу-виводу. Таким чином, розробники можуть використовувати свої коди і методи для міграції існуючих додатків. IT-фахівці

отримують можливість використовувати команди PowerShell для створення і підключення ресурсів файлового сховища, а також управління ним, як частини адміністрування додатків Azure.

Дані облікового запису сховища Microsoft Azure завжди реплікуються, забезпечуючи надійність, високий рівень доступності та відповідність Угоди про рівень обслуговування (SLA) для служби сховища навіть при тимчасовому збої в роботі обладнання. При створенні облікового запису зберігання доступні декілька варіантів реплікації.

Локально доступне сховище (LRS) - обслуговує три копії ваших даних. LRS реплікується в три екземпляри в рамках одного приміщення, одного регіону. LRS захищає ваші дані від стандартних збоїв обладнання, але не від збоїв одного приміщення.

Сховище, доступне в межах зони (ZRS) – обслуговує три копії ваших даних. ZRS реплікується в три екземпляри в двох або трьох будівлях, в одному регіоні або в двох регіонах, надаючи більш високу стійкість в порівнянні з LRS. ZRS забезпечує доступність даних в одному регіоні.

Гео-доступне сховище (GRS) — увімкнути для облікового запису зберігання за замовчуванням. GRS зберігає шість копій ваших даних. Використовуючи GRS, три екземпляри можна відтворити в основному регіоні, а три екземпляри можна відтворити в іншому регіоні за сотні кілометрів для досягнення найвищого рівня доступності. Якщо первинний регіон виходить з ладу, сховище Azure не працює в іншому регіоні. GRS гарантує стабільність даних у двох незалежних регіонах.

Гео-доступне сховище з доступом на читання (RA-GRS) — служить для реплікації ваших даних в додаткове географічне розташування, а також забезпечує доступ для читання до ваших даних у додатковому місцезнаходження. Гео-доступне сховище з доступом для читання дозволяє отримувати доступ до даних з основного або додаткового розташування в разі, якщо одне з розташувань стає недоступним.

Актуальна вартість на тарифікацію сховищ вказана на офіційному ресурсі Microsoft Azure і може відрізнятися в залежності від регіону розташування та типу реплікації даних.

Висновки. На сьогоднішній день хмарні технології є однією з найпоширеніших тем та напрямків розвитку в галузі ІТ. Поняття хмари, хмарних обчислень та хмарних технологій стосується надання користувачам ресурсів та можливостей у вигляді Інтернет-послуг. Актуальність хмарних обчислень пов’язана зі зниженням витрат, масштабованістю та гнучкістю архітектури інформаційних технологій.

Сховище Azure можна використовувати з будь-якої точки світу та будь-якого типу програми, незалежно від того, де вона працює: у хмарі, на робочому столі, на локальному сервері або на мобільному пристрої. Послуга дуже гнучка, що дозволяє розробляти програмні додатки для великої кількості користувачів, а потім розширювати їх за обсягом зберігання та кількістю транзакцій, необхідних у разі потреби.

Середовище Microsoft Azure пропонує своїм користувачам швидке налаштування та створення Web-проєктів, з хостингом та усіма супутніми інструментами, які необхідні для подальшої роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Azure – платформа облачных вичислений. URL: https://crm.ua/azure
2. Microsoft Azure для начинающих. URL: https://softline.ru/about/blog/microsoft-azure-dlya-nachinayuschih
3. Платформа Microsoft Azure. URL: https://techexpert.ua/it-products/platforma-microsoft-azure/
4. Сухорослов О.В. Облачная платформа для создания вычислительных веб–сервисов на базе инструментария MathCloud / О.В. Сухорослов // Материалы IV Международной конференции «Облачные вычисления. Образование. Исследования. Разработка». Москва , 2013 . 4 с.
5. Таллоч Митч и команда Windows Azure Знакомство с Windows Azure. Для ИТ–специалистов / Таллоч М. ; пер. с англ. Москва : ЭКОМ Паблишерз , 2014. 154 с. : ил.

СЕКЦІЯ 7 МЕТРОЛОГІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

УДК 532
Т.Н. Гальчук, О.О. Михальчук
Луцький національний технічний університет
E-mail: t.halchuk@lntu.edu.ua

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

В роботі розглядається питання метрологічного забезпечення технології виготовлення зубчатих коліс на машинобудівних виробництвах. Показана доцільність використання зубовимірювальних машин для перевірки зубчастих коліс і зуборізних інструментів під час виготовлення деталей. Їх використання забезпечує високу точність та інформативність процесу контролю з мінімальною працеємністю, що становить, в середньому, 3...4 хв. Отримані в результаті вимірювання зубчастого вінця значення похибок використовуються в сучасній технології для коригування налагодження верстата, що підвищує якість обробки. Як наслідок, методи і обладнання для контролю зубчастих вінців все глибше інтегруються в виробничий процес механічної обробки.
Ключові слова: метрологія, зубчате колесо, контроль, зубовимірювальна машина, технологія.

T.N. Galchuk, A.A. Mikhalchuk. Metrological support manufacturing of gear wheels. The paper deals with the issue of metrological support of the technology for the manufacture of gears in machine-building industries. The expediency of using gear measuring machines for checking gear wheels and gear cutting tools in the manufacture of parts is shown. Their use provides high accuracy and information content of the control process with a minimum labor intensity of the component, on average, 3 ... 4 minutes. The deviation values obtained as a result of measuring the ring gear are used in modern technology to correct the machine setup, which increases the quality of processing. As a consequence, methods and equipment for girth gear inspection are increasingly being integrated into the machining process.
Keywords: metrology, cogwheel, control, gear measuring machine, technology.

Т.Н. Гальчук, А.А. Михальчук. Метрологическое обеспечение изготовление зубчатых колес. В работе рассматривается вопрос метрологического обеспечения технологии изготовления зубчатых колес на машиностроительных производствах. Показана целесообразность использования зубоизмерительных машин для проверки зубчатых колес и зуборезных инструментов при изготовлении деталей. Их использование обеспечивает высокую точность и информативность процесса контроля при минимальной трудоемкости, составляющей, в среднем, 3...4 мин. Полученные в результате измерения зубчатого венца значение отклонения используются в современной технологии для корректировки наладки станка, что повышает качество обработки. Как следствие, методы и оборудование для контроля зубчатых венцов все глубже интегрируются в производственный процесс механической обработки.
Ключевые слова: метрология, зубчатое колесо, контроль, зубоизмерительная машина, технология.

Постановка проблеми. Машинобудівна галузь виготовляє вироби в багатьох із яких, використовуються зубчасті передачі. В конструктивному, технологічному і метрологічному відношенні зубчасті передачі є одними з найбільш складних елементів машин і механізмів. Зростання вимог до якості зубчастих коліс і передач призводить до безперервного вдосконалення технологій їх виготовлення та методів контролю. Під час контролю зубчастих коліс крім універсальних і спеціальних засобів вимірювання типових геометричних параметрів застосовують спеціалізовані прилади контролю параметрів, які характеризують експлуатаційні показники зубчастого колеса або зачеплення [1]. На виробництві застосовується широка номенклатура засобів вимірювання геометричних параметрів зубчастих коліс. Це в основному ручні не автоматизовані прилади традиційної конструкції з вузькою спеціалізацією використовувати які незручно і споживачеві (необхідно мати повний комплект різноманітних приладів), і виробнику (широка номенклатура конструкцій приладів) [2]. На даний час стан метрологічного забезпечення зубчастих

коліс характеризується тим, що практично для контролю кожної похибки застосовується окремий засіб вимірювання. Таке метрологічне устаткування, як правило, працює не більше 1000 годин в рік, що є наслідком контролю вибірки коліс в межах 1…4 % від випуску та має високу вартість [2].

Основними сучасними тенденціями у контролі зубчатих коліс є аналіз відхилень зі зворотним зв'язком з виробництвом; більш висока точність та швидкість вимірювань; можливість контролю на виробництві та вимірювання модифікацій і топографії зуба. Також важливим є забезпечення отримання результатів на різних етапах виробництва. Усі перераховані тенденції зумовлюють застосовувати нові засоби контролю зубчастих вінців.

Ціль роботи – показати перспективи застосування сучасних метрологічних технологій і можливість їх успішного використання для виготовлення зубчатих коліс.

Виклад основного матеріалу. Точність виготовлення циліндричних зубчастих коліс регламентується стандартами, якими передбачено 12 степенів точності. Кожна степінь точності регламентує три норми, а саме кінематичну точність, плавність роботи і контакт зубів в передачі [3].

Для кожної норми точності є визначені основні відхилення зубчастого колеса, які впливають на цю норму. Всього стандартом визначено 24 похибки, що контролюються. З них по 7 похибок визначають кінематичну точність та плавність роботи та 4 похибки - точність контакту зубів [3]. Для виміру кожного з цих параметрів використовується спеціалізований метрологічний засіб.

Вимірювання геометричних параметрів проводять, як правило, не на усій робочій поверхні зуба. Тому визначені параметри, за якими можна оцінити точність усієї бічної поверхні [4]. Для циліндричних зубчастих коліс це крок по ділильному колу, лінію профілю і лінію напряму зуба. Контроль цих геометричних параметрів відбувається або в певних точках (крок, радіальне биття, товщина зуба), або уздовж певних ліній (профіль, направлення зуба, модифікації). З впровадженням сучасних метрологічних засобів з’явилася можливість вимірювання усієї бічної поверхні - виміри топографії зуба [5]. Окрім виміру геометричних параметрів, під час контролю зубчастого вінця здійснюються функціональні перевірки. До них відносять в першу чергу перевірку кінематичної точності на приладах 1-о профільного контролю, перевірку коливання вимірювальної міжосьової відстані на приладах 2-х профільного контролю, перевірку плями контакту на контрольно-обкатних верстатах, перевірку рівня шуму і перевірку передавальної здатності на відповідних приладах. Типова система для 1-о та 2-х профільної перевірки зубчастих коліс показана на рисунку 1 [2].

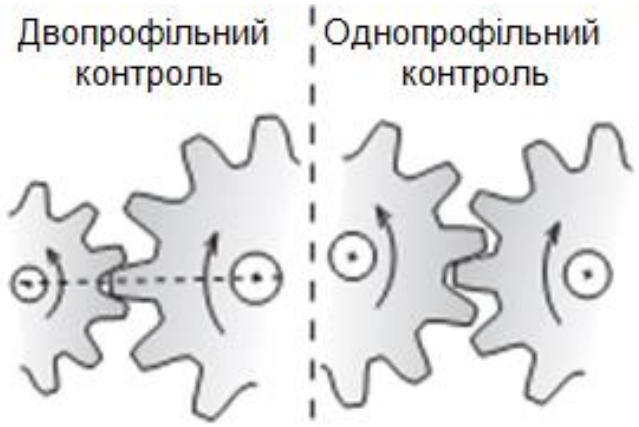


Рис.1. Схеми одно- та двопрофільного контролю зубчатих коліс

У виробництві циліндричних зубчастих коліс комплексна 2-х профільна перевірка є найпоширенішим видом проміжного технологічного контролю, що застосовується після окремих операцій технологічного процесу – зубофрезерування, зубодовбання, зубошевінгування, а також після остаточної обробки зубчастого колеса, для того, щоб на складання не потрапляли зубчасті колеса з дефектами.

Основною перевагою методу 2-х профільного контролю є короткий час вимірювання, що зручно у виробництві. Під час такого контролю відображається інформація про геометрію всіх зубів. Недоліками цього методу є перевірка за еталонним колесом. Для кожного вимірюваного колеса необхідно виготовити точне еталонне колесо. Наслідком контакту за двома сторонами профілю є обмежена інформативність методу – неможливо визначити вид і величину окремих

похибок (за профілем, напрямку зуба, кроку і биття). В результаті ускладнено визначення джерела похибки, що виникає під час виготовлення [2].

Внаслідок 1-о профільного контролю оцінюється кінематична похибка зубчастого колеса (на одному зубі і за один оберт) і циклічні похибки. Перевагами однопрофільного контролю є короткий час вимірювання та інформація про геометрію всіх зубів. На відміну від 2-х профільного контролю, під час 1-о профільного контролю, завдяки контакту за однією стороною профілю зуба, отримується детальна функціональна інформація про зуб. Недоліками цього методу контролю також є перевірка за еталонним колесом і немає можливості визначити причину появи похибки [2].

Найбільш оптимальним на сьогоднішній день рішенням, з точки зору автоматизації, гнучкості, високої точності та інформативності, є перевірка зубчастих коліс на універсальних зубовимірювальних машинах (ЗМ). Такі установки мають можливість прямого виміру не тільки похибки профілю, напрямку, кроку і радіального биття, а також форми і розташування поверхонь самої деталі (рис. 2) [5].

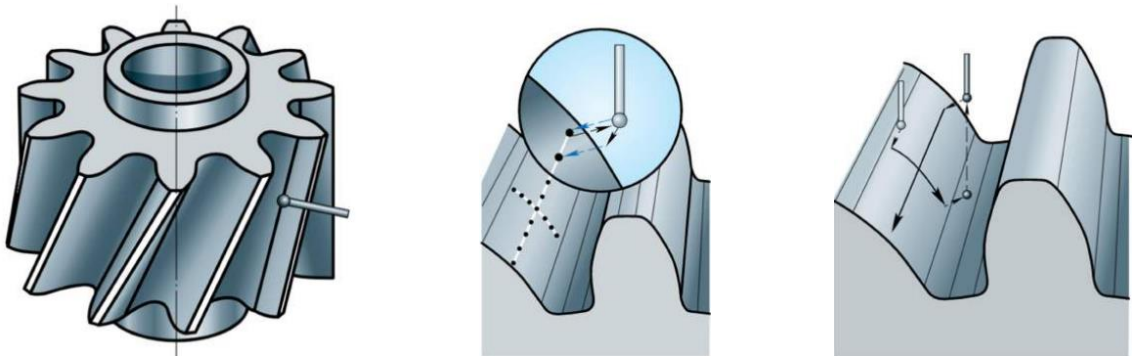


Рис. 2. Схеми вимірювання лінії зуба і профілю на зубовимірювальній машині

Крім цього для будь-якого зуба можна провести перевірку профілю та лінії зуба у декількох перерізах і представити результати у вигляді топографії поверхні зуба (рис. 3). Результати усіх вимірювань на ЗМ отримуються у графічному вигляді (рис. 4), що дає можливість встановити причини виникнення похибок.

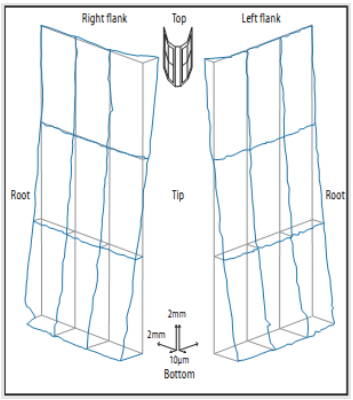


Рис. 3. Топографія поверхні зуба отримана на ЗМ

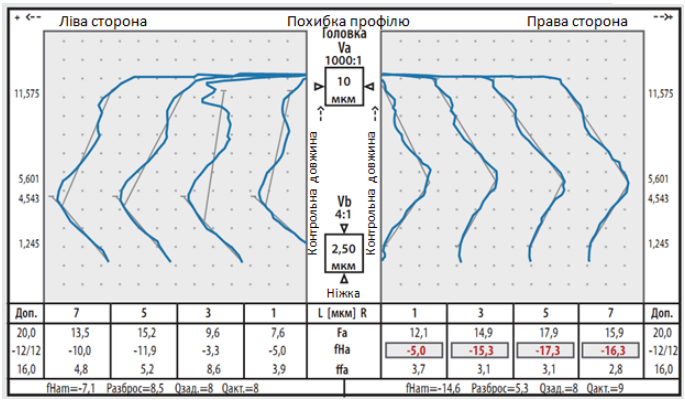


Рис. 4. Типовий протокол результатів вимірювання відхилень профілю зубчатого колеса отриманого на ЗМ

ЗМ дозволяють вимірювати всі геометричні параметри циліндричного зубчастого вінця по основним міжнародним стандартам, що є необхідним для налагодження верстатів на сучасному зубообробному виробництві. ЗМ для контролю зубчастих коліс мають приблизно однакову конструкцію і компоновку (рис. 5). Датчик торкання, яким оснащена ЗМ, має дві координати переміщення X і Y (разом з колоною або з кареткою). Координата Y – у напрямку до зубчастого колеса, що перевіряється, координата X – перпендикулярно координаті Y. У більшості ЗМ застосовують три скануючий датчик дотику з вимірювальним наконечником у вигляді кулі, діаметр якого підбирають в залежності від модуля контрольованої деталі [6].

Колона має задній центр, що регулюється за висотою. Це дозволяє крім зубчатих коліс встановити вал із зубчастим вінцем або перевіряти вали зі складним профілем (розподільні вали, колінчаті вали і т.п.). В цьому випадку ЗМ виконує функцію кругломіра. Стіл має прямий привід повороту за допомогою регульованого електродвигуна і забезпечений круговим оптоелектронним енкодером для відліку кута повороту. Переміщення за усіма координатами відраховуються за допомогою оптоелектронних лінійних і кутових енкодерів. Для калібрування ЗМ оснащена атестованою сферою, яка закріплена нерухомо, і еталонним зубчастим колесом [6].

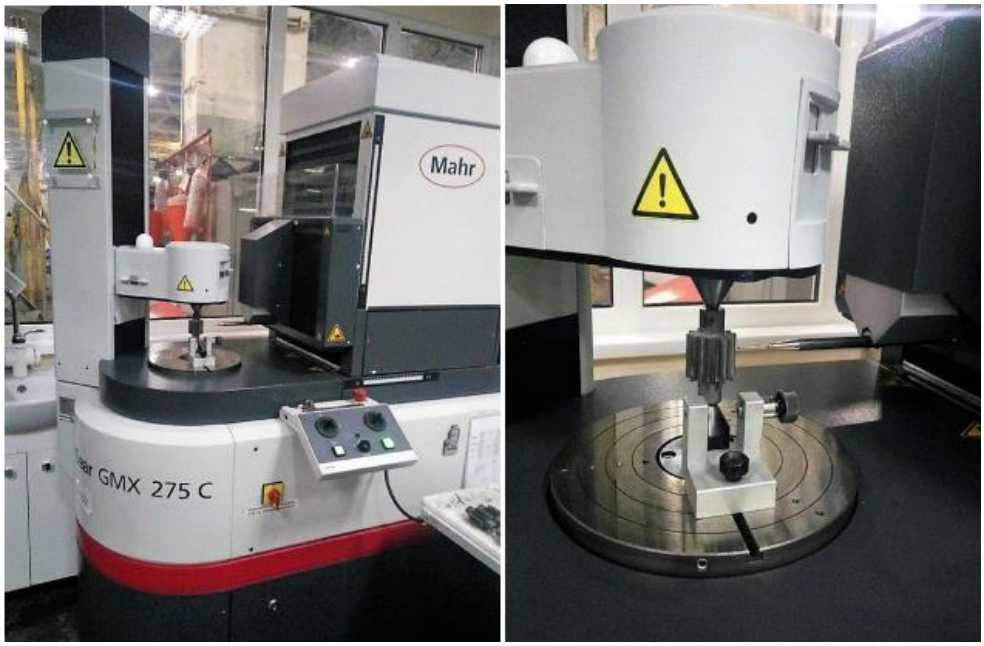


Рис.5. Загальний вигляд ЗМ фирми Mahr

Але, звичайно, головна особливість сучасних ЗМ – метрологічне програмне забезпечення. Фірми, що випускають ЗМ застосовують стандартні програми і багато додатків (модулів) для розрахунку геометричних параметрів та похибок різних зубчастих коліс. Стандартне програмне забезпечення ЗМ дозволяє вибрати стратегію вимірювань параметрів зубчастого колеса з існуючих або створити нову, управляє циклом вимірювання координат заданого масиву точок, що належать реальним поверхням контрольованої деталі. Програмне забезпечення містить програму математичної обробки результатів вимірювань, проведень процедур координатної метрології, процедуру і програму калібрування датчика торкання і вимірювального наконечника, програму математичного базування для визначення положення системи координат деталі щодо координат ЗМ і т.п. Також програмне забезпечення містить програму для налагодження ЗМ за першою деталлю вручну пультом керування. Це дозволяє вибрати оптимальний цикл вимірювання в автоматичному режимі і уникнути зіткнення наконечника з деталлю або частинами ЗМ [6].

За наявності додаткового програмного забезпечення можна реалізувати додаткові функції вимірювання циліндричних коліс, зокрема вимірювати колеса після операції зубофрезерування. Крім цього ЗМ дозволяють контролювати конічні та черв’ячні колеса, а також інструменти для зубонарізання - черв’ячні фрези, довб’яки та шевери. Працеємність процесу вимірювання зубчастого колеса на ЗМ становить приблизно 3…4 хв.

Висновки. Таким чином, найбільш оптимальним на сьогоднішній день рішенням, з точки зору автоматизації, гнучкості є перевірка зубчастих коліс і зуборізних інструментів на універсальних зубовимірювальних машинах, які мають можливість прямого виміру не тільки похибки профілю, напрямку, кроку і радіального биття, а й топографії поверхні зуба, а також форми і розташування поверхонь самої деталі. Як сучасний засіб вимірювання зубчатих коліс - зубовимірювальні машини замінюють усі вимірювальні прилади, є високої точності та інформативності, дозволяють виконати основні вимоги, які визначаються конструкцією і технологією виготовлення. Оскільки забезпечують вимірювання коліс різної модифікації, внаслідок зміни інструменту або технології обробки з мінімальними затратами часу.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Контрольно-измерительные приборы и инструменты / С. А.Зайцев, Д. Д. Грибанов, А. Н. Толстов, Р. В. Меркулов. – М: Академия, 2002. – 464 с.
2. Локтев Д.А. Современные методы контроля качества цилиндрических зубчатых колес / Д.А. Локтев // Оборудование и инструмент для профессионалов. Серия “Металлообработка”. – 2009. – № 4. – С. 6–11.
3. Марков Н.Н. Нормирование точности в машиностроении : учебник для машиностроительных спец. вузов / Н.Н. Марков, В.В. Осипов, М.Б. Шабалина; под ред. Ю.М. Соломенцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Высшая школа; Издательский центр «Академия», 2001. – 335 с.
4. Охріменко О.А. Визначення похибок обробки зубчастих коліс // Тези доповідей наук.-техн. конференції студентів і молодих вчених. “Машинобудівник – 2001”. - м. Київ. - 2001. - С.23.
5. Сурков И.В., Мягкова М.В. Современные средства контроля линейно-угловых параметров зубчатых колес / И.В. Сурков, М.В. Мягкова // Оборудование и инструмент для профессионалов. Серия “Металлообработка”. – 2007. – № 4. – С. 52–55.
6. Комплексный автоматизированный двухпрофильный контроль цилиндрических зубчатых колес [Електронний ресурс] : Науково-технічна стаття. – Електронні текстові данні. – Режим доступу: https://bstudy.net / 609072/tehnika/kompleksnyy_avtomatizirovannyy_ dvuhprofilnyy_kontrol_tsilindr icheskih_zubchatyh_koles, вільний. – (дата звернення: 02.10.2021).

УДК 621.9.08-52

В.Ю. Денисюк
Луцький національний технічний університет
E-mail: v.denysiuk@lntu.edu.ua

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ В СКАНУЮЧУЧІЙ СИЛОВІЙ МІКРОСКОПІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ЗОНДІВ

В даній роботі розглянуто методи створення, і апробації наноструктурованих зондів для підвищення просторової роздільної здатності і контрасту, розширення функціональних можливостей і достовірності методу скануючої силової мікроскопії. Наведено сучасні типи спеціалізованих зондів для скануючої силової мікроскопії. Розглянуті проблеми метрологічної забезпеченості лінійних вимірювань нанорозмірних об'єктів в скануючій силовій мікроскопії.

Ключові слова: сканер, скануючий зондовий мікроскоп, зонд, точність, сигнал, зображення, вимірювання.

V. Denysiuk. Metrological provision of measurements in scanning power microscopy using specialized probes. This paper considers methods for creating and testing nanostructured probes to increase the spatial resolution and contrast, expand the functionality and reliability of the scanning force microscopy method. Modern types of specialized probes for scanning force microscopy are given. Problems of metrological security of linear measurements of nanosized objects in scanning force microscopy are considered.

Key words: scanner, scanning probe microscope, probe, accuracy, signal, image, measurement.

В.Ю. Денисюк Метрологическое обеспечение измерений в сканирующей силовой микроскопии с использованием специализированных зондов. В данной работе рассмотрены методы создания и апробации наноструктурированных зондов для повышения пространственного разрешения и контраста, расширения функциональных возможностей и достоверности метода сканирующей силовой микроскопии. Представлены современные типы специализированных зондов для сканирующей силовой микроскопии. Рассмотрены проблемы метрологической обеспеченности линейных измерений наноразмерных объектов в сканирующей силовой микроскопии.

Ключевые слова: сканер, сканирующий зондовый микроскоп, зонд, точность, сигнал, изображение, измерение.

Постановка проблеми. Скануюча зондова мікроскопія (СЗМ) успішно застосовується як метод вивчення мікро- і нанорозмірних об'єктів як в наукових дослідженнях, так і у наноіндустрії.

В основі СЗМ методу лежить детектування різноманітних сигналів, що виникають в результаті прецизійної взаємодії надгострого твердотільного зонда з об'єктом дослідження. Залежно від природи взаємодії і виду детектованого сигналу розрізняють: скануючу тунельну мікроскопію (СТМ), скануючу силову мікроскопію (ССМ), скануючу ближньопольну оптичну мікроскопію (СБОМ), скануючу мікроскопію іонної провідності (СМІП), тощо. При цьому найбільшого поширення набув метод ССМ завдяки можливості проводити вимірювання практично в будь-яких середовищах і на будь-яких об'єктах. В основі ССМ лежить детектування локальної сили між зондом і зразком, при якому вплив на силову взаємодію можуть вносити пружні сили, що викликані механічною деформацією, силами Ван-дер-Ваальса, тертя, адгезії, капілярними і електромагнітними силами.

Скануюча силова мікроскопія є відносно новим методом нанодіагностування матеріалів, активно розвиваються в останні роки, тому в теперішній час завдання поліпшення однозначності, достовірності і відтворюваності одержуваних за допомогою ССМ даних є актуальними.

До числа основних проблем, що існують в області ССМ, можна віднести підвищення точності вимірювань у нанометровому діапазоні, розширення функціональних можливостей шляхом створення нових типів зондів, а також усунення різних артефактів, властивих даному методу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Правильний підбір параметрів зондів може здійснити вирішальну роль на якість зображень і функціональні можливості методу. Тому останнім часом є ряд робіт, присвячених створенню та апробації нових типів зондів, що дозволяють поліпшити результати діагностики і модифікації поверхні об'єктів різної природи методами СЗМ.

Різниця в одержуваних зображеннях стандартними і спеціалізованими зондами визначається наявністю цілого ряду факторів, починаючи з геометрії зондів та їх складу і закінчуючи впливом різних сил, що виникають в процесі взаємодії системи «зонд-зразок». Наприклад, відомий вплив гідрофільних і гідрофобних властивостей поверхні досліджуваних об'єктів і поверхні зондів в процесі сканування [6], особливо в повітряному середовищі при наявності вологи на зразку, а також вплив адгезійних сил на результати відображення зразків різної природи [7, 8].

Відомі роботи по формуванню та використанню зондів з нановіскерами для вирішення спеціальних завдань, таких як високоточна літографія поверхні або модифікація біологічних об'єктів [11], а також маніпулювання об'єктами зниженої розмірності на поверхні підкладки [12].

Мета роботи. Підвищення точності вимірювань в СЗМ, просторової роздільної здатності та контрасту, за рахунок вдосконалення датчиків переміщення і використання наноструктурованих зондів.

Викладення основного матеріалу.

Основною метою нанометрології лінійних величин можна вважати забезпечення наношкали у нанометровому і прилеглому до нього діапазонах. З цього можна виділити наступні завдання:

1. Реалізація єдності вимірювань геометричних параметрів досліджуваного нанооб'єкта, що базується на нанометрології лінійних вимірювань.

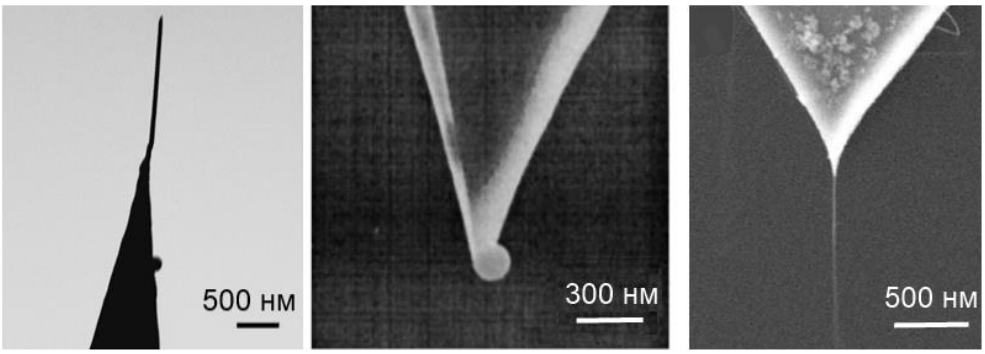
2. Забезпечення точного позиціонування зонда вимірювального пристрою в потрібне місце з еталонною точністю для вимірювання його властивостей (топології, сили взаємодії, електромагнітних сил тощо).

Скануюча зондова мікроскопія успішно застосовується як метрологічний метод для вивчення мікро- і нанорозмірних об'єктів. Проте, застосування СЗМ супроводжується рядом труднощів, пов'язаних з отриманням однозначних, достовірних і відтворюваних даних про об'єкт дослідження. До основних проблем, що вирішуються в області нанометрології лінійних відстаней в скануючій зондовій мікроскопії, можна наступні аспекти:

- підвищення точності вимірювань і розширення можливостей ССМ шляхом розвитку конструкції і матеріалів зондів;
- точне визначення і контроль параметрів зондових датчиків, в тому числі при їх взаємодії з поверхнею;
- недоліки систем сканування (шуми електроніки, нелінійність і гістерезис п'єзокераміки, кріп, зовнішні впливи тощо);
- наявність різних артефактів при формуванні зображень досліджуваних об'єктів.

Для вивчення складних об'єктів з тонкою топологією структури не так давно стали використовуватися зонди з нановіскерами (рис. 1, а), що пояснюється їх високою жорсткістю ~ (4 – 15) Н/м і резонансною частотою ~ 100 МГц, а також малим поперечним розміром ~ (10 – 100) нм [2, 3]. Проте, до недавнього часу зростання віскерів забезпечувалося шляхом молекулярно-пучкової епітаксії, в результаті чого формувався набір віскерів на вершині зондів і

відбувалася втрата стійкості зондів через багаторазові торкання віскерів до стінок об'єктів. Формування нановіскерів методом фокусованого електронного пучка дозволить підвищити стабільність завдяки зростанню одиночних віскерів з контролем їх геометрії і орієнтації.



а) б) в)

Рис. 1. Характерні скануючі електронно-мікроскопічні зображення різних типів спеціалізованих зондів для СЗМ: зонд з нанотрубкою (а) [10], зонд зі сферою (б) [9] і зонд з віскером (в) [4]

Використання зондів з колоїдними сферами [9] дозволяє знизити інвазивність при дослідженні м'яких біооб'єктів, але при цьому відбувається погіршення роздільної здатності через підвищення радіусу заокруглення вершини зонда (рис. 1, б).

Незважаючи на поширення зондів з нанотрубками [12] (рис. 1, а), нановіскерні структури (рис. 1, в) мають ряд переваг: дозволяють формувати структури складної форми, формуються відразу в місці опромінення структури пучком електронів, володіють відносною простотою і дешевизною у виробництві [4, 5].

Спеціалізовані зонди з нановіскерними структурами широко використовуються в таких методах скануючої зондової мікроскопії, як тунельна скануюча мікроскопія, атомно-силова мікроскопія і ближньопольна оптична мікроскопія. У всіх цих методах показано, що застосування зондів з нановіскерами дозволяє поліпшити якість зображень при вивченні об'єктів складної топологічної структури. Проте, дані структури ще мало вивчені і в основному створюються при використанні методу молекулярно-пучкової епітаксії, що нерідко призводить до частотних коливань і зашумлення зображення при дослідженні об'єктів з розвиненою топологією.

При забезпеченні контролю параметрів зондів широко використовуються методи чисельного моделювання згортки поверхні і зонда, використання спеціальних калібрувальних решіток, використання інших методів мікроскопії для контролю геометрії зондів, таких як скануюча електронна мікроскопія, методи оптичної мікроскопії тощо [5, 13].

Недоліки систем сканування вирішуються шляхом вдосконалення технічної частини параметрів мікроскопів при проведенні експериментів. Для вирішення даних аспектів широко застосовується забезпечення захисту експериментів від зовнішніх впливів, для чого використовуються системи з активною і пасивною віброізоляцією, вдосконалення і поліпшення параметрів п'єзокераміки в системі сканування, створення нових типів сканерів, калібрувальних і тестових структур тощо.

Артефакти ССМ зображень пов'язані з фізичними процесами особливостей взаємодії зонда і поверхні об'єкта, тому для вирішення даних питань застосовуються методи моделювання різних взаємодій зонда з поверхнею, що включають сили Ван-дер-Ваальса, електростатичні, магнітні, оптичні, акустичні взаємодії, непружний і пружний канали тунелювання електронів, вивчення капілярних сил взаємодій зонд-конденсат-зразок, особливості відображення м'яких об'єктів, об'єктів зі складною топологією структури тощо [13].

Розглянемо більш докладно можливі причини спотворення зображення і заходи попереднього налаштування (калібрування) обладнання для запобігання можливих артефактів зображення.

П’єзокераміка широко використовується в СЗМ в якості сканера завдяки високій точності переміщень, проте вона має ряд недоліків, таких як нелінійність, гістерезис і повзучість (кріп).

Нелінійність п’єзокераміки. Нелінійність п’єзокераміки полягає у нелінійній залежності деформацій п’єзокераміки Δl від прикладеної керуючої напруги U, що спотворює результат дослідження (рис. 2). Для усунення даного ефекту слід працювати в лінійному діапазоні п’єзокераміки або компенсувати нелінійність за допомогою засобів програмування [14, 15].

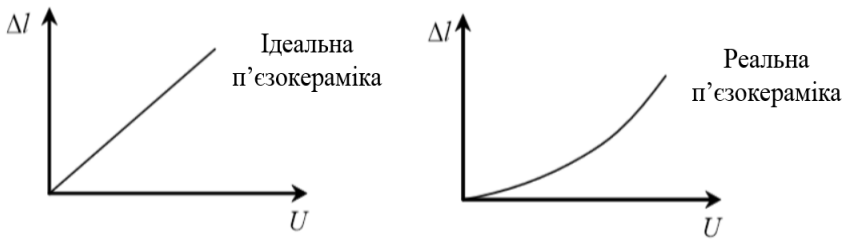


Рис. 2. Нелінійність переміщення п'єзосканера

Гістерезис і повзучість п'єзокераміки. Гістерезис п'єзокераміки являє собою неоднозначність залежності подовження сканера Δ*l* від напрямку зміни прикладеної керуючої напруги *U*. На рис. 3, а, представлений гістерезис п'єзокераміки, в результаті якого при одних і тих же напругах *U* подовження сканера варіюється в залежності від напрямку руху. Для усунення гістерезису необхідно працювати тільки на одній з кривих [19].

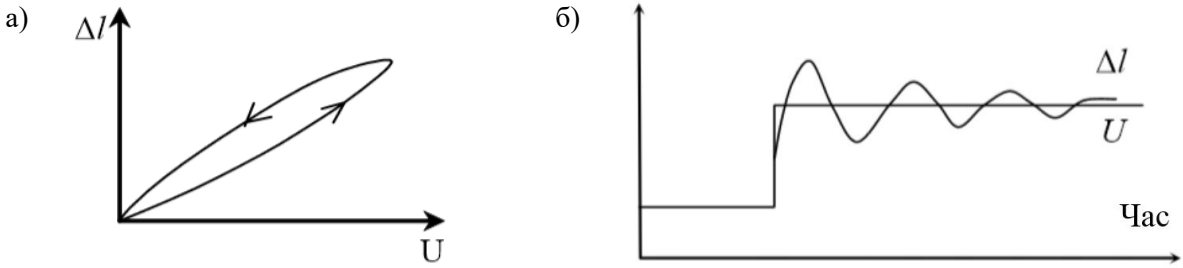


Рис. 3. Гістерезис (а) і повзучість (б) п'єзокераміки

Повзучість – запізнювання подовження п'єзокераміки Δ*l* на зміну величини керуючої напруги *U*, в результаті чого зображення починає зміщуватися (рис. 3, б). Часто кріп проявляється на початкових етапах сканування, для його усунення необхідно передчасно «прогріти» п'єзокераміку (швидке сканування для зняття залишкових потенціалів) або вводити тимчасові затримки для компенсації запізнювання [14, 15].

Вплив геометрії зондів і ефект згортки зображення. Представлене в СЗМ зображення поверхні завжди являє собою згортку геометрії зонда і зразка, тобто геометрія зонда як би накладається на топологію досліджуваного об'єкта. При дослідженні об'єктів зі складною топологією структури форма зондового датчика має вирішальне значення.

Так, на рис. 4 показана візуалізація області різких перепадів висот зондами з різним профілем. Чим гостріший зонд, тим більш достовірне зображення можна отримати на виході, тому для дослідження глибоких каналів або різких сходинок рекомендується використання високоаспектних зондів (рис. 4, в) [14, 16].

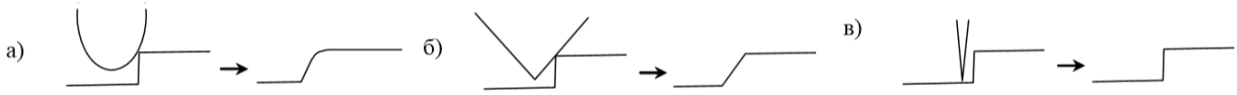


Рис. 4. Схема взаємодії зонда з поверхнею: з використанням тупого (а), пірамідального (б) і високоаспектного зондів (в)

Досягнення високого ступеня позиціонування зондового датчика відносно досліджуваної поверхні здійснюється за рахунок спеціальних типів сканерів, що дозволяють при прикладенні електричного сигналу виконувати трьохкоординатні переміщення порядку одиниць або часток нанометра. Широке застосування знайшли керамічні п'єзоелектричні матеріали (наприклад, цирконат титанату свинцю) на основі зворотного п'єзоефекту.

Широке поширення отримали трубчасті п'єзоелементи, які дозволяють досягати великих переміщень при невеликих керуючих напругах. При цьому на зовнішню і внутрішню області п'єзотрубки наносяться електроди, при прикладенні різниці потенціалів, між якими п'єзотрубка змінює свої розміри. Об'єднання декількох трубок в один вузол (рис. 5, а) дозволяє виконувати прецизійні зміщення зонда в площині XYZ (трипод).

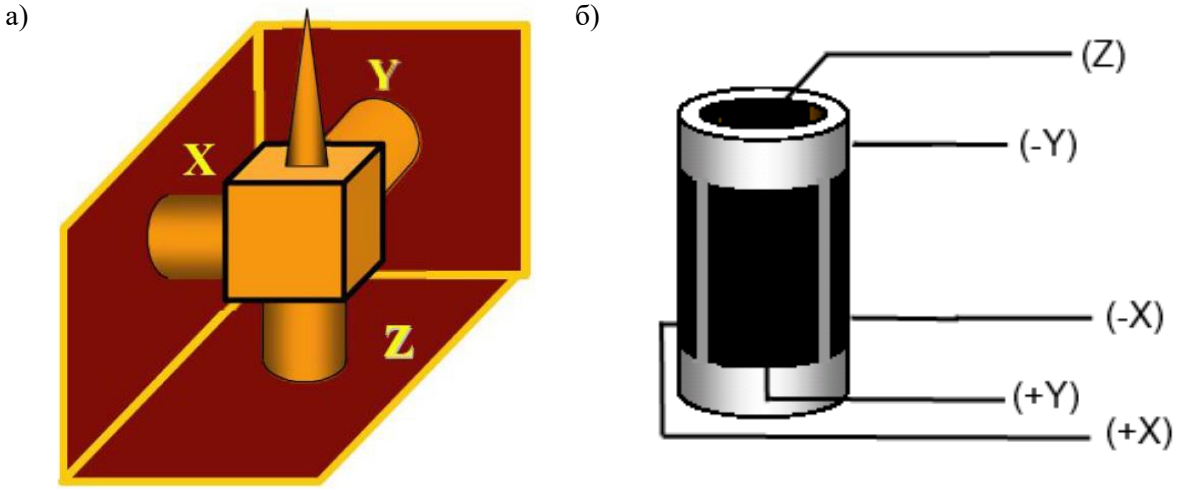
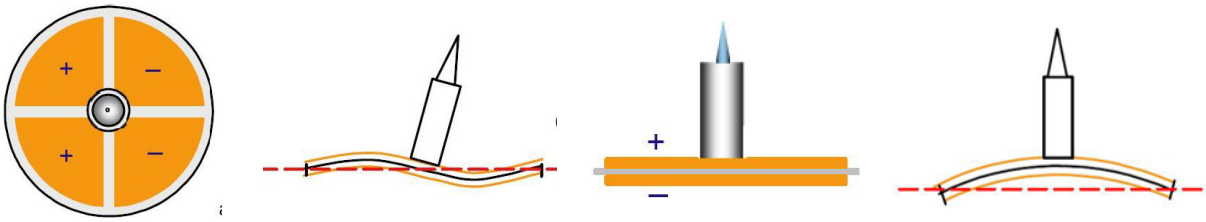


Рис. 5. Трьохкоординатний сканер типу трипод (а) і комбінований трубчастий п’єзосканер (б)

Недоліками триподу є складність виготовлення і асиметрія конструкції. На даний час все частіше використовуються сканери на основі одного трубчастого п’єзоелемента (рис. 5, б), розділеного на чотири секції. В результаті прикладання протифазних напруг на протилежні секції зовнішнього електрода виникає стиснення області та сканування в площині XY. Варіювання потенціалу внутрішнього електрода відносно секцій зовнішнього електрода призводить до витягування або скорочення трубки по осі Z.

Крім того, великого поширення набули сканери з біморфних п’єзоелементів. Біморф включає в себе дві склеєні пластини п’єзоелектрика з різноспрямованими векторами поляризації. При подачі напруги на обкладки біморфа одна з пластин буде розширюватися, а інша стискатися, що призведе до вигину елемента (рис. 6) [16].



а) б) в) г)

Рис. 6. Схематичне зображення розташування контактів (а, в) роботи біморфного п’єзосканера (б, г): вигин по XY (а, б) і зміна координати по Z (в, г)

Проте, п'єзокераміка володіє такими параметрами, як кріп і гістерезис. Дані властивості спотворюють реакцію на вхідний сигнал і ускладнюють процес вимірювань. Для усунення даних спотворень властиостей існує кілька шляхів:

1) Модифікація характеристик сканера, що різко збільшує його вартість.

2) Формування системи автоматичного регулювання переміщень сканера.

За першим напрямком всі дії зводяться до поліпшення характеристик п’єзокераміки [16, 17]. Використовуючи другий підхід, можливо отримати більш дешеву конструкцію СЗМ і поліпшити параметри вимірювань. Так, в роботі [18] розглядаються можливості застосування різних типів датчиків для точного позиціонування, які визначаються ємнісними, оптичними, індуктивними, вихрострумовими, ультразвуковими, магніторезистивними, потенціометричними, магнітострикційними принципами і ефектом Холла.

Перспективними для задач атомно-силової мікроскопії є датчики на основі ємнісних і оптичних ефектів. Ємнісний датчик зі змінним зазором дозволяє реєструвати відстань між пластинами, так як ємність конденсатора змінюється обернено пропорційно величині зазору зонд-зразок (рис. 7, а) [18].

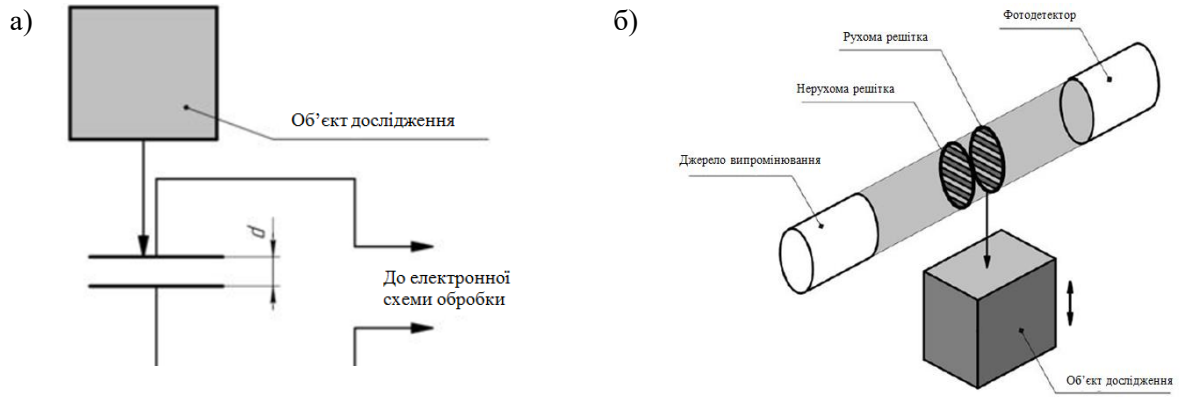


Рис. 7. Схематичне пояснення принципів роботи датчиків на основі ємнісних (а) і оптичних (б) ефектів

Оптичний датчик працює як далекомір, реєструючи розсіяне поверхнею зразка випромінювання і визначаючи кут відображення, що дозволяє визначити відстань до об'єкта. Є виконання, де застосовується подвійна решітчаста конструкція, джерело світла і фотодетектор (рис. 7, б). При цьому одна з решіток зафіксована, тоді як друга рухається і може бути закріплена з досліджуваним об'єктом, передаючи датчику пересування зразка [19].

Висновки. Скануючий зондовий мікроскоп являє собою складний технічний засіб вимірювання. У його конструкції присутні механічні, електронні, обчислювальні і програмні модулі, які визначають точність його роботи. Одним з найбільш проблемних вузлів конструкції СЗМ є п'єзокерамічний сканер, так як він має найбільшу кількість нелінійностей, тобто вносить велику кількість спотворень в досліджуваний профіль поверхні і зменшує достовірність одержуваної інформації. В результаті аналізу сучасних датчиків переміщень було вибрано ємнісний датчик переміщень із змінним зазором між обкладинками, завдяки високій точності і чутливості, простій і дешевій конструкції і мінімальними спотвореннями, що вносяться в роботу СЗМ.

Розширення функціональних можливостей методу скануючої силової мікроскопії можливе шляхом створення нових наноструктурованих зондів. Розглянуті артефакти, властиві цим методам і способи їх усунення. Отримані результати мають практичне значення, оскільки при правильно вибраних параметрах електронного обладнання саме зонди визначають точність і відтворюваність вимірювань механічних величин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Levichev V.V., Zhukov M.V., Mukhin I.S., Denisyuk A.I., Golubok A.O. On the operating stability of a scanning force microscope with a nanowhisker at the top of the probe // Technical Physics. 2013. Vol. 58. № 7. P. 1043–1047.

2. Kamins T.I., Williams R.S., Basile D.P., Hesjedal T., Harris J.S. Ti-catalyzed Si nanowires by chemical vapor deposition: Microscopy and growth mechanisms // J. Appl. Phys. 2001. Vol. 89 № 2. P. 1008–1016

3. Настовьяк А.Г., Неизвестный И.Г., Шварц Н.Л., Яновицкая З.Ш. Моделирование роста нановискеров методом Монте-Карло // ФТП. 2010. Т. 44. №. 1. С. 130–135.

4. Мухин И.С., Мухин М.С., Феклистов А.В., Голубок А.О. Специализированные СЗМ-зонды на основе каркасных вискерных структур // Научное приборостроение. 2011. Т. 21. № 3. С. 23–29.

5. Денисюк В.Ю., Симонюк В.П., Лапченко Ю.С., Шибковський І.А. Метрологічне забезпечення вимірювання механічних та трибологічних властивостей матеріалів на субмікронному і нанометровому діапазонах лінійних розмірів / "Перспективні технології та прилади". Збірник статей. Випуск 17. м. Луцьк, грудень 2020 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2020. – С. 33–41.

6. Bernard Haochih Liu, Cheng-Hsien Chen. Direct deformation study of AFM probe tips modified by hydrophobic alkylsilane self-assembled monolayers // Ultramicroscopy. 2011. Vol. 111. № 8. P. 1124–1130.

7. Xueling Feng, Bernard D. Kieviet, Jing Song, Peter M. Schon, G. Julius Vancso. Adhesion forces in AFM of redox responsive polymer grafts: Effects of tip hydrophilicity // Applied Surface Science. 2013. Vol. 292. P. 107–110.

8. Agnieszka Mierczynska-Vasilev, David A. Beattie. In situ atomic force microscopy of modified

dextrin adsorption on hydrophobic and hydrophilic layered silicate minerals // Journal of Colloid and Interface Science. 2010. Vol. 344. 429-437.

9. Няпшаев И.А., Анкудинов А.В., Стовпяга А.В., Трофимова Е.Ю., Еропкин М.Ю. Диагностика живых клеток в атомно-силовом микроскопе, используя субмикронный сферический зонд калиброванного радиуса кривизны // Журнал технической физики. 2012. Т.82. № 10. С. 109–116.

10. Hafner, Jason H., Chin Li Cheung, Adam T. Wooley, and Charles M. Lieber. Structural and functional imaging with carbon nanotube AFM probes // Progress in Biophysics & Molecular Biology. 2001. Vol. 77, № 1. P. 73–110.

11. J. D. Beard and S. N. Gordeev. Fabrication and buckling dynamics of nanoneedle AFM probes // Nanotechnology. 2011. Vol. 22. № 17. P. 175303 (8 pp).

12. Oscar Custance, Ruben Perez & Seizo Morita. Atomic force microscopy as a tool for atom manipulation // Nature Nanotechnology. 2009. Vol. 4. P. 803–810.

13. Todua P.A., Filippov M.N., Gavrilenko V.P., Novikov Yu.A., Rakov A.V. Measurement of linear sizes of relief elements in the nanometer range using an atomic force microscopy // Proceedings of SPIE. 2007. Vol. 6648. P. 66480S-1 –66480S-12.

14. СЗМ NanoEducator. Учебное пособие [электронный ресурс] / Артефакты в сканирующей зондовой микроскопии – Режим доступа: http://nano.donstu.ru/labrab/4A_S_P_M.pdf.

15. Раков А.В., Тодуа П.А. Измерение линейности сканирования в атомно-силовом микроскопе // Измерительная техника. 2008. № 6. С. 12–14.

16. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2004. – 144 с.

17. Михайлов М.А., Манойлов В.В. Обзор методов измерения малых перемещений в приложении системы автоматического регулирования сканеров СЗМ // Научное Приборостроение. 2013. Т. 23, № 2. С. 27–37.

18. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. М.: Техносфера, 2007. – 308 с.

19. Жуков М.В. Специализированные нанозонды для сканирующих зондовых микроскопов: технология создания, исследование, применение // Сборник работ аспирантов Университета ИТМО, победителей конкурса грантов правительства Санкт-Петербурга / Под. ред. В.О. Никифоров – СПб: Университет ИТМО, 2016. – С. 92–96.

УДК 629.114.2

[1]Є.І. Калінін, [2]А.І. Коробко, [3]В.Є. Шатіхіна
[1]Національний технічний університет «Харківський політехнічний інстиитут»
[2]Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільськогосподврського виробництва імені Леоніда Погорілого, Харківська філія
[3]Харківський національний автомобільно-дорожній університет

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ВТРАТИ АДЕКВАТНОСТІ ПРИ ФОРМУВАННІ МОДЕЛІ ВИПРОБУВАНЬ

Основною метою роботи є синтез кількісної оцінки втрат адекватності під час використання немодельного впливу в випробуваннях систем. В ході досліджень встановлено, що міра неадекватності опису системи при класичному модельному експерименті була б обчислена як математична міра віддалення векторів величин самої системи і її опису, тобто міра неадекватності опису є число. Використання міри, таким чином, вводить в множину допустимих впливів відношення переваги. При цьому, як можна простежити, враховуються динамічні властивості досліджуваної системи, характер модельного (нездійсненного) впливу, обмежене призначення математичної моделі і, нарешті, обмежені можливості випробувального устаткування. У загальному випадку пошук являє собою варіаційну задачу, в найпростішому випадку – дослідження функції на екстремум.

***Ключові слова**: динамічні випробування, система, вплив, варіаційна задача, пошук.*

E. Kalinin, A. Korobko, V. Shatihina. Quantitative measure of loss of adequacy during test model formation. The main purpose of the work is to synthesize a quantitative assessment of the loss of adequacy when using non-model influence in testing systems. In the course of the research, it was found

that the measure of the inadequacy of the description of the system in a classical model experiment would be calculated as a mathematical measure of the removal of the vectors of the values of the system itself and its description, that is, the measure of inadequacy of the description is a number. The use of the measure thus introduces an advantage relation into the set of permissible influences. In this case, as can be traced, the dynamic properties of the system under study, the nature of the model (unfeasible) impact, the limited purpose of the mathematical model and, finally, the limited capabilities of the test equipment are taken into account. In the general case, the search is a variation problem, in the simplest case - the study of a function for an extremum.

Keywords*: dynamic tests, system, influence, variational problem, search.*

Е.И. Калинин, А.И. Коробко, В.Е. Шатихина. Количественная оценка потери адекватности при формировании модели испытаний. Основной целью работы является синтез количественной оценки потерь адекватности при использовании немодельного влияния в испытаниях систем. В ходе исследований установлено, что мера неадекватности описания системы при классическом модельном эксперименте была бы вычислена как математическая мера удаления векторов величин самой системы и ее описания, то есть мера неадекватности описания является числом. Использование меры, таким образом, вводит в множество допустимых воздействий отношение преимущества. При этом, как можно проследить, учитываются динамические свойства исследуемой системы, характер модельного (невыполнимого) воздействия, ограниченное назначение математической модели и, наконец, ограниченные возможности испытательного оборудования. В общем случае поиск представляет собой вариационную задачу, в простейшем случае – исследование функции на экстремум.

Ключевые слова*: динамические испытания, система, влияние, вариационная задача, поиск*

Вступ. Відомо декілька методів раціоналізації експерименту. Основним методом є теорія подібності, що дозволяє вивчати явище в змінених масштабах, що в кінцевому підсумку здешевлює експеримент. Платою за вигоду буває втрата адекватності умов в експерименті відносно натури. Причина втрати адекватності криється в обмеженості апріорних математичних моделей, спираючись на які, застосовують теорію подібності.

Оцінка втрати адекватності при переході від натури до експерименту в даний час у величезній більшості випадків не проводиться, хоча повсюдно велика увага приділяється масштабам подібності, якими, власне, і займається класична теорія подібності. Такий стан може бути пояснено частково тим, що оцінка втрати адекватності виходить за рамки теорії подібності і відноситься до імітації.

Теорія імітації, на нашу думку, ще не оформилася у вигляді більш-менш самостійного розділу науки, проте роботи, зміст яких може бути витлумачено як спроби кількісно оцінити втрати адекватності при відхиленнях від вимог теорії подібності, з’являються як у вітчизняній, так і в закордонній науковій літературі. Потік таких робіт швидко зростає, особливо останні роки. Цей факт говорить про те, що повсюдно зростає потреба доводити немодельний експеримент як допустимий прийом досліджень, якщо проведена кількісна оцінка втрати адекватності.

Простий аналіз практики моделювання призводить до висновку про те, що завжди порушуються умови, які передбачені теорією подібності, і, таким чином, теорія подібності завжди виливається в практику імітації.

Відомі роботи, де обговорюються питання формування збурень для ідентифікації систем. Завдання ідентифікації ширше завдання випробувань, і тому в роботах з ідентифікації обговорюється і питання, що розглядається.

Серед таких робіт слід згадати [1], де розглянуто вибір вхідного сигналу для ідентифікації вектору параметрів, що лінійно входить в вагову функцію системи, або для уточнення за параметрами наближено відомої вагової функції. У даній роботі завдання розглянуте в статистичної постановці, і на вибір вхідного сигналу обмеження не накладаються.

В роботі [2] вхідні впливи на системи оцінюються за погрішностями ідентифікації при наявності перешкод. У цьому сенсі різні сигнали виявляються суттєво нерівноцінними, що дозволяє автору шукати оптимальну послідовність випробувальних впливів. Результати [2] виявляють можливість будувати оптимальну стратегію ідентифікації в умовах імітації. Однак в [2] не враховується зовсім натуральний вплив. що робить задачу ідентифікації надмірно широкою для випробувань в умовах імітації.

Серед інших робіт, де вивчається відмінність у вхідних випробувальних сигналах, можна вказати [3, 4, 5, 6].

Зупинимося на спробі кількісно оцінити втрату адекватності при використанні немодельного впливу в випробуваннях систем. Необхідність в такій оцінці особливо потрібна при широкому застосуванні випробувальних стендів, нездатних відтворити модельний вплив, але таких, що відтворюють вплив з деякого певного сімейства. Широко поширені, наприклад, гальмівні стенди для оцінки тягово-динамічних характеристик тракторів, де безліч стандартних впливів не включає в себе модельний вплив. В цьому випадку потрібно серед допустимих впливів вибрати такий (такі), яке забезпечить мінімальну (з можливих) втрату адекватності.

Метою статті є проба по-іншому формалізувати задачу вибору впливів і намітити шляхи її розв'язку. В основі наших побудов використовуються поняття функціонального моделювання. Нехай A_0 – апріорна математична модель випробуваної системи. Ця модель відома до експерименту і має вигляд оператора A_0, який зв'язує вектор x впливів і вектор реакції (траєкторії) y системи, тобто: $A_0(y)=x$ або $y = A_0^{-1}(x)$.

Результати дослідження. Метою будь-яких випробувань є експериментальне визначення ступеня (міри) неадекватності моделі A_0 і натуральної системи A.

Крім математичної моделі (1), введемо перелік розрахункових параметрів $\varphi_i(y), i=\overline{1,n}$. Нехай ці параметри цікавлять дослідника в першу чергу; вони розраховуються на базі математичної моделі A_0 і вони ж будуть спостерігатися в експерименті. Прикладами можуть служити максимуми показників елементів системи або інтеграли від них. З математичної точки зору φ_i є функціоналами, що визначені на траєкторіях системи.

За змістом введення функціоналів φ_i ясно, що міру неадекватності тих чи інших умов слід визначати, порівнюючи вектори $\varphi \equiv \{\varphi_1, \varphi_2, ..., \varphi_n\}$, що обчислені в цих умовах.

Нехай, далі U, є множиною допустимих (стендових) впливів і $u \in U$. Будемо вважати, що математична модель $u(t)$ стендового впливу досить точна. Натурний (або модельний) вплив задається досить точною математичною моделлю $v(t)$ (t – час). Однак, згідно з метою нашого завдання, $v(t) \notin U$, тобто подобу впливів в експерименті не може бути досягнуто. Необхідна імітація.

Ясно, що, якщо A_0 – є математична модель системи, то $y(A_0, v)$ – математична модель траєкторії системи при модельному впливі $v(t)$. При цьому, передбачені значення параметрів φ_i позначимо як $\varphi_i(y(A_0, v))$, а весь вектор φ як $\varphi(y(A_0, v))$. Для стислості запишемо цей вектор як $\varphi(A_0, v)$. Отже, $\varphi(A_0, v)$ є математичною моделлю вектору $\varphi(A, v)$, отриманого в експерименті з реальною системою A (або з її моделлю) і з модельним впливом $v(t)$.

Таким чином, міра неадекватності опису A_0 системи A при класичному модельному експерименті була б обчислена як математична міра ρ віддалення векторів $\varphi(A, v)$ і $\varphi(A_0, v)$, тобто міра неадекватності опису A_0 є число $\rho(\varphi(A, v), \varphi(A_0, v))$.

Часто вживаються, наприклад, міри:

$$\rho_1^2(\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}) = \sum_{i=1}^{i=n} (\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)})^2;$$

$$\rho_2(\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}) = \sum_{i=1}^{i=n} \left|\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)}\right|; \qquad (1)$$

$$\rho_3(\varphi^{(1)}, \varphi^{(2)}) = \max_i \{\left|\varphi_i^{(1)} - \varphi_i^{(2)}\right|\}.$$

При наших обмеженнях в експерименті можна спостерігати тільки вектори $\varphi(A, u)$ і $u \in U$. Природно, що порівнювати ці вектори для обчислення міри неадекватності можна тільки з векторами $\varphi(A_0, u)$.

Отже, математично задача найкращої імітації в даному випадку зводиться до найкращої апроксимації величини $\rho(\varphi(A, v), \varphi(A_0, v))$, що не спостерігається, величиною $\rho(\varphi(A, u), \varphi(A_0, u))$.

З «нерівності трикутника» для міри ρ в просторі векторів φ отримуємо оцінку

$$\left|\rho(\varphi(A, v), \varphi(A_0, v)) - \rho(\varphi(A, u), \varphi(A_0, u))\right| \le \rho(\varphi(A_0, v), \varphi(A_0, u) + \rho(\varphi(A, v), \varphi(A, u)). \qquad (2)$$

У правій частині (2) стоять міри неадекватності впливів $u(t)$ і $v(t)$, що обчислені за A_0 і за A відповідно. Припустимо, що, починаючи з деякого рівня близькості A_0 до A, обидва доданки у правій частині оцінки (2) мають властивість:

$$\begin{aligned}&[\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u_1))-\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u_2))]\times\\&\times[\rho(\varphi(A,v),\varphi(A,u_1))-\rho(\varphi(A,v),\varphi(A,u_2))]\geq 0\end{aligned}. \quad (3)$$

де $u_1,u_2\in U$.

В цьому випадку з (3) випливає, що оцінка (2) на множині U допустимих (стендових) впливів може бути поліпшена, якщо в якості $u(t)$ застосувати вплив $u^*(t)\in U$, що визначається за ознакою

$$\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u^*))\equiv\min_{u\in U}\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u)). \quad (4)$$

Визначення (4) найкращого випробувального впливу є коректним, якщо існує мінімум. Ясно, що для технічних цілей можна замість ознаки (4) застосовувати метод послідовних наближень, де $u^*(t)$ замінюється на $u_{i+1}(t)$, де $u_{i+1}(t)$ має лише властивість виду:

$$\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u_{i+1}))<\min_i\{\rho(\varphi(A_0,v),T(A_0,u_i))\}. \quad (5)$$

Використання міри ρ, таким чином, вводить в множину допустимих впливів $\underline{U}$ відношення переваги. При цьому, як можна простежити, враховуються динамічні властивості досліджуваної системи, характер модельного (нездійсненного) впливу, обмежене призначення математичної моделі (φ) і, нарешті, обмежені можливості випробувального устаткування.

У загальному випадку пошук $u^*(t)$ за залежністю (4) являє собою варіаційну задачу, в найпростішому випадку – дослідження функції на екстремум. Розглянемо найпростіший приклад.

Нехай система A і модельний вплив $v(t)$ задаються лівою і правою частинами рівняння

$$\dot{x}+kx=2pt,\ x(0)=0. \quad (6)$$

Тоді розв'язок $x(t)$ рівняння (6) відповідає траєкторії системи при ідеальних модельних випробуваннях. Нехай для простоти прикладу вектор-функціонал φ має тільки одну компоненту, наприклад, $\varphi(A,v)=\int_0^T x(t)dt,\ T>1$.

В якості математичної моделі системи A взято найпростіше рівняння $\dot{y}=u(t)$, $y(0)=0$, а можливості випробувального устаткування нехай обмежені тим, що вплив має вигляд «функції включення» $u(t)=\begin{cases}0, & t<0,\\ a, & t\geq 0.\end{cases}$.

Множина U задається обмеженнями виду:

$$B_1\leq a\leq B_2,\ B_1=pT,\ B_2=2pT. \quad (7)$$

Тому $\varphi(A_0,u)$ обчислюється на траєкторіях $y=at$, $B_1\leq a\leq B_2$. В умовах нашого елементарного прикладу легко виписуються в явному вигляді всі функціонали:

$$\varphi(A,v)=\frac{2p}{k^2}\left(\frac{kT^2}{2}-T+\frac{1-\exp(-kT)}{k}\right); \quad (8)$$

$$\varphi(A_0,u)=\frac{aT^2}{2}; \quad (9)$$

$$\varphi(A_0,v)=\frac{pT^3}{3}; \quad (10)$$

$$\varphi(A,u)=\frac{a}{k}\left(T-\frac{1-\exp(-kT)}{k}\right). \quad (11)$$

Нехай мірою неадекватності є міра ρ_1 (в нашому випадку $\rho_1=\rho_2=\rho_3$), тобто:

$$\rho(\varphi^1,\varphi^{(2)})\equiv\left|\varphi^{(1)}-\varphi^{(2)}\right|. \quad (12)$$

Для пошуку випробувального впливу u^* мінімізуємо міру (12) $\rho(\varphi(A_0,u),\varphi,(A_0,v))$ за a з обмеженнями (7). З (9) і (10) отримуємо:

$$\rho(\varphi(A_0,u),\varphi,(A_0,v))=T^2\left|\frac{a}{2}-\frac{p}{3}\right|,\ a^*=pT. \quad (13)$$

Таким чином, в рекомендованому експерименті буде спостерігатися функціонал

$$\varphi(A,u^*)=\frac{pT}{k}\left(1-\frac{1-\exp(-kT)}{k}\right), \tag{14}$$

в той час як передбачено буде значення:

$$\varphi(A_0,u^*)=\frac{pT^3}{2}. \tag{15}$$

Отже, при рекомендованій імітації міра неадекватності, що отримана експериментально, дорівнює числу

$$\rho(\varphi(A_0,u^*),\varphi(A,u^*))=pT\left|\frac{T^2}{2}-\frac{1}{k}\left(T-\frac{1-\exp(-kT)}{k}\right)\right|, \tag{16}$$

в той час, як справжня міра неадекватності моделі A_0 дорівнює

$$\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A,v))=p\left|\frac{T^3}{3}-\frac{2}{k^2}\left(\frac{kT^3}{2}-T+\frac{1-\exp(-kT)}{k}\right)\right|. \tag{17}$$

За некерованої імітації вимірюється міра невідповідності у вигляді:

$$\rho(\varphi(A_0,u),\varphi(A,u))=a\left|\frac{T^2}{2}-\frac{1}{k}\left(T-\frac{1-\exp(-kT)}{k}\right)\right|,\ B_1\le a\le B_2. \tag{18}$$

Покажемо, що за досить малих значеннях k, тобто при досить «хороших» математичних моделях у вигляді A_0, справедлива гіпотеза (3) і знайдений режим $u^*(t)$ забезпечує найкращу імітацію.

За $k\to 0$ для (16), (17) і (18) отримуємо оцінки:

$$\rho(\varphi(A_0,u^*),\varphi(A,u^*))=\frac{pT^4}{6}k+0(k^2), \tag{19}$$

$$\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A,v))=\frac{pT^4}{12}k+0(k^2), \tag{20}$$

$$\rho(\varphi(A_0,u),\varphi(A,u))=\frac{aT^3}{6}k+0(k^2),\ \ pT\le a\le 2pT. \tag{21}$$

Безпосередньо, з розгляду (19), (20) і (21) з точністю до величин $0(k^2)$ виходять нерівності виду:

$$\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A,v))<\rho(\varphi(A_0,u^*),\varphi(A,u^*))\le\rho(\varphi(A_0,u),\varphi(A,u)). \tag{22}$$

Результат (22) гарантований, в нашому прикладі, виконанням гіпотези (3). Дійсно, легко переконатися, що для всіх k

$$\frac{\ddot{a}}{\ddot{a}\grave{a}}\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u))=\begin{cases}\dfrac{T^2}{2}, & a>\dfrac{2}{3}p\\ -\dfrac{T^2}{2}, & a<\dfrac{2}{3}p\end{cases} \tag{23}$$

а за малих k

$$\frac{\ddot{a}}{\ddot{a}\grave{a}}\rho(\varphi(A,v),\varphi(A,u))=\begin{cases}\dfrac{T^2}{2}+0(k^2), & a>\dfrac{2}{3}pT+0(k^2)\\ -\dfrac{T^2}{2}+0(k^2), & a<\dfrac{2}{3}pT+0(k^2)\end{cases}. \tag{24}$$

У нашому прикладі $\grave{O}>1$, і тому з (23) і (24) випливає, що на всій множині U стендових впливів нерівність має вигляд

$$\frac{\ddot{a}}{\ddot{a}\grave{a}}\rho(\varphi(A_0,v),\varphi(A_0,u))\cdot\frac{\ddot{a}}{\ddot{a}\grave{a}}\rho(\varphi(A,v),\varphi(A,u))>0, \tag{25}$$

та виконується, починаючи з деякого значення k і при всіх менших його значеннях. Легко бачити, що (25) досить для виконання (3). Таким чином, в даному прикладі не знаючи точної математичної моделі системи першого порядку знайдено стендовий вплив, який є оптимальним в сенсі адекватності імітації.

Висновки: В ході досліджень встановлено, що міра неадекватності опису системи при класичному модельному експерименті була б обчислена як математична міра віддалення векторів величин самої системи і її опису, тобто міра неадекватності опису є число. Використання міри, таким чином, вводить в множину допустимих впливів відношення переваги. При цьому, як можна простежити, враховуються динамічні властивості досліджуваної системи, характер модельного (нездійсненного) впливу, обмежене призначення математичної моделі і, нарешті, обмежені можливості випробувального устаткування. У загальному випадку пошук являє собою варіаційну задачу, в найпростішому випадку – дослідження функції на екстремум.

Список використаних джерел

1. Купрюхин Д.Г. (2008) Анализ надежности (безотказности) отечественных и зарубежных тракторов. М. : ООО «Столичная типография, 96 с
2. Лихачев В.С. (1974) Испытания тракторов: Учеб. пособие для вузов. М. : Машиностроение, 288 с.
3. Калінін Є. І. (2016) Вплив обертання елементів трансмісії як пружної системи на власні коливання. Інженерія природокористування. 24-28
4. Хабардин В.Н. (2009) Определение эффективной мощности двигателя при испытании трактора в тяговом режиме движения с места. Вестник КрасГАУ. 12. 176-179
5. Лебедєв А.Т., Калінін Є.І., Шуляк М.Л., & Колєснік І.В. (2016) Аналітична модель повороту трактора з шарнірно-зчленованою рамою. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 173. 161-167.
6. Ovsyannikov S., Kalinin E., & Kolesnik I. (2018) Oscillation process of multi-support machine swhen driving overir regularities. Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. 307-317. doi: 10.1007/978-3-030-19756-8_28.

© Коробко А. І., к.т.н, доц, Шатіхіна В. Є., студентка

СЕКЦІЯ 8 МІКРО- ТА НАНОСИСТЕМНА ТЕХНІКА

УДК 621.9.048.6
Ю.С. Лапченко
Луцький національний технічний університет
E-mail: yuralap@gmail.com

ФІЗИЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА МЕТОДИКА ПОВІРКИ ПРОФІЛОМЕТРА МОДЕЛІ 170623

Якість обробленої поверхні деталей машин характеризується шорсткістю та хвилястістю поверхні, а також фізико-механічними властивостями поверхонь шару. Шорсткістю називається сукупність нерівностей з відносно малими кроками, що утворюють рельєф поверхонь і розглядаються на певній (базовій) довжині. Під хвилястістю поверхні розуміють сукупність періодично повторюваних висот і западин, що утворюють нерівності поверхні, в яких відстань між суміжними висотами або западинами значно більша, ніж у шорсткостей. Хвилястість поверхні викликається нерівномірністю процесу різання внаслідок коливань верстата, інструменту та деталі. Високій точності завжди відповідає мала шорсткість і хвилястість поверхні.
Ключові слова: шорсткість, хвилястість, профілометр, профілограма, профіль, повірка.

Y. Lapchenko. Physical transformations and profilometer model 170623 calibration. The quality of the treated surface of machine parts is characterized by surface roughness and wavyness, as well as physical and mechanical properties of the layer surfaces. Roughness is a set of irregularities with relatively small steps that form the relief of surfaces and are considered at a certain (base) length. Under the undulation of the surface means a set of periodically repeating heights and depressions, forming surface irregularities, in which the distance between adjacent heights or depressions is much greater than the roughness. The undulation of the surface is caused by the unevenness of the cutting process due to oscillations of the machine, tool and part. High accuracy is always met by low surface roughness and undulation.
Key words: roughness, undulation, profilometer, profilogramm, profile, calibration.

Ю.С. Лапченко. Физические преобразования и методика поверки профилометра модели 170623. Качество обработанной поверхности деталей машин характеризуется шероховатостью и волнистостью поверхности, а также физико-механическими свойствами поверхностей слоя. Шероховатостью называется совокупность неровностей с относительно малыми шагами, образующими рельеф поверхностей и рассматриваемые на определенной (базовой) длине. Под волнистостью поверхности понимают совокупность периодически повторяющихся высот и впадин, образующих неровности поверхности, в которых расстояние между смежными высотами или впадинами значительно больше, чем у шероховатостей. Волнистость поверхности вызывается неравномерностью процесса резки в результате колебаний станка, инструмента и детали. Высокой точности всегда соответствует малая шероховатость и волнистость поверхности.
Ключевые слова: шероховатость, волнистость, профилометр, профилограмма, профиль, поверка.

Постановка проблеми. Згідно з визначенням ГОСТ 2789-73 шорсткість поверхні - це сукупність нерівностей з відносно малими кроками, що утворюють рельєф поверхні. Шорсткість поверхні визначається по її профілю, який представляє собою ламану лінію перетину поверхні площиною, перпендикулярної напрямку нерівностей. Профіль розглядається на довжині базової лінії, в межах якої оцінюються параметри шорсткості поверхні. У рекомендаціях Міжнародного комітету з стандартизації ICO/P-468 «Шорсткість поверхні» прийняті дві системи відліку висот нерівностей: системи М і Е. В системі М відлік висоти нерівностей проводиться від середньої лінії профілю, а в системі Е - від обвідної лінії, що лежить поза контуру шорсткості поверхні.

В Україні при стандартизації шорсткості поверхні в основу прийнята система відліку М, в якій при визначенні параметрів профілю відлік висот нерівностей проводиться від середньої лінії профілю.

Середня лінія профілю - це базова лінія, що має форму номінального профілю і ділить реальний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відхилень профілю від цієї лінії

мінімальна.

Лінія, еквідистантна середній лінії і що проходить через найвищу точку профілю в межах базової довжини, називається лінією виступів профілю. Лінію, еквідистантну середньої лінії профілю і проходить через нижчу точку профілю в межах базової довжини, прийнято називати лінією западин профілю.

Для оцінки та нормування шорсткості поверхні відомо близько 30 параметрів. ГОСТ 2789-73 і ГОСТ 27964-88 регламентує шорсткість поверхні шістьма параметрами (рис. 1).

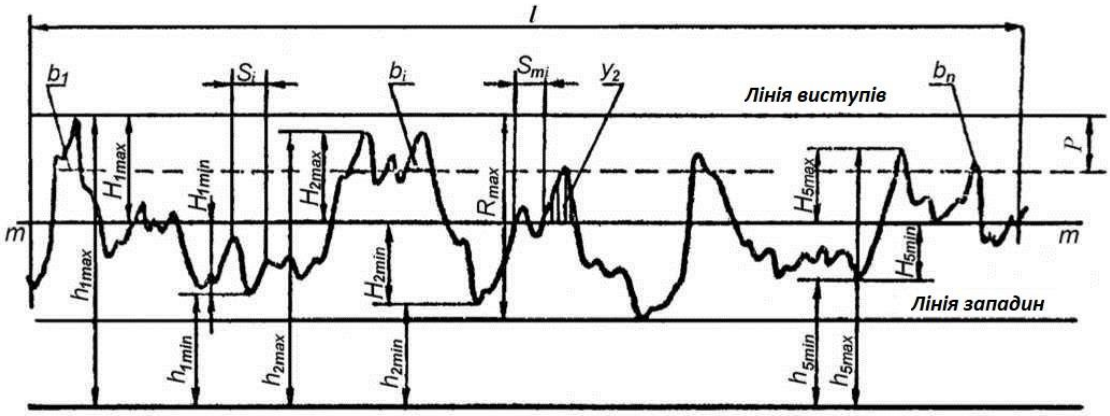


Рис. 1. Параметри шорсткості згідно ГОСТ 2789-73 та ГОСТ 27964-88

1. Середнє арифметичне відхилення профілю R_a - середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини

$$R_a = \frac{1}{l}\int_0^1 |y(x)|\,dx \approx \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i|,$$

де y_i - відстань між точкою реального профілю і середньою лінією профілю; n - число обраних точок на базовій довжині; l - базова довжина.

2. Висота нерівностей профілю по десяти точках Rz - сума середніх арифметичних (абсолютних) відхилень точок п'яти найбільших максимумів і п'яти найбільших мінімумів профілю в межах базової довжини

$$R_z = \frac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5}|y_{Pmi}| + \sum_{i=1}^{5}|y_{Vmi}|\right),$$

де y_{Pmi} - відхилення п'яти найбільших максимумів профілю; y_{Vmi} - відхилення п'яти найбільших мінімумів профілю.

3. Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} - відстань між лінією виступів профілю в межах базової точки (див. рис. 1).

4. Середній крок нерівностей S_m - середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини

$$S_m = \frac{1}{n_2}\sum_{i=1}^{n_2} S_{mi},$$

де S_{mi} - крок нерівностей профілю і-ї ділянки, тобто довжина відрізка середньої лінії профілю, що містить виступ профілю і сполучену з ним западину профілю; n_2 - число кроків в межах базової довжини.

5. Середній крок нерівностей по вершинах S - середнє арифметичне значення кроків місцевих виступів профілю (по вершинах) в межах базової довжини

$$S = \frac{1}{n_3}\sum_{i=1}^{n_3} S_i,$$

де S_i - крок місцевих виступів профілю, тобто довжина відрізка середньої лінії між проекціями на неї двох найвищих точок сусідніх виступів профілю; n_3 - число кроків нерівностей профілю по вершинах в межах базової довжини.

6. Відносна опорна довжина профілю t_p,%, де p - числове значення рівня перетину профілю, -

це відношення опорної довжини профілю l_p до базової довжині l

$$t_p = \frac{l_p}{l} \cdot 100\%,$$

де l_p - опорна довжина профілю, яка визначається сумою довжин відрізків, що відсікаються на заданому рівні p виступів профілю лінією, паралельної середньої лінії в межах базової довжини

$$l_p = \sum_{i=1}^{n_4} b_i,$$

де b_i - довжина відрізка, що відсікається на виступі профілю; n_4 - число відсікаються виступів профілю.

Рівнем перерізу профілю p називається відносне, у відсотках, відстань між лінією виступів профілю і лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів. Числові значення відносної опорної довжини профілю t_p вибирається з ряду: 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %, а числові значення рівня перетину профілю p з ряду: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % від R_{max}.

Крім перерахованих вище шести стандартних параметрів (R_a, R_z, R_{max}, S_m, S, t_p) допускається використання додаткових параметрів, до числа яких можна віднести середньоквадратичне відхилення профілю R_q (часто вказується в зарубіжних стандартних за системою обчислення E), кут нахилу бічних поверхонь профілю $\beta_{пр}$, радіус округлення западин $r_д$, радіус скруглення виступів r_1 та інші.

Між висотними параметрами R_a, R_z, R_{max} встановлені наступні кореляційні залежності:

для лезвійної обробки $R_z=5R_a$; $R_{max}=6R_a$;

для шліфування $R_z=5{,}5R_a$; $R_{max}=7R_a$;

для полірування й притирання $R_z=4R_a$; $R_{max}=5R_a$.

При цьому середньоквадратичне відхилення профілю R_q і параметр середньоарифметичного відхилення R_a пов'язані між собою залежністю

$$R_a \approx 0{,}8R_q.$$

Виконання вимірювання на профілографі. Вертикальне і горизонтальне збільшення профілограм. Зовнішній вигляд профілограм мікрорельєфу поверхні показаний на рис. 2. Профілограми, відповідно до моделі профілографа, записується на спеціальній діаграмній стрічці електрографічним (пропалюванням) методом. Зокрема, для профілографів мод. 201, 240 та ін заводу «Калібр», застосовуються діаграмні стрічки з прямокутною сіткою з ціною поділки (сторона квадратика) 2 мм. Вертикальне і горизонтальне збільшення запису на профілограмі встановлюється на приладі і відмічається оператором вручну при знятті профілограми. Зазвичай горизонтальну ділянку профілограми (довжину) приймають рівною не менше трьох базових довжинах профілю, тобто $L \geq 3l_6 v_r$.

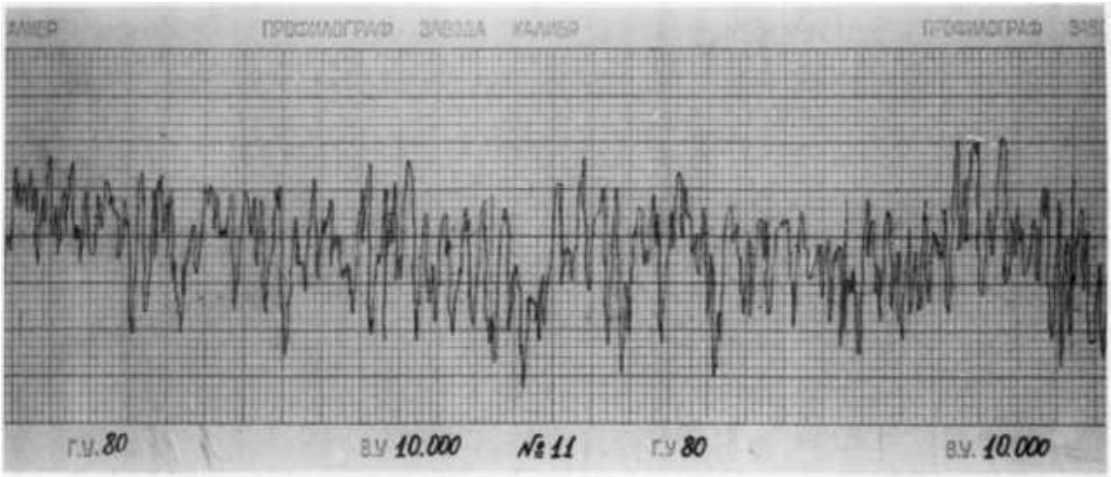


Рис. 2. Зразок профілограми

Вимірювання ординат точок профілю. Ординати профілограми вимірюють у прямокутній системі ординат, вісь абсцис якої розташовується на поверхні стрічки із записом профілограми в напрямку переміщення стрічки.

Вимірювання можна виконувати, наприклад, за допомогою діаграмної сітки, лінійки,

циркуля, універсального вимірювального мікроскопа, автоматизованих зчитувальних пристроїв тощо.

Справжні значення величин параметрів R_a, R_z, R_{max} в перекладі зі значень виміряних відрізків H_i будуть визначатися таким чином

$$R_a, R_z, R_{\max} = \frac{H_i}{V_в} \cdot 10^3 \text{, мкм}$$

де $\boldsymbol{V_в}$ - вертикальне збільшення запису мікрорельєфу.

Проведення середній лінії. Для вимірювання параметрів шорсткості при ручній обробці профілограм допускається наближене визначення напрямку середньої лінії. При цьому похибка кута нахилу середній лінії не перевищує 2° при довжині профілограми 250...300 мм. Для номінально прямолінійного профілю на профілограмі на ділянці, що визначається базовою довжиною, допускається візуальне проведення середній лінії паралельно до загального напрямку профілю так, щоб площі по обидва боки від цієї лінії до профілограми були приблизно рівні між собою.

Наближене положення середньої лінії можна знайти за методом середніх. Для цього визначають координати двох точок (x_{a1}, h_{a1}) і (x_{a2}, h_{a2}) (рис. 3) за формулами:

$$h_{a1} = \frac{2}{N}\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} h_i; \quad x_{a1} = \frac{1}{4}N\Delta x; \quad h_{a2} = \frac{2}{N}\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^{N} h_i; \quad x_{a2} = \frac{3}{4}N\Delta x.$$

Через знайдені точки проводять середню лінію.

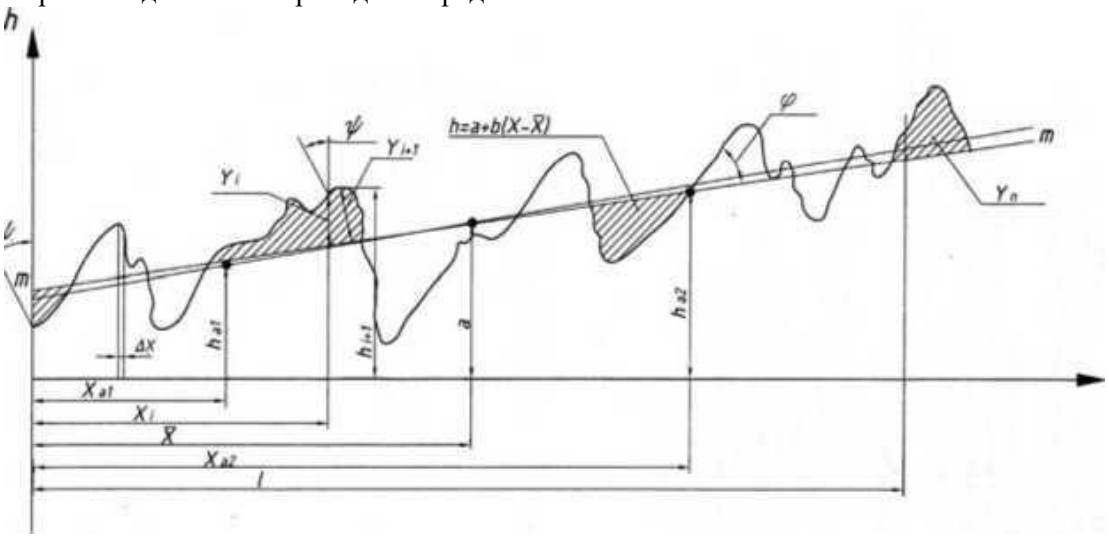


Рис. 3. Знаходження середньої лінії профілю за методом середніх

Значення Δx (крок дискретизації) і N (число ординат) вибирають за наступною методикою.

За графіком, наведеному на рис. 4, або табл. 1 для відомих λ_1 і x_K визначають крок дискретизації Δx.

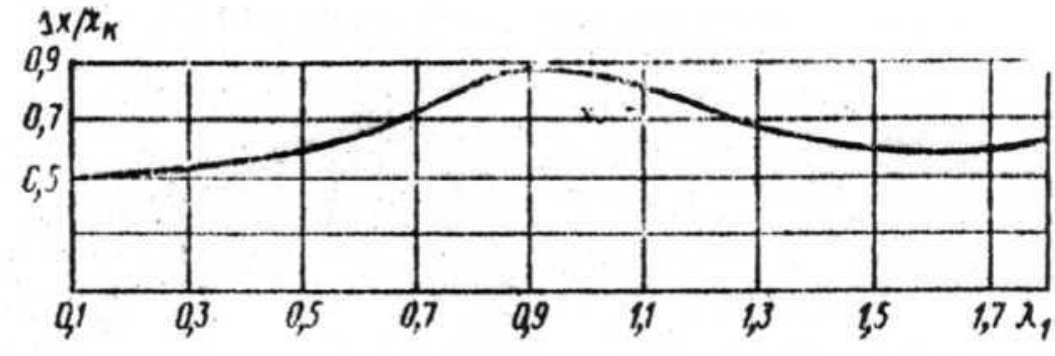


Рис. 4. Графік залежності кроку дискретизації від коефіцієнта λ_1

Таблиця 1

Значення кроків дискретизації для різних значень λ_1

λ_1	0,10	0,30	0,60	0,85	1,20	1,60	1,80
$\Delta x/x_к$	0,50	0,53	0,63	0,85	0,73	0,57	0,60

Значення N визначають за формулою

$$N = \frac{l v_r}{\Delta x},$$

де l – числове значення заданої базової довжини.

Вимірювання відхилення профілю. Відхилення профілю від середньої лінії вимірюють на профілографі вздовж прямої, яка проходить через дану точку профілю під кутом

$$\psi = arctg\left(\frac{v_r}{v_B} tg\alpha_1\right),$$

до осі ординат, в системі координат, в якій вимірювались ординати профілю. В більшості випадків даний кут можна вважати рівним 0^0 та підрахунок відхилень виконувати вздовж осі ординат.

Визначення параметрів R_a, R_z, R_{max}, S_m, S, t_p за допомогою контактних профілографів. Для знаходження значення параметра R_a при дискретному способі обробки профілограм, крок дискретизації вибирають відповідним. На ділянці профілограми, визначеній базовою довжиною, проводять середню лінію профілю одним з описаних вище способів.

У точках відповідних кроці дискретизації, вимірюють або обчислюють відхилення профілю y_1 в мм (рис. 3) відповідним або приймають його рівним нулю.

Значення параметра R_a знаходять за формулою

$$R_a = \frac{1}{v_в N}\sum_{i=1}^{N}|y_i|\cdot 10^3 \text{, мкм,}$$

де y_i - виміряні відхилення профілю в дискретних точках, мм; N - число вимірюваних відхилень профілю.

При наближеному визначенні напрямку середньої лінії складова похибки вимірювання параметра R_a, викликана похибкою кута нахилу середньої лінії ~ 2º, становить 3 % величини параметра. Для знаходження значення параметра R_z на ділянці профілограми, визначеному базовою довжиною, проводять середню лінію профілю. Від неї вимірюються відхилення п'яти найбільших максимумів профілю H_{imax} і відхилення п'яти найбільших мінімумів профілю H_{imin} в мм. Значення параметра R_z знаходять за формулою

$$R_z = \frac{1}{5v_в}\left(\sum_{i=1}^{5}|H_{i\max}| + \sum_{i=1}^{5}H_{i\min}\right)\cdot 10^3 \text{, мкм.}$$

Для знаходженні значення параметра R_z при номінально прямолінійному профілі, проводить базову лінію, паралельно загальному напрямку профілограми і не перетинаючу профіль на ділянці, визначену базовою довжиною. Вимірюють відстані від п'яти найбільших максимумів профілю до базової лінії h_{imax} і відстані від п'яти найбільших мінімумів профілю до базової лінії h_{imin} в мм. Значення параметра R_z знаходять за формулою

$$R_z = \frac{1}{5v_в}\left(\sum_{i=1}^{5}|h_{i\max}| + \sum_{i=1}^{5}h_{i\min}\right)\cdot 10^3 \text{, мкм.}$$

Для знаходження значення параметра R_{max} на ділянці профілограми, визначеній базовою довжиною, проводять середню лінію профілю. Через найвищу та найнижчу точки профілю проводять лінію виступів профілю і лінію западин профілю. Параметр R_{max} визначають як відстань між лінією виступів і лінією западин з урахуванням вертикального збільшення. Для знаходження значення параметра t_p на ділянці профілограми, визначеній базовою довжиною, проводять середню лінію і лінію виступів профілю.

На заданому рівні p, яка відраховується від лінії виступів, проводять лінію, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю. Вимірюють відрізки b_i в мм, що відсікаються на рівні p в матеріалі виступів вимірюваного профілю лінією, еквідистантно лінії виступів. Значення параметра t_p знаходять за формулою

$$t_p = \frac{1}{v_r l}\sum_{i=1}^{n} b_i \text{ , мм,}$$

де n - число відрізків b_i.

Значення параметра S_m знаходять наступними способами:

а) на ділянці профілограми, визначеній базовою довжиною, проводять середню лінію профілю.

Вимірюють кроки нерівностей профілю S_{mi} в мм. Значення параметра S_m знаходять за формулою

$$S_m = \frac{1}{v_r n}\sum_{i=1}^{n} S_{mi} \text{ , мм,}$$

де n - число кроків нерівностей профілю; υ_r - горизонтальне збільшення профілографа;

б) на ділянці профілограми, визначеній базовою довжиною, проводять середню лінію профілю.

Вважають число перетинів профілю з середньою лінією. Вимірюють довжину відрізка середньої лінії l_o, обмежену першим і останнім непарних перетином профілю з середньою лінією ($l_o \leq l\upsilon_в$). Значення параметра S_m знаходять за формулою

$$S_m = \frac{2l_0}{v_r(k-1)} \text{, мм,}$$

де k - кількість перетинів профілю з середньою лінією на довжині l_o.

Значення параметра S знаходять наступними способами:

а) на ділянці профілограми, визначеній базовою довжиною, проводять середню лінію.

Вимірюють кроки нерівностей профілю по вершинах S_i в мм. Значення параметра S знаходять за формулою

$$S = \frac{1}{v_r n}\sum_{i=1}^{n} S_i \text{ , мм,}$$

де n - число кроків нерівностей профілю по вершинах;

б) вважають число максимумів профілю на довжині l_o, що лежить між першим і останнім максимумом.

Значення параметра S знаходять за формулою

$$S = \frac{l_0}{v_r(M-1)} \text{, мм,}$$

де M - число максимумів профілю на довжині l_o.

Середнє значення параметра шорсткості p для всієї поверхні визначають за формулою

$$\overline{P} = \frac{1}{q}\sum_{j=1}^{q} P_j \text{ ,}$$

де P_j - значення одного з параметрів (R_a, R_z, R_{max}, S_m, S, t_p), що визначається на кожній базовій довжині; q - число базових довжин, використовуваних для визначення середнього значення параметра шорсткості поверхні.

Методика повірки. Міжповірочний інтервал становить 2 роки.

1. Умови повірки та підготовка до неї:

1.1. При проведенні повірки повинні дотримуватися умови, зазначені вище, при температурі навколишнього середовища (20±4)° С.

1.2. Перед проведенням повірки прилад повинен бути витриманий в приміщенні, де буде проводитися повірка, не менше 24 годин.

1.3. Перед повіркою перевірити налаштування приладу і провести коригування показів профілометра по установочному зразку, що додається до приладу.

2. Проведення повірки:

2.1. При зовнішньому огляді повинна бути встановлено відповідність профілометра наступним вимогам:

- На зовнішніх поверхнях не повинно бути дефектів, що впливають на експлуатаційні якості профілометра;

- Комплектність профілометра повинна відповідати паспорту, маркування номерів на давачах,

електронному блоці, приводі, стійці, настановчому зразку повинна відповідати вимогам паспорта.

2.2. При випробуванні повинно бути перевірено функціонування і можливість налаштування профілометра згідно з паспортом.

2.3. Основна похибка за параметрами R_a і S_m визначається шляхом вимірювання зразкових мір, атестованих за відповідними параметрами. Рекомендується використовувати зразки з дійсними значеннями параметрів R_a і S_m, близькими до середніх значень піддіапазонів вимірювань. Для кожного зразка виконується 10 вимірювань.

Похибка Δ визначається за формулою $\Delta = И - И_{обр}$ (тут И - результат вимірювання, $И_{обр}$ - дійсне значення відповідного параметра зразка).

2.4. Основна похибка по параметру R_z визначається шляхом порівняння результатів вимірювання параметрів R_z і R_a контрольного профілю синусоїдальної форми. Формування цього профілю проводиться за допомогою генератора механічних коливань - вібратора (типу ПВ-2 конструкції заводу «Калібр»). Вібратор генерує контрольний профіль у вигляді синусоїдального сигналу з фіксованою частотою, що лежить в межах 4-8 Гц та фіксованого амплітудою в межах 0,4-0,5 мкм. Датчик профілометра встановлюють на вібратор так, щоб його опора знаходилася на нерухомій основі, а голка на рухомому майданчику, при цьому опора не повинна торкатися рухомого майданчика. Привід від'єднують від електронного блоку. Потім включають вібратор і виконують по вісім вимірювань параметра R_z і R_a. Похибка Δ визначається за формулою $\Delta = R_z - 3{,}14R_a$, (тут R_z і R_a - середні значення відповідних параметрів).

Отримані значення похибок не повинні перевищувати допустимих значень, розрахованих за формулами для R_a, S_m і R_z.

Похибки за параметрами R_a, S_m і R_z характеризують як точність вимірювання параметрів, пов'язаних з висотними властивостями нерівностей, так і точність вимірювання параметрів, пов'язаних з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю.

За умови, що похибки за параметрами R_a, S_m і R_z не перевищують допустимих значень похибки за іншими параметрами не перевіряються.

2.5. Перевірка радіусу кривизни щупа проводиться за методом, наведеним в ГОСТ 18961-80 "Голки алмазні до приладів для вимірювання шорсткості поверхні". Допускається перевіряти радіус кривизни вершини щупа за допомогою біологічного мікроскопа типу МБИ-6. Допускається при випуску профілометра з виробництва не проводити перевірку голок або проводити їх вибіркову перевірку за наявності документа підприємства-виробника голок, що підтверджує відповідність їх вимогам ГОСТ 18961-80.

3. Оформлення результатів повірки:

3.1. Позитивні результати повірки оформлюються відміткою у свідоцтві про приймання.

3.2. Профілометри, що не відповідають технічним вимогам, до випуску і застосування не допускаються, про що робиться запис у паспорті.

Висновки. На основі фізичних перетворень, які відбуваються в профілометрі моделі 170623, розроблено методику повірки даного приладу. Дана методика може бути використана при стандартизації шорсткості поверхні за системою відліку М, в якій при визначенні параметрів профілю відлік висот нерівностей проводиться від середньої лінії профілю.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хватов Б.Н. Выполнение измерений параметров шероховатости поверхности по ГОСТ 2789–73 при помощи приборов профильного метода. - Тамбов: Радиотехника, 2006. - 24 с.

2. В.С. Коротков, А.И. Афонасов. Метрология, стандартизация и сертификация. - Томск.: Транспорт, 2012. - 196 с.

3. Паспорт на профілометр моделі 170623.