

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



*Одеська державна академія
технічного регулювання та якості*

ISSN 2412 – 5288 (Print)

ISSN 2414 – 9780 (Online)

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ

1(16) 2020

ОДЕСА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ
Випуск 1(16) 2020

Заснований у 2012 р.

Засновник: Одеська державна академія технічного регулювання та якості

65020, м. Одеса, вул. Ковальська (Кузнечна), 15

Телефон: (048)726-68-92, факс: (048)726-76-95

E-mail: odatry@gmail.com

Сайти: www.kachestvo.od.ua (<https://osatrq.edu.ua>), odatrya.org.ua.

Редакційна колегія

Голова редакційної колегії

Коломієць Леонід Володимирович (д.т.н., професор)

Заступник голови редакційної колегії

Братченко Геннадій Дмитрович (д.т.н., професор)

Аніскін Олексій (к.т.н., доцент, Республіка Хорватія)

Боряк Костянтин Федорович (д.т.н., доцент)

Ваганов Олександр Іванович (д.т.н., професор)

Величко Олег Миколайович (д.т.н., професор)

Волков Сергій Леонідович (к.т.н., доцент)

Гасанов Юсиф Надир огли (д.т.н., професор, Азербайджанська Республіка)

Гордієнко Тетяна Богданівна (д.т.н., професор)

Грабовський Олег Вікторович (к.т.н., доцент)

Діденко Віктор Дмитрович (д.ф.-м.н., професор)

Зборовська Ірина Адамівна (к.т.н., доцент)

Квасніков Володимир Павлович (д.т.н., професор)

Корсун Валерій Іванович (д.т.н., професор)

Кучерук Володимир Юрійович (д.т.н., професор)

Лещенко Олег Іванович (к.т.н., доцент)

Мілковіч Марін (к.т.н., професор, Республіка Хорватія)

Мілованов Валерій Іванович (д.т.н., професор)

Меленчук Тетяна Михайлівна (д.т.н., доцент)

Новіков Володимир Миколайович (д.ф.-м.н., професор)

Салсеану Александру (д.т.н., професор, Румунія)

Семенова Алла Василівна (д.пед.н., професор)

Скачков Валерій Вікторович (д.т.н., професор)

Солдо Божо (д.т.н., професор, Республіка Хорватія)

Чундева-Блаєр Марія (д.т.н., професор, Республіка Північна Македонія)

Янковський Олег Георгійович (к.т.н., доцент)

Відповідальний секретар Братченко Геннадій Дмитрович

Внесений наказами Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 № 886 та від 24.09.2020 № 1188 до Переліку наукових фахових видань України (Категорія «Б»), галузь – технічні науки, спеціальності – 275, 151, 152.

Затверджений до друку і розповсюдження через мережу Інтернет Вченою Радою Одеської державної академії технічного регулювання та якості (протокол № 9 від 24.09.2020 р.).

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 18770-7570Р від 30.01.2012 р.

© Одеська державна академія технічного регулювання та якості

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

ZBÌRNIK NAUKOVIIH PRAC' ODES'KOÏ DERŽAVNOÏ AKADEMII
TEHNIČNOGO REGULŪVANNÂ TA ÂKOSTI (COLLECTION OF SCIENTIFIC
WORKS OF THE ODESA STATE ACADEMY OF TECHNICAL REGULATION
AND QUALITY)
Issue 1(16) 2020

Established in 2012

Founder is Odesa state academy of technical regulation and quality

15 Kovalska street, Odesa, 65020, Ukraine

Phone: (048) 726-68-92, fax: (048) 726-76-95

E-mail: odatry@gmail.com

Websites: www.kachestvo.od.ua (<https://osatrq.edu.ua>), odatrya.org.ua.

Editorial board

Editor-in-Chief

Kolomiets Leonid (DSc, Professor, Ukraine)

Deputy Editor

Bratchenko Hennadii (DSc, Professor, Ukraine)

Aniskin Aleksej (PhD, Associate Professor, Republic of Croatia)

Boriak Kostiantyn (DSc, Associate Professor, Ukraine)

Vahanov Oleksandr (DSc, Professor, Ukraine)

Velychko Oleh (DSc, Professor, Ukraine)

Volkov Serhii (PhD, Associate Professor, Ukraine)

Hasanov Yusif Nadir Ogly (DSc, Professor, Azerbaijan Republic)

Gordiyenko Tetyana (DSc, Professor, Ukraine)

Hrabovskyi Oleh (PhD, Associate Professor, Ukraine)

Didenko Viktor (DSc, Professor, Ukraine)

Zborovska Iryna (PhD, Associate Professor, Ukraine)

Kvasnikov Volodymyr (DSc, Professor, Ukraine)

Korsun Valerii (DSc, Professor, Ukraine)

Kucheruk Volodymyr (DSc, Professor, Ukraine)

Leshchenko Oleh (PhD, Associate Professor, Ukraine)

Milković Marin (PhD, Professor, Republic of Croatia)

Milovanov Valerii (DSc, Professor, Ukraine)

Melenchuk Tetiana (DSc, Associate Professor, Ukraine)

Novikov Volodymyr (DSc, Professor, Ukraine)

Salceanu Alexandru (DSc, Professor, Romania)

Semenova Alla (DSc, Professor, Ukraine)

Skachkov Valerii (DSc, Professor, Ukraine)

Soldo Božo (DSc, Professor, Republic of Croatia)

Cundeva-Blajer Marija (DSc, Professor, Republic of North Macedonia)

Yankovskyi Oleh (PhD, Associate Professor, Ukraine)

Secretary Bratchenko Hennadii

Included by orders of the Ministry of Education and Science of Ukraine from 02.07.2020 No. 886 and from 24.09.2020 No. 1188 to the List of scientific professional publications of Ukraine (Category "B"), branch – technical sciences, specialties – 275, 151, 152.

Approved for printing and distribution through the Internet by the Academic Council of the Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality (protocol No. 9 dated September 24, 2020).

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 18770-7570Р від 30.01.2012 р.

© Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality

ЗМІСТ

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості	5
С. Л. Волков, д.т.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Кисельова, к.пед.н., А. М. Прокопенко ОРГАНІЗАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ДИЗАЙН ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	6
Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення	14
О. М. Величко, д.т.н., Т. Б. Гордієнко, д.т.н. АЛЬТЕРНАТИВНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛЮЧОВИХ ЗВІРЕНЬ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕТАЛОНІВ	15
К. Ф. Боряк, д.т.н., О. М. Лимаренко, к.т.н., Н. О. Перетяка ОСОБЛИВОСТІ ВИПРОБУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ АВТОРЕГУЛЯТОРІВ ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ.....	20
К. Ф. Боряк, д.т.н., М. О. Манзарук ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА.....	28
Інформаційно-вимірювальні системи і технології	35
О. М. Velychko, DSc, V. V. Gaman, O. V. Hrabovskii, PhD, T. B. Gordiyenko, DSc FEATURES OF TESTING OF THE BUILT-IN SOFTWARE OF MEASURING INSTRUMENTS	36
Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Д. Асабашвілі, А. М. Прокопенко МОДЕЛЮВАННЯ НЕСИМЕТРИЧНО РОЗПОДІЛЕНИХ ПРОЦЕСІВ.....	42
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	48
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	49

РОЗДІЛ 1

Стандартизація, сертифікація, менеджмент якості

УДК 005.6

С. Л. Волков, д.т.н., Л. В. Коломієць, д.т.н., О. І. Кисельова, к.пед.н., А. М. Прокопенко

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ІНФОРМАЦІЙНИЙ ДИЗАЙН ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

В статті запропоновано загальний вигляд організаційного дизайну закладів вищої освіти, який відповідає комерційному характеру їх діяльності з надання освітніх послуг; визначено структуру організаційно-інформаційного дизайну технічних ЗВО та зміст і координаційні механізми (інформаційні зв'язки) кожної з структурних складових; запропоновано створення нового координаційного механізму, що дає змогу трансформації існуючих інформаційних зв'язків в єдиний інформаційний потік прийняття рішень. Подальшим розвитком запропонованого підходу до організаційного дизайну ЗВО є дослідження якості процесів, які забезпечують координаційні механізми (інформаційні зв'язки) і розробка методики з оцінки їх якості та якості надання освітніх послуг.

Ключові слова: організаційний дизайн, організаційно-інформаційний дизайн, освітні послуги, якість надання освітніх послуг, організаційна структура технічного ЗВО, координаційні механізми діяльності структур ЗВО.

С. Л. Волков, д.т.н., Л. В. Коломиец, д.т.н., О. И. Киселева, к.пед.н., А. М. Прокопенко

ОРГАНИЗАЦИОННО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДИЗАЙН ТЕХНИЧЕСКИХ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

В статье предложен общий вид организационного дизайна высших учебных заведений, который соответствует коммерческому характеру их деятельности по предоставлению образовательных услуг; определена структура организационно-информационного дизайна технических вузов и содержание и координационные механизмы (информационные связи) каждой из структурных составляющих; предложено создание нового координационного механизма, который позволяет трансформировать существующие информационные связи в единый информационный поток принятия решений. Дальнейшим развитием предложенного подхода к организационному дизайну технических вузов является исследование качества процессов, которые обеспечивают координационные механизмы (информационные связи) и разработка методики для оценки их качества и качества предоставления образовательных услуг.

Ключевые слова: организационный дизайн, организационно-информационный дизайн, образовательные услуги, качество предоставления образовательных услуг, организационная структура технического вуза, координационные механизмы деятельности структур вузов.

S. L. Volkov, DSc, L. V. Kolomiets, DSc, O. I. Kiseleva, PhD, A. M. Prokopenko

ORGANIZATIONAL AND INFORMATION DESIGN OF TECHNICAL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

The educational services provided to applicants for higher education in accordance with the Law of Ukraine on Education and the Law of Ukraine on Higher Education are analyzed in the article. The provision of educational services as a separate type of commercial activity, where the leading role is played by the quality of educational services as a key point of competitiveness is defined. The general approach and a kind of organizational design of institutions of higher education which corresponds to the necessary commercial character of their activity is offered; the content and structure of organizational and information design of technical institutions of higher education are determined; the role of each structure in the coordination of the functioning of higher education institutions and the differences in the coordination mechanisms used by them (information links) are analyzed; it is shown that one of the differences in terms of organizational design of technical institutions of higher education from ordinary commercial organizations is the presence of legally defined collegial and advisory authorities at all hierarchical levels of the organizational structure; it is proposed on the basis of these authorities to create a new coordination mechanism that allows the transformation of existing information links into a single information flow of decision-making, thus elim-

inating contradictions in their approaches, which will coordinate the activities of all departments to maximize the achievement of expected learning outcomes. The general structure of organizational design of technical institution of higher education and the simplified example (variant) of the coordination mechanism of activity of the specified structures are given. Further development of the proposed approach to the organizational design of institution of higher education is the study of the quality of processes that provide coordination mechanisms (information links) and the development of methods for estimating their quality and quality of educational services.

Key words: *organizational design, organizational and informational design, educational services, quality of educational services, organizational structure of technical universities, coordination mechanisms of activities of institutions of higher education.*

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-6-13

Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасний соціокультурний простір характеризується швидко змінними глобалізаційними та інформаційними процесами, що призводять до трансформації всіх сфер людської діяльності. Кризові процеси торкнулися культурної сфери загалом і освітньої зокрема. Освіта втрачає культурний, моральний, особистісний, предметно-змістовний контекст і сенс, відбувається розрив освіти і культури, освіти і життя, освіти і науки. Постійно зростає обсяг інформації та комунікативних зв'язків, що призводить до: жорсткого розмежування гуманітарних і природничо-наукових наук; порушення міжкультурних, міжнаціональних та міжособистісних зв'язків; фрагментарного сприйняття реальності, внаслідок чого вона стає суперечливою і деформованою, що в умовах сучасного постіндустріального інформаційно-інтелектуального суспільства не дозволяє фахівцям ефективно вирішувати екологічні, політичні, економічні та соціально-етичні виклики сучасності. Все це зумовлює реформування освіти, засноване на ідеї її цілісності і фундаментальності, але не в традиційному дисциплінарному розумінні фундаментальних наук, а з урахуванням парадигмальних змін науки, які відбулися на рубежі ХХІ століття, її переходу в міждисциплінарну стадію постнекласичної науки. Така реформа вимагає нового, цілісного сприйняття природи, людини і суспільства в контексті міждисциплінарного діалогу. Звідси потреба в радикальній реформі вищої освіти, яка б оновила не тільки зміст, а й структуру закладу вищої освіти, оскільки структура, як системоутворюючий фактор, зумовлює, за словами Ст. Біра, поведінку системи [1].

У зв'язку з сучасними перетвореннями і розширенням вимог до якості освітніх послуг, уявлення про роль структури в організаційній системі ЗВО і підходах до її проектування змінилося. Поступово відбувається перехід від поняття «організаційна структура ЗВО» до поняття «організаційно-інформаційний дизайн ЗВО». У даному контексті дизайн – явище, в якому поєдна-

лися наука, мистецтво і технології, має ряд ознак, схожих з особливостями всіх цих складових, їх унікальна сукупність і цілісність властива і характеризує саме дизайн, як інноваційну діяльність інтеграційного і проблемного характеру [2, 3].

В індустріальну епоху організації розглядалися, головним чином, як закриті системи, тому цілком природно, що особлива увага приділялася «каркасу» цієї системи, її структурі, поділу та координації праці. Термін «організаційний дизайн» з'явився в другій половині ХХ століття, коли чітко окреслені механістичні структури стали поступатися місцем різноманітним гнучким формам, структурам органічного або гібридного типу, коли адаптивність структур стала найважливішим критерієм їх працездатності та ефективності, так концепція організаційного дизайну послужила відповіддю на нові виклики [4].

Аналіз останніх досягнень і публікацій з філософії освіти та якості вищої освіти [5-10] довів, що, сутність елементів освітньо-виховного простору ЗВО відповідають характеристикам сучасних «відкритих систем», оскільки вони існують в умовах впливу на них численних ситуаційних чинників. В таких умовах увага дослідників [11-13] спрямовується на взаємодію різних організаційних підсистем, об'єднання компетенцій і знань персоналу, досягнення за рахунок цього різноманітного мультиплікативного ефекту, на це спрямований організаційний дизайн.

На думку Г. Мінцберга, одного з найавторитетніших фахівців в даній галузі, елементи структури повинні бути підібрані таким чином, щоб досягалися внутрішня гармонія і відповідність організаційній ситуації. Він зазначає: «щоб створити те, що ми будемо називати конфігураціями, параметри дизайну та ситуаційні фактори необхідно особливим чином групувати» [14]. Оскільки для організаційних структур існують універсальні принципи їх формування, то для дизайну такі принципи сформулювати вкрай складно, оскільки дизайн

конкретної організації, взагалі кажучи, індивідуальний.

Мета статті: розробити та теоретично обґрунтувати механізм координування діяльності всіх підрозділів структури ЗВО з метою забезпечення їх якісної взаємодії, що призведе до поліпшення якості надаваних освітніх послуг.

Виклад основного матеріалу дослідження. Організаційно-інформаційний дизайн – діяльність, в результаті якої, формується ефективна організаційно-інформаційна структура, спрямована на забезпечення спроможності ЗВО готувати фахівців в будь-якій сфері діяльності з міждисциплінарним мисленням, здатних адаптуватися до швидкозмінних умов сучасного су-

спільства, до самонавчання і самовдосконалення з метою вирішення професійних задач.

Впровадження в Україні ринку освітніх послуг виводить заклади вищої освіти в категорію комерційних організацій з відповідною специфікою щодо сутності послуг та організаційного дизайну. Формулювання поняття освітньої послуги наведено в Законі про освіту [15], як комплекс визначених законодавством, освітньою програмою та/або договором дій суб'єкта освітньої діяльності, що мають визначену вартість та спрямовані на досягнення здобувачем освіти очікуваних результатів навчання.

Класифікацію освітніх послуг за їх видами згідно [16, 17], наведено на рис. 1.

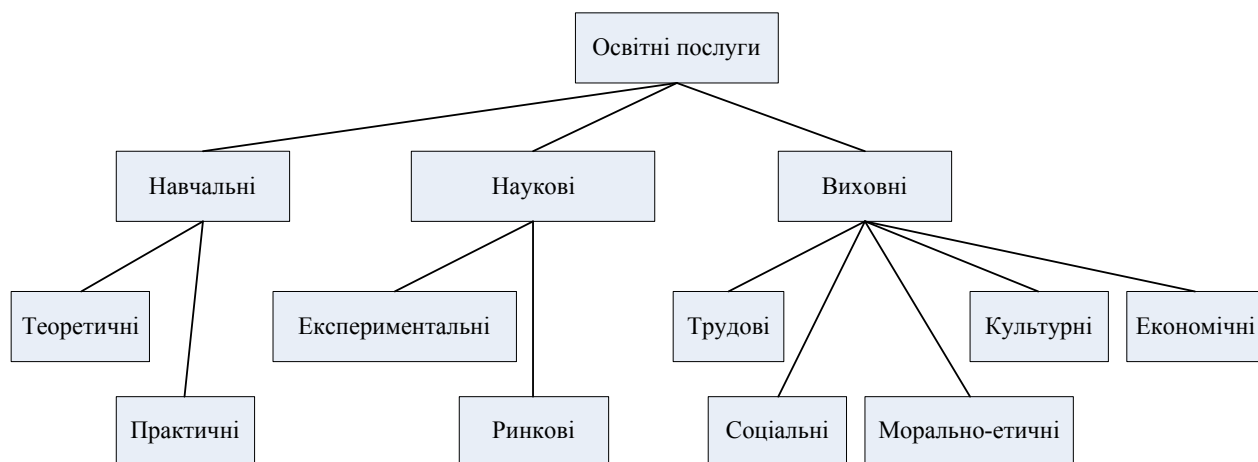


Рисунок 1 – Класифікація послуг, які надають заклади вищої освіти

Надання навчальних послуг полягає в набутті здобувачами відповідних обраних спеціальності загальних, фахових та програмних компетенцій, визначених в прийнятих освітньо-професійних програмах.

Наукові послуги, перш за все, призначені для розкриття науково-дослідницького потенціалу здобувачів. Їх можна поділити на: експериментальні та ринкові. Сутність експериментальних полягає в наданні здобувачам допомоги в проведенні наукових досліджень, формуванні нових ідей і здобутті наукових ступенів. Ринкові – спрямовані на проведення наукових досліджень в рамках НДР та ДКР з максимально можливим залученням здобувачів. До виховних можна віднести послуги, пов'язані з формуванням у здобувачів моделі поведінки в реальному світі, тобто формування суб'єктивної картини світу і від того, якою вона буде, залежатимуть їх людські якості та професійні здібності. Слід зазначити, що наведені в класифікації складові виховної послуги не є вичерпаними, а скоріш вказують на її основні напрями. Так, складова з отримання трудових навичок, покликана виробити трудові навички й

уміння формувати професійні компетенції та отримувати задоволення від виконаної роботи. Економічна складова включає економічне виховання та економічне мислення, зумовлена необхідністю забезпечувати конкурентоспроможність на ринку праці і профілактику фінансових проблем спричинених економічною безграмотністю. Культурна, соціальна та морально-етична складові забезпечують шановане ставлення до культурної спадщини, знання і дотримання законів України, прийнятих морально-етичних норм, виховання мовної культури, позиціонування себе як особистості, в тому чи іншому культурному соціумі, що є важливим елементом академічної мобільності.

Згідно [14], організаційний дизайн будь-якої комерційної організації має п'ять структурних складових (рис. 2). Виходячи з цього, загальну структуру дизайну ЗВО, як комерційної організації з надання послуг, визначених на (рис. 1), база якого закладена в [15, 18], із урахуванням найбільш типових підрозділів українських ЗВО, можна представити наступним чином (рис. 3):

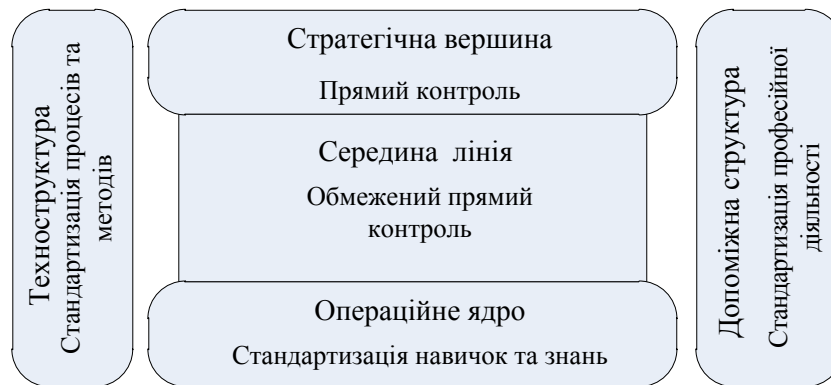


Рисунок 2 – Організаційний дизайн комерційної організації

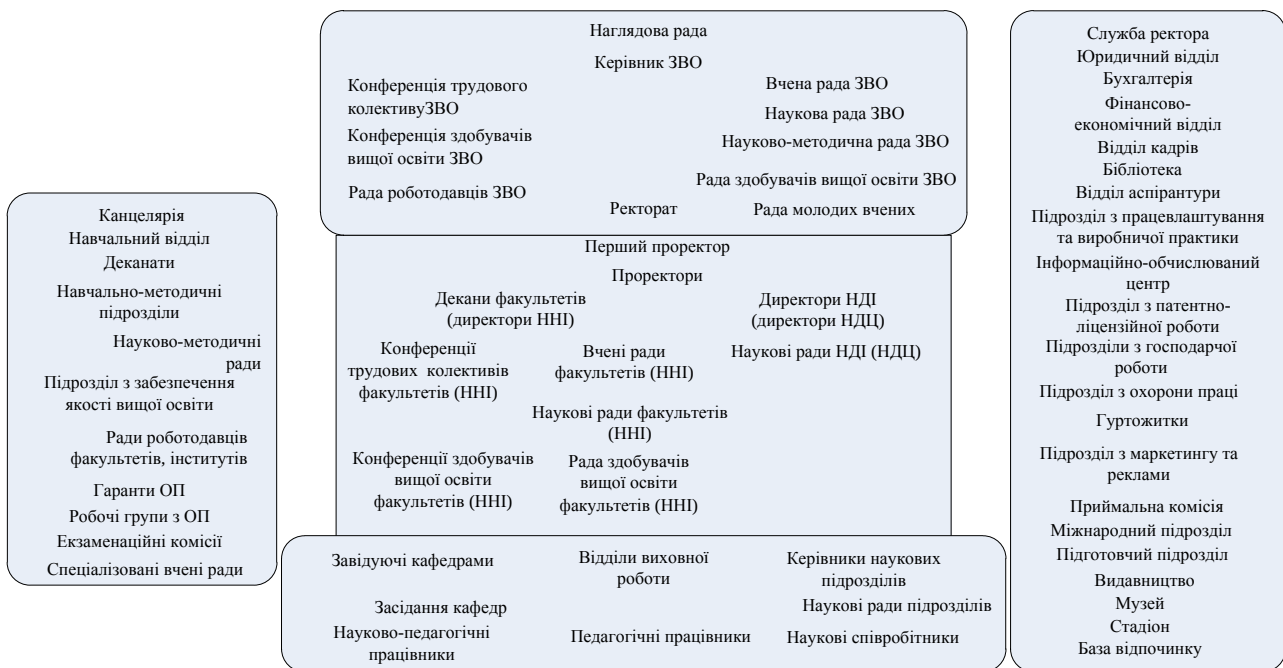


Рисунок 3 – Загальна структура організаційного дизайну технічного ЗВО

- Стратегічна вершина повинна забезпечити виконання організацією її функцій, розробки стратегії розвитку та взаємодію з стейкхолдерами, які контролюють її діяльність. В ЗВО стратегічну вершину уособлює керівник ЗВО, який є вищим представником адміністрації і, згідно з законодавством і статутом, відповідає за впровадження освітньої, наукової та інноваційної діяльності, а також за результати фінансово-господарської діяльності.

- Середина лінія являє собою множину наділених формальними повноваженнями менеджерів вищого і середнього рівня. Вищий рівень середньої лінії представлено проректорами, кожен з яких, згідно посадових інструкцій, несе відповідальність за свій напрям функціонування ЗВО. Зазвичай, це організація, забезпечення і контроль надання освітніх послуг, забезпечення роботи підпорядкованих йому підрозділів і

взаємодія з іншими підрозділами ЗВО. До менеджерів середнього рівня належать декани, директори навчально-наукових (ННІ) і науково-дослідних (НДІ) інститутів та науково-дослідних центрів (НДЦ). Основне завдання менеджерів цього рівня – організація і контроль надання освітніх послуг, відповідно до цільового призначення конкретного керованого ним підрозділу. Так, керівники факультетів і ННІ забезпечують надання всіх освітніх послуг, а основне завдання керівників НДІ та НДЦ – це забезпечення надання наукових послуг і опосередковано – навчальних та виховних. Крім того, в обов'язки деканів (директорів) входить забезпечення взаємодії підрозділів, які знаходяться під їх керівництвом та взаємодія з іншими підрозділами ЗВО.

- Операційне ядро складається з працівників, основною діяльністю яких є надання освітніх послуг. Базовим структурним підрозділом з

надання освітніх послуг є кафедри (науково-дослідні відділи та лабораторії в НДІ та НДЦ). Згідно Закону України про Освіту та Закону України про Вищу освіту, на пряму, тобто за основною діяльністю, навчальні та наукові послуги надаються науково-педагогічними працівниками, навчальні та виховні – педагогічними, а наукові – науковими співробітниками кафедр, НДІ та НДЦ. Однак, опосередковано, кожен з працівників операційного ядра надає здобувачам всі види послуг. Слід зазначити принципову відмінність ЗВО від інших комерційних організацій: працівники інших структурних підрозділів мають можливість працювати на кафедрах і надавати освітні послуги як працівники операційного ядра, а працівники операційного ядра – як представники техноструктури (гаранти і робоча група з ОП, члени екзаменаційних комісій, тощо).

- Техноструктура не приймає безпосередньої участі в наданні послуг, її питання – це стандартизація форм управління, діяльності та результатів роботи ЗВО, документообіг, контроль якості. До техноструктури входять навчальні та методичні підрозділи, підрозділ з забезпечення якості освіти, деканати, канцелярія. Відповідно до визначення структури, вочевидь до неї можна віднести екзаменаційні комісії та спеціалізовані вчені ради, які оцінюють рівень підготовки здобувачів, а також гаранта і робочу групу з підготовки освітньо-професійних програм (ОПП), які стандартизують освітні послуги, що надаються працівниками операційного ядра.

- Допоміжна структура складається зі спеціалізованих підрозділів, які забезпечують виконання іншими структурами базових завдань функціонування ЗВО. Це, насамперед, економічний, фінансовий та юридичний підрозділи, підрозділи з охорони праці, господарської діяльності, тощо. До окремої групи в структурі належать підрозділи, які сприяють залученню до ЗВО здобувачів та їх подальшого працевлаштування: маркетинг та реклама, приймальна комісія, підготовка до вступу у ЗВО, міжнародний відділ, аспірантура, працевлаштування та практика.

Специфікою організаційного дизайну ЗВО, порівняно з дизайном типових комерційних організацій, є досить велика кількість колегіальних та дорадчих органів на всіх ієрархічних рівнях – від наглядової ради до засідань кафедр і рад здобувачів, наявність і права яких зумовлені законами України про Освіту та Вищу освіту. Основне їхнє завдання – сприяння розвитку ЗВО, контроль та затвердження рішень адміністрації, висування та затвердження пропозицій щодо поліпшення надання освітніх послуг, захист прав

та інтересів здобувачів, тощо. В цьому контексті, слід звернути увагу на належність Ради роботодавців ЗВО до стратегічної вершини, оскільки її призначенням є забезпечення ефективних зв'язків освітнього закладу з підприємствами, а ради роботодавців рівня середньої лінії (факультетів, інститутів), призначення яких є саме оцінка професіоналізму випускників та здобувачів в період проходження практики і співробітництво з робочими групами з підготовки ОПП, з метою оцінки їх відповідності потребам роботодавців – до техноструктури.

Якість надання освітніх послуг на пряму залежить від якості функціонування зазначених вище структур і координування їх діяльності. В [16] визначено п'ять загальних механізмів координації, які, стосовно наведеної структури ЗВО (рис. 2, рис. 3), визначаються наступним чином:

- Прямий контроль над прийняттям рішень (централізація), до нього тяжіє стратегічна вершина, та в обмеженому вигляді (в рамках своїх повноважень) середня лінія.

- Стандартизація навичок та знань (стандартизація кваліфікацій) властива операційному ядру, де кожен викладач (науковий співробітник) по суті є самодостатнім професіоналом, який намагається мінімізувати втручання в свою діяльність з боку інших структур, прагнучи до інноваційної діяльності і професійної децентралізації.

- Стандартизація діяльності (стандартизація та оцінка робочих процесів та методів) – це сутність техноструктури, яка тяжіє до регламентації (формалізації) функціонування підрозділів ЗВО, виступаючи організатором та провідником різних обмежувальних заходів і вступаючи в явні протиріччя з професійною незалежністю операційного ядра і частково допоміжної структури.

- Стандартизація професійної діяльності (стандартизація функціональних процесів та стандартизація навичок та знань) – цей механізм властивий допоміжній структурі. Наявність двох координаційних механізмів пояснюється різноманітністю функцій підрозділів, які входять до її складу, так, наприклад, діяльність фінансово-економічного підрозділу і бухгалтерії обмежена чинним законодавством і внутрішнім регламентом ЗВО, а з другого боку, їх співробітники є самодостатніми професіоналами.

Координація діяльності структур технічних ЗВО здійснюється, запропонованим авторами, шостим координаційним механізмом – колегіальними та дорадчими органами до складу яких, як правило, входять представники всіх зазначених вище структур і на засіданнях яких приймаються (повинні прийматися) рішення щодо підвищення

якості надання освітніх послуг, у межах чинного законодавства, встановлених поточних норм і правил надання освітніх послуг, прав, інтересів і професійної гідності всіх учасників освітнього процесу.

Всі зазначені вище координаційні механізми забезпечують функціонування ЗВО, яке, в сучасному трактуванні, полягає в організації певних інформаційних потоків (зв'язків). В [16] визначено наступні потоки: формальних повноважень (ієрархічний документообіг), регулювання функціонування (документообіг згідно стандартів та повноважень), неформальних комунікацій (тимчасові інформаційні потоки неформальних центрів впливу), виробничих сузір'їв (тимчасові інформаційні потоки для вирішення визначених задач), спеціальних рішень (одноразові інформаційні потоки).

Наявність наведених інформаційних потоків дає велику кількість можливих ступенів свободи для кожного з учасників, будь-то працівник чи структура, процесу надання освітніх послуг, що в результаті може створити хаос в прийнятті рішень і функціонуванні ЗВО, а це, в свою чергу, призведе до зниження якості освітніх послуг. Рішенням цієї проблеми є детермінація потенційних інформаційних зв'язків з одночасним збереженням комунікаційних можливостей всіх зазначених потоків.

Детермінуючим фактором рішення є шостий координаційний механізм діяльності структур ЗВО, представлений у вигляді ієрархічної структури, спрощений приклад (варіант) якої наведено на рис. 4.

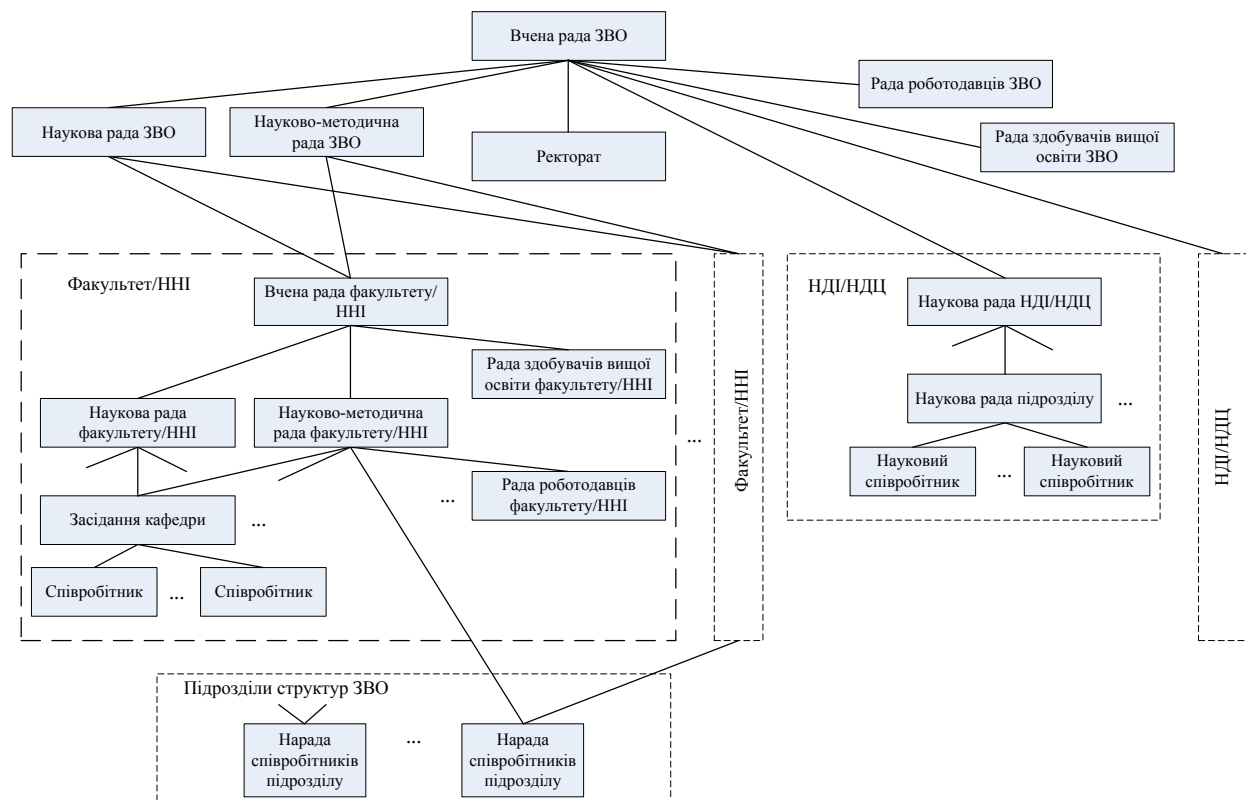


Рисунок 4 – Спрощений приклад (варіант) координаційного механізму діяльності структур технічного ЗВО

Суть детермінації полягає в заміні потоків регулювання функціонування, неформальних комунікацій, виробничих сузір'їв та спеціальних рішень на сформовані певним чином інформаційні потоки між колегіальними органами, при цьому потік формальних повноважень залишається незмінним.

Розглянемо приклад. Співробітниками підрозділу із забезпечення якості вищої освіти ініційовано зміни до положення стосовно звітності

щодо оцінювання якості надання освітніх послуг. Інформаційний пакет (ІП) з пропозиціями надається на розгляд науково-методичних рад (НМР) факультетів. За результатами розгляду, НМР кожного з факультетів формує ІП з узгодженими змінами та запереченнями щодо неузгоджених змін і передає його на розгляд і затвердження вченими радами (ВР) відповідних факультетів. Сформовані ВР факультетів інформаційні пакети містять затвердження та заперечення щодо змін які

надаються до НМР ЗВО, де аналізуються ІП всіх вчених рад факультетів та виробляються загальні висновки та пропозиції, які інформаційним пакетом передаються до вченої ради ЗВО, де приймається остаточне рішення щодо внесення змін або їх відхилення. На підставі рішення ВР ЗВО ректором видається наказ, який, у вигляді інформаційного потоку координаційного механізму формальних повноважень, поступає до виконавців.

Аналогічним чином трансформуються й інші інформаційні потоки, причому, по суті, вони всі залишаються, але не документуються і їх вплив нівелюється на етапах погодження колегіальними органами.

Слід зазначити, що на кожному з етапів формування і проходження інформаційних пакетів, за згодою сторін запропоновані пропозиції можуть бути повернені на доопрацювання. Так, відповідно до прикладу, неузгоджені НМР факультетів зміни, можуть бути відразу повернені на доопрацювання підрозділу з забезпечення якості вищої освіти і далі в такий редакції не розглядатися.

Висновки. Аналіз сучасних джерел, наукової літератури та законодавства України у сфері освіти, свідчить про те, що ринок освітніх послуг виводить заклади вищої освіти в категорію комерційних організацій, де провідну роль відіграє якість надання освітніх послуг, як ключового моменту конкурентоспроможності. У зв'язку з цим виникла необхідність змін в існуючих структурах технічних ЗВО в сенсі організаційного дизайну, який забезпечуватиме координування діяльності всіх підрозділів з метою максимального сприяння досягненню здобувачем освіти очікуваних результатів навчання. Означена ситуація вимагала розробки нового організаційно-інформаційного дизайну технічного ЗВО, відповідно комерційному характеру їх діяльності, який представлено у даній статті, зокрема, визначена роль кожної структури в координації функціонування технічного ЗВО та відмінності в використовуваних ними координаційних механізмів (інформаційних зв'язків); доведено, що однією з відмінностей, в сенсі організаційного дизайну ЗВО від звичайних комерційних організацій, є наявність колегіальних та дорадчих органів на всіх ієрархічних рівнях організаційної структури. Все це дало змогу авторам обґрунтувати створення, на базі цих органів, нового координаційного механізму, що забезпечує трансформацію діяльності всіх інших координаційних механізмів в єдиний інформаційний потік прийняття рішень, нівелюючи тим самим протиріччя в їх підходах.

Подальшим розвитком запропонованого підходу до організаційного дизайну ЗВО є до-

слідження якості процесів, які забезпечують координаційні механізми (інформаційні зв'язки) і розробка методики з оцінки їх якості та якості надання освітніх послуг.

Список використаних джерел

1. Стаффорд Бир. Кибернетика и менеджмент. Москва: ДомКнига, 2010. 280 с.
2. Нейман С. Ю., Соколова Т. В., Дальке С. Г. Унификация национальных терминосистем: техническая эстетика и industrial design. Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2018. № 11(89). Ч. 1. С. 140–145.
3. Гончарова Е. В. Инновации и проблемы дизайн-образования в контексте общекультурных ценностей. Омский научный вестник. 2013. № 1(115). С. 223–225.
4. Мотышина М. С. Организационный дизайн как системная концепция. Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XXIII Междунар. науч.-практ. конф. г. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2019. С. 8–12.
5. Joshi K.M., Paivandi Saeed (2017) Quality assurance in higher education a global perspective. Perspectives on higher education. Contributed articles. STUDERA. 246 p.
6. Андрущенко В. П. Державно-громадський характер управління освітою. Вища освіта України. Київ, 2011. № 3. С. 5–8.
7. Бахрушин В. Є., Горбань О. М. Якість вищої освіти та сучасні підходи до її вимірювання. Освіта і управління. 2012. Т. 14, № 4. С. 7–11.
8. Кисельова О. І., Коломієць Л. В., Волков С. Л. Компетентнісний підхід до оцінювання професійної підготовки майбутніх фахівців технічного профілю. Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». 2018. № 19(1295). С. 31–35.
9. Огнев'юк В. О. Еволюційний поступ освіти в контексті освітології. Освіта у полікультурних суспільствах: зб. наук. праць. За ред. Василя Кременя, Тадеуша Левовицького, Єжи Нікіторовича, Світлани Сисоєвої. Польща, Варшава: Вища педагогічна школа, 2012. С. 117–129.
10. Рябченко В. Проблема якості вітчизняної вищої освіти в контексті освітянських реформ: ретроспектива й сучасність з позицій світоглядно-компетентнісного підходу. Вища освіта України. 2015. № 1. С. 12–27.
11. Сисоєва С. О. Освіта як об'єкт дослідження. Шлях освіти: науково-методичний журнал. Київ, 2011. № 2. С. 5–11.
12. Хмельницька О. І. Сутність та характеристика елементів освітньо-виховного простору сучасного університету. Духовність особистості:

методологія, теорія і практика. Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля, 2012. Вип. 2(49). С. 189–194.

13. Яковлев А. О. Філософські концепції освіти: методологічний і аналітичний потенціал. Вісник Нац. ун-ту «Юридична академія України імені Ярослава Мудрого». 2013. № 2(16). С. 91–99.

14. Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Пер. с англ. Санкт-Петербург: Питер, 2004. 512 с.

15. Про освіту: Закон України від 05.09.2017 р. Відомості Верховної Ради. 2017. № 38-39. Ст. 380. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (Дата звернення 10.06.2020).

16. Борецька Н., Ковальчук О. Механізм надання освітніх послуг у закладах вищої освіти України. Науковий вісник МНУ імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки. 2019. № 2(65). С. 36–39.

17. Кисельова О. І. Роль віртуальної реальності у забезпеченні якості освітніх послуг закладів вищої освіти. Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. 2019. № 1. С. 33–38.

18. Про вищу освіту: Закон України від 01.07.2014 р. Відомості Верховної Ради. 2014. № 37-38. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (Дата звернення 11.06.2020).

References

1. Stafford Bir. Kibernetika i menedzhment. Moskva: DomKniga, 2010. 280 s.

2. Nejman S. Yu., Sokolova T. V., Dal'ke S. G. Unifikatsiya nacional'nykh terminosistem: tekhnicheskaya estetika i industrial design. Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki. 2018. № 11(89). Ch. 1. С. 140–145.

3. Goncharova E. V. Innovatsii i problemy dizajn-obrazovaniya v kontekste obshchekul'turnykh cennostej. Omskij nauchnyj vestnik. 2013. № 1(115). С. 223–225.

4. Motyshina M. S. Organizatsionnyj dizajn kak sistemnaya koncepciya. Sistemnyj analiz v proektirovanii i upravlenii: sb. nauch. trudov XXIII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. g. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij politexnicheskij universitet Petra Velikogo, 2019. С. 8–12.

5. Joshi K. M., Paivandi Saeed (2017) Quality assurance in higher education a global perspective. Perspectives on higher education. Contributed articles. STUDERA. 246 p.

6. Andrushchenko V. P. Derzhavno-hromadskiy kharakter upravlinnia osvitoiu. Vyshcha osvita Ukrainy. Kyiv, 2011. # 3. С. 5–8.

7. Bakhrushyn V. Ye., Horban O. M. Yakist vyshchoi osvity ta suchasni pidkhody do yii vymiruvannya. Osvita i upravlinnia. 2012. Т. 14, # 4. С. 7–11.

8. Kyselova O. I., Kolomiiets L. V., Volkov S. L. Kompetentnisnyi pidkhid do otsiniuvannya profesiinoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv tekhnichnoho profilu. Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskiy politekhnichnyi instytut". 2018. # 19(1295). С. 31–35.

9. Ohneviuk V. O. Evoliutsiyni postup osvity v konteksti osvitolohii. Osvita u polikulturnykh suspilstvakh: zb. nauk. prats. Za red. Vasylya Kremenya, Tadeusha Levovytskoho, Yezhy Nikitorovycha, Svitlany Sysoievoi. Polshcha, Varshava: Vyshcha pedahohichna shkola, 2012. С. 117–129.

10. Riabchenko V. Problema yakosti vitchyznanoi vyshchoi osvity v konteksti osvitiyanskykh reform: retrospektyva y suchasnist z pozytsii svitohljadno-kompetentnisnoho pidkhodu. Vyshcha osvita Ukrainy. 2015. # 1, С. 12–27.

11. Sysoieva S. O. Osvita yak ob'ekt doslidzhennia. Shliakh osvity: naukovometodychnyi zhurnal. Kyiv, 2011. # 2. С. 5–11.

12. Khmelnytska O. I. Sutnist ta kharakterystyka elementiv osvitno-vykhovnoho prostoru suchasnoho universytetu. Dukhovnist osobystosti: metodolohiia, teoriia i praktyka. Luhansk: Vyd-vo SNU im. V. Dalia, 2012. Vyp. 2(49). С. 189–194.

13. Yakovlev A. O. Filosofski kontseptsii osvity: metodolohichnyi i analitychnyi potentsial. Visnyk Nats. un-tu "Yurydychna akademiia Ukrainy imeni Yaroslava Mudroho". 2013. # 2(16). С. 91–99.

14. Minenberg G. Struktura v kulake: sozdanie e'ffektivnoj organizatsii / Per.s angl. Sankt-Peterburg: Piter, 2004. 512 s.

15. Pro osvitu: Zakon Ukrainy vid 05.09.2017 r. Vidomosti Verkhovnoi Rady. 2017. # 38-39. St. 380. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (Data zvernennia 10.06.2020).

16. Boretska N., Kovalchuk O. Mekhanizm nadannia osvitnikh posluh u zakladakh vyshchoi osvity Ukrainy. Naukovyi visnyk MNU imeni V. O. Sukhomlynskoho. Pedahohichni nauky. 2019. # 2(65), С. 36–39.

17. Kyselova O. I. Rol virtualnoi realnosti u zabezpechenni yakosti osvitnikh posluh zakladiv vyshchoi osvity. Zbirnyk naukovykh prats Odeskoj derzhavnoi akademii tekhnichnoho rehuliuвання ta yakosti. 2019. # 1. С. 33–38.

18. Pro vyshchu osvitu: Zakon Ukrainy vid 01.07.2014 r. Vidomosti Verkhovnoi Rady. 2014. #37-38. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (Data zvernennia 11.06.2020).

Надійшла до редакції 15.06.2020

РОЗДІЛ 2

Прилади та методи вимірювання фізичних величин, їх метрологічне забезпечення

УДК 621.317.1

О. М. Величко, д.т.н., Т. Б. Гордієнко, д.т.н.

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

АЛЬТЕРНАТИВНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КЛЮЧОВИХ ЗВІРЕНЬ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕТАЛОНІВ

У статті представлено запропоноване альтернативне оцінювання результатів ключових звірень еталонів, яке спрощує проведення аналізу сервісів калібрування національних метрологічних інститутів (НМІ). Воно передбачає застосування як критерія сумісності отриманих результатів звірень показника E_n для аналізу ступеня еквівалентності еталону НМІ та відповідної розширеної невизначеності. Розглянуто практичне застосування запропонованого оцінювання для результатів ключових звірень еталонів електричної потужності. Це сприяє більш раціональному калібруванню робочих еталонів для конкретних встановлених цілей як для НМІ, так і акредитованих лабораторій.

Ключові слова: звірення еталонів, національний метрологічний інститут, регіональна метрологічна організація, невизначеність вимірювань, методи оцінювання результатів звірень.

О. Н. Величко, д.т.н., Т. Б. Гордиенко, д.т.н.

АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ КЛЮЧЕВЫХ СЛИЧЕНИЙ НАЦИОНАЛЬНЫХ ЭТАЛОНОВ

В статье представлена предложенная альтернативная оценка результатов ключевых сличений эталонов, которая упрощает проведение анализа сервисов калибровки национальных метрологических институтов (НМИ). Она предусматривает применение как критерия совместимости полученных результатов сверок показателя E_n для анализа степени эквивалентности эталона НМИ и соответствующей расширенной неопределенности. Рассмотрено практическое применение предложенной оценки для результатов ключевых сличений эталонов электрической мощности. Это способствует более рациональной калибровке рабочих эталонов для конкретных поставленных целей как для НМИ и аккредитованных лабораторий.

Ключевые слова: сличения эталонов, национальный метрологический институт, региональная метрологическая организация, неопределенность измерений, методы оценки результатов сличений.

O. M. Velychko, DSc, T. B. Gordiyenko, DSc

ALTERNATIVE EVALUATION THE RESULTS OF KEY COMPARISONS OF NATIONAL STANDARDS

In the framework of the Agreement of International Committee on Weights and Measures on Mutual Recognition of national standards, calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes (NMIs), key comparisons serve as the basis for establishing calibration and measurement capabilities of NMI with implemented quality management system. On this basis, the competence of a specific NMI to perform calibration of working standards and measuring instruments for the customer laboratories is determined. In order to attract as many NMIs as possible to participate in key comparisons of standards, Regional Metrology Organizations are widely involved in conducting such comparisons.

The practical application of traditional evaluation the results of key standards comparisons and displaying them in the special database of key comparisons (KCDB) of International Bureau on Weights and Measures (BIPM) may be difficult for some NMIs and for national laboratories accredited by national accreditation bodies that wish to use NMI calibration services. This is due to the fact that the KCDB BIPM only displays the degree of equivalence of a NMI standard with corresponding expanded uncertainty without any other characteristics for evaluating calibration or measurement capabilities.

The paper presents a proposed alternative evaluation of results of key comparisons of standards, which simplifies the analysis of calibration services by NMIs. It envisages the use as a criterion of consistency of the results obtained from the comparisons of the E_n index to analyze the degree of equivalence of the NMI

standard and the corresponding extended uncertainty. The practical application of the evaluation for results of key comparisons of standards of electric power is considered. This contributes to a more streamlined calibration of work standards for specific established purposes for both NMIs and accredited laboratories.

Keywords: comparison of standards, national metrology institute, regional metrology organization, uncertainty of measurements, methods of estimation of results of comparison.

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-15-20

Вступ

В рамках Угоди Міжнародного комітету з мір і ваг (CIPM) про взаємне визнання (MRA) національних стандартів, калібрувальних і вимірювальних сертифікатів, виданих НМІ [1] ключові звірення виступають основою для встановлення калібрувальних і вимірювальних можливостей (СМС) конкретного НМІ з впровадженням системою менеджменту якості. На підставі цього визначається компетенція конкретного НМІ для проведення калібрування робочих еталонів і засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) для лабораторій-замовників.

Для реалізації основних завдань Угоди CIPM MRA розроблена низка документів і настанов, зокрема з питань проведення міжнародних звірень еталонів, що зберігаються в НМІ, для розгляду та схвалення СМС НМІ [2, 3]. При цьому важливу роль у поданні як результатів звірень еталонів, так і подання СМС відіграє оцінювання невизначеності вимірювань за настановою [4]. Вся необхідна інформація як щодо міжнародних звірень еталонів, так і щодо СМС НМІ в рамках Угоди CIPM MRA розміщена у спеціальній базі даних ключових звірень (KCDB) [5], яку веде Міжнародне бюро з мір і ваг (BIPM).

З метою залучення максимально можливої кількості НМІ до участі у ключових звірваннях еталонів, до проведення таких звірень широко долучені регіональні метрологічні організації (РМО). Їхні результати, отримані за встановленими в рамках Угоди CIPM MRA [6] та теоретично обґрунтованими у науковій літературі методологіями оцінювання, зокрема у [7-9], відображаються у KCDB BIPM у спеціальній формі, яку можна назвати традиційною.

Відомі окремі спроби розроблення альтернативного оцінювання результатів звірення еталонів, спрямовані як на підвищення достовірності їхніх результатів [10] на основі застосування методу агрегування переваг, так і на розширення бази для розроблення СМС НМІ за рахунок міжнародних додаткових звірень еталонів [11-14].

В той же час залишається актуальним питання розроблення нових і удосконалення існуючих підходів до оцінювання результатів звірень

еталонів.

Аналіз публікацій та досліджень

Практичне застосування традиційного оцінювання результатів ключових звірень еталонів [6-9] та їх відображення у KCDB BIPM може викликати труднощі як для деяких НМІ, так і для акредитованих національними органами акредитації лабораторій, які хочуть скористатися послугами калібрування НМІ, що мають СМС. Це пов'язано з тим, що у KCDB BIPM відображаються лише ступінь еквівалентності еталону НМІ з відповідною розширеною невизначеністю без будь-яких інших характеристик для оцінювання можливостей калібрування чи вимірювання.

Це саме стосується і альтернативного оцінювання [10], яке сконцентрована лише на підвищенні достовірності результатів звірень з аналогічним традиційному відображенням отриманих результатів, тобто лише тієї ж ступені еквівалентності еталону НМІ з відповідною розширеною невизначеністю. Це стосується і альтернативного оцінювання [11-14], яке також враховує результати додаткових звірень еталонів з традиційним відображенням отриманих результатів.

Постановка завдання

Метою дослідження є розроблення підходів до альтернативного оцінювання результатів ключових звірень еталонів, яка б значно спростила аналіз сервісів калібрування НМІ, що мають опубліковані СМС у KCDB BIPM. Це буде сприяти більш раціональному калібруванню робочих еталонів і ЗВТ для конкретних встановлених цілей як для НМІ, що не мають таких СМС, так і для акредитованих лабораторій.

Методи дослідження

Для забезпечення сумісності розроблюваного альтернативного оцінювання результатів звірень еталонів доцільно застосувати традиційно використовуваний ступінь еквівалентності еталону НМІ з відповідною розширеною невизначеністю.

Традиційне оцінювання ступенів еквівалентності еталонів НМІ, що брали участь у ключових звірваннях еталонів, можна розглянути на прикладі ключових звірень еталонів електричної потужності. Такий вибір пов'язаний з тим, що

такі звірення проводилися як Консультативним комітетом з електрики та магнетизму (CCEM) CIPM, так і ще трьома РМО: EURAMET (два звірення у різний час) та SIM і COOMET (по одному звіренню). Таким чином, для проведення аналізу можна використати доволі широкую базу результатів звірень.

Всі отримані результати ключових звірень РМО (проекти EURAMET.EM-K5&5.1, SIM.EM-K5 і COOMET.EM-K5) зв'язуються між собою на основі результатів ключових звірень CCEM-K5 [4]. Традиційне відображення всі зв'язаних результатів (всього 57 для 53 НМІ різних країн) наведено на рис. 1. Тут відображені ступені еквівалентності еталонів електричної потужності для коефіцієнта потужності 1,0 на частоті 53 Гц для НМІ, що брали участі у всіх звіреннях.

Зазначені результати звірень для НМІ згруповані лише за проектами звірень, а не за ступенями еквівалентності еталонів НМІ D_i чи розширеними невизначеностями $U(D_i)$ еталонів НМІ. Вони відображаються у спеціальних таблицях СМС для НМІ-учасників звірень у відповідності до отриманих результатів звірень і зв'язку із звіреннями CCEM-K5.

Це приводить до певних складнощів аналізу сервісів калібрування НМІ, що мають опубліковані СМС у KCDB BIPM, як для НМІ,

що не мають таких СМС, так і для акредитованих лабораторій. Виникає необхідність розгляду більше 50 спеціальних таблиць СМС для НМІ-учасників звірень і знаходження критерію вибору калібрувального сервісу конкретного НМІ для встановлених завдань.

Зважаючи на зазначене, запропоноване альтернативне оцінювання результатів ключових звірень еталонів, при якому застосовано як критерій сумісності показник E_n для аналізу ступеня еквівалентності еталону НМІ та відповідної розширеної невизначеності. Крім того, відображення результатів звірень для відповідного НМІ здійснюється окремо для ступеня відповідності еталона і його розширеної невизначеності та значення показника E_n .

Результати досліджень

Для ключових звірень еталонів електричної потужності (табл. 1) пропонується відображати результати НМІ із застосуванням пелюсткової діаграми (рис. 2) з доповненням її гістограмою значень показника E_n для кожного НМІ (рис. 3).

На пелюстковій діаграмі синьою суцільною лінією відображені значення ступенів еквівалентності еталонів НМІ D_i , зеленою штриховою лінією – розширені невизначеності $U(D_i)$ еталонів НМІ, червоною точковою лінією – нульове значення для ступенів еквівалентності та розширеної невизначеності.

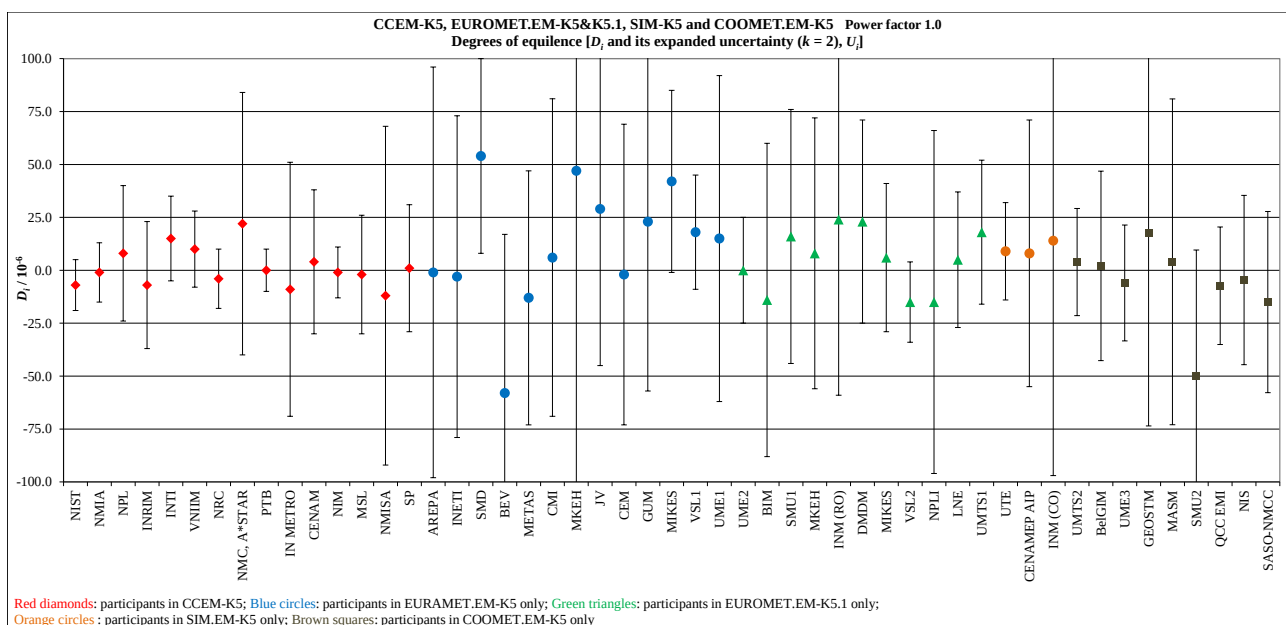


Рисунок 1 – Ступені еквівалентності еталонів електричної потужності для коефіцієнта потужності 1,0 на частоті 53 Гц

Таблиця 1 – Зв'язані результати ключових звірень

HMI	D_i	$U(D_i)$	E_n
NIST	-7	12	0,58
NMIA	-1	14	0,07
NPL	8	32	0,25
INRIM	-7	30	0,23
INTI	15	20	0,75
VNIIM	10	18	0,56
NRC	-4	14	0,29
NMC, A*STAR	22	62	0,35
PTB	0	10	0,00
IN METRO	-9	60	0,15
CENAM	4	34	0,12
NIM	-1	12	0,08
MSL	-2	28	0,07
NMISA	-12	80	0,15
SP	1	30	0,03
AREPA	-1	97	0,01
INETI	-3	76	0,04
SMD	54	46	1,17
BEV	-58	75	0,77
METAS	-13	60	0,22
CMI	6	75	0,08
MKEH	47	172	0,27
JV	29	74	0,39
CEM	-2	71	0,03
GUM	23	80	0,29
MIKES	42	43	0,98
VSL1	18	27	0,67
UME1	15	77	0,19
UME2	0	25	0,00
BIM	-14	74	0,19
SMU1	16	60	0,27
MKEH	8	64	0,13
INM (RO)	24	83	0,29
DMDM	23	48	0,48
MIKES	6	35	0,17
VSL2	-15	19	0,79
NPLI	-15	81	0,19
LNE	5	32	0,16
UMTS	18	34	0,53
UTE	9	23	0,39
CENAMEP AIP	8	63	0,13
INM (CO)	14	111	0,13
UMTS1	3	19	0,16
BelGIM	1	42	0,03
UME3	-7	22	0,32
GEOSTM	17	90	0,19
MASM	3	75	0,04
SMU2	-51	57	0,89
QCC EMI	-8	22	0,37
NIS	-6	36	0,15
SASO-NMCC	-16	39	0,40

Розрахунок показників E_n для всіх НМІ-учасників ключових звірень здійснюється за виразом

$$E_n = |D_i| / U(D_i), \quad (1)$$

де D_i – ступінь еквівалентності еталона НМІ;
 $U(D_i)$ – розширена невизначеність еталону НМІ.

Пропоноване альтернативне оцінювання результатів ключових звірень еталонів містить наступні етапи з використанням рис. 2, 3 і табл. 1:

отримання даних щодо ступенів еквівалентності еталонів НМІ та їх розширених невизначеностей за визначеними ключовими звіреннями з KCDB VIPM;

розрахунок показників E_n для всіх НМІ-учасників ключових звірень;

визначення переліку НМІ з найбільшими за модулем ступенями еквівалентності еталонів (BEV, SMD, SMU2, MKEH, MIKES) – критерій 1;

визначення переліку НМІ з найбільшими розширеними невизначеностями (MKEH, INM (CO), AREPA, GEOSTM, INM (RO), NPLI, NMISA, GUM) – критерій 2;

визначення переліку НМІ зі значеннями показника E_n , які більші за 0,60 (SMD, MIKES, SMU2, VSL1, BEV, INTI, VSL2) – критерій 3;

формування загального переліку НМІ, які визначені за критеріями 1-3 (BEV, SMD, SMU2, MKEH, MIKES, INM (CO), AREPA, GEOSTM, INM (RO), NPLI, VSL1,2, INTI, NMISA, GUM).

Сервіси калібрування та вимірювання визначених за критеріями 1-3 НМІ (виділені сірим у табл. 1) недоцільні для використання. Сервіси калібрування та вимірювання інших НМІ можна використовувати зважаючи на необхідну для встановлених завдань невизначеність вимірювання при калібруванні робочих еталонів і ЗВТ лабораторій-замовників.

Висновки

Запропоноване альтернативне оцінювання результатів ключових звірень еталонів спрощує проведення аналізу сервісів калібрування НМІ, що мають опубліковані СМС у KCDB VIPM. Вона передбачає застосування показника E_n як критерія сумісності отриманих результатів звірень для аналізу ступеня еквівалентності еталону НМІ та відповідної розширеної невизначеності. Це сприяє більш раціональному калібруванню робочих еталонів і ЗВТ для конкретних встановлених цілей як для НМІ, що не мають таких СМС, так і для акредитованих лабораторій.

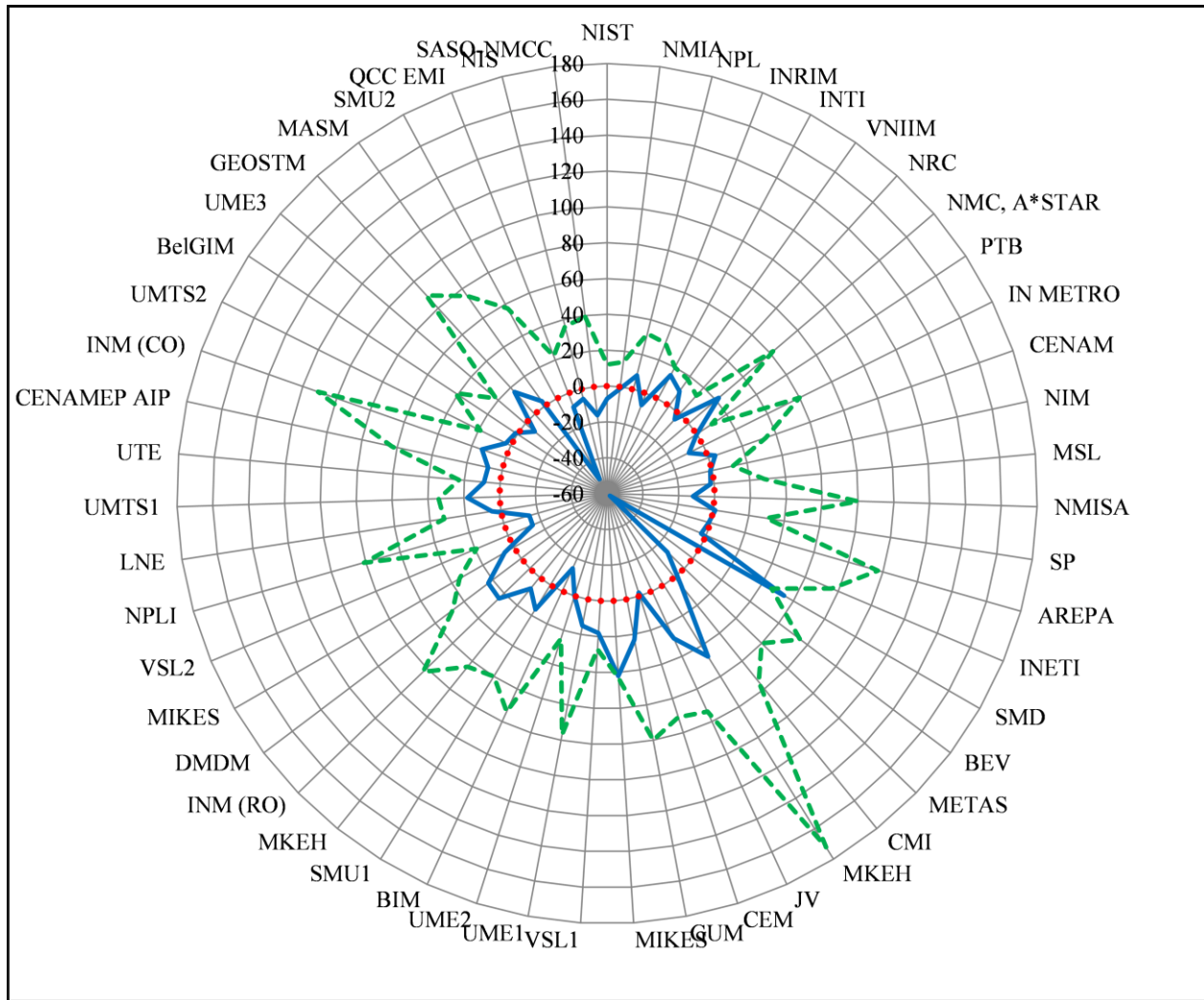


Рисунок 2 – Альтернативне відображення результатів ключових звірень еталонів електричної потужності для коефіцієнта потужності 1,0 на частоті 53 Гц

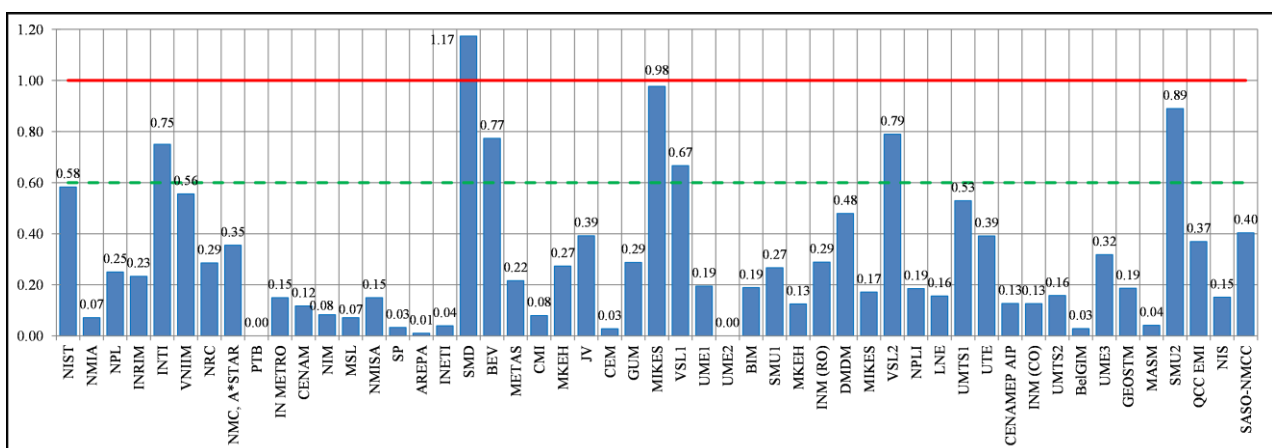


Рисунок 3 – Значення показника E_n для результатів ключових звірень еталонів електричної потужності для коефіцієнта потужності 1,0 на частоті 53 Гц

Список використаних джерел (References)

1. Bureau International des Poids et Mesures. Mutual Recognition of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes. 1999. 30 p.
2. CIPM MRA-D-05. Measurement comparisons in the context of the CIPM MRA. 2016. 29 p. URL: <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/cipm-mra-documents/>
3. CIPM MRA-D-04. Calibration and Measurement Capabilities in the context of the CIPM MRA. Oct. 2013. URL: <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/cipm-mra-documents/>
4. The BIPM key comparison database (KCDB). URL: <http://www.kcdb.bipm.org/>
5. JCGM 100:2008. Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). URL: https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcg_m/JCGM_100_2008_E.pdf
6. COOMET R/GM/14:2016. Guidelines on COOMET key comparison evaluation. URL: http://www.coomet.org/DB/isapi/cmt_docs/2016/5/2BMD1O.pdf
7. Cox M. G. The evaluation of key comparison data. Metrologia. 2002. Vol. 39. P. 589–595. doi:10.1088/0026–1394/39/6/10.
8. Cox M. G. The evaluation of key comparison data: determining the largest consistent subset. Metrologia. 2007. Vol. 44(3). P. 187–200. doi:10.1088/0026–1394/44/3/005.
9. Mana G., Massa E., Predescu M. Model selection in the average of inconsistent data: an analysis of the measured Planck-constant values. Metrologia. 2012. Vol. 49. P. 492–500. DOI: 10.1088/0026-1394/49/4/492.
10. Velychko O., Karpenko I. Alternative Method for Processing of International Comparison Results. Ukr. Metrolog. Journal. 2019. № 2. P. 10–15. DOI: 10.24027/2306-7039.2.2019.174115.
11. Velychko O., Karpenko S. Linking results of key and supplementary comparisons of regional metrology organization for electrical power. International Journal of Metrology and Quality Engineering. 2016. Vol. 7. 3 p. DOI: 10.1051/ijmqe/2016014.
12. Velychko O. Linking results of key and supplementary comparisons of AC/DC voltage transfer standard. International Journal of Metrology and Quality Engineering. 2018. Vol. 9. 4 p. DOI: 10.1051/ijmqe/2018002.
13. Velychko O., Gordiyenko T. Possibilities of Linking Results of EURAMET and COOMET Key Comparisons for Power. Ukr. Metrolog. Journal. 2019. № 4. P. 15–22. DOI: 10.24027/2306-7039.4.2019.195952.
14. Velychko O., Gordiyenko T. Metrological Traceability at Different Measurement Levels. Standards, Methods and Solutions of Metrology / Edited by Luigi Cocco. Published by IntechOpen, London, United Kingdom. 2019. Chapter 1. P. 1–21. DOI: 10.5772/intechopen.84853.

Надійшла до редакції 29.04.2020

УДК 629.4.018

К. Ф. Боряк¹, д.т.н., **О. М. Лимаренко²**, к.т.н., **Н. О. Перетяка¹**, к.т.н.

¹Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса

²Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

ОСОБЛИВОСТІ ВИПРОБУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ АВТОРЕГУЛЯТОРІВ ГАЛЬМІВНОГО ОБЛАДНАННЯ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

Стаття присвячена розв'язанню суперечливої вимоги п. 15.5.7 чинної в Україні відомчої інструкції з ремонту гальмівного обладнання вагонів типу ЦЛ-0013. Встановлені залежності значень напруженого стану авторегулятора при випробуванні на міцність на автоматичному стенді від зміни його довжини у всьому можливому діапазоні відкручування гвинта на розмір «а» в межах 0–600 мм. Завдання вирішується розрахунковим шляхом за двома різними методиками, а отримані результати значень напруженого стану авторегулятора з різною довжиною відкручування гвинта на розмір «а» порівнюються між собою. На підставі порівняння розрахунків показано, що розмір «а» відкручування авторегулятора при випробуваннях його на міцність із однаковим зусиллям навантаження в повздовжньому напрямку не впливає на розрахункові значення напруженості гвинта.

Ключові слова: гальмівне обладнання вагонів, авторегулятор, відкручування гвинта, автоматичний стенд, випробування на міцність, напружений стан, зусилля навантаження.

К. Ф. Боряк, д.т.н., А. М. Лимаренко, к.т.н., Н. А. Перетяка, к.т.н.

ОСОБЕННОСТИ ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ АВТОРЕГУЛЯТОРОВ ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Статья посвящена разрешению противоречивого требования п. 15.5.7 действующей в Украине ведомственной инструкции по ремонту тормозного оборудования вагонов типа ЦЛ-0013. Установлены зависимости значений напряженного состояния авторегулятора при испытании на прочность на автоматическом стенде от изменения его длины во всем возможном диапазоне откручивания винта на размер «а» в пределах 0-600 мм. Задача решается расчетным путем по двум разным методикам, а полученные результаты значений напряженного состояния авторегулятора с разной длиной откручивания винта на размер «а» сравниваются между собой. На основании сравнения расчетов показано, что размер «а» откручивания авторегулятора при испытаниях его на прочность с одинаковым усилием нагрузки в продольном направлении не влияет на расчетное значение напряженности винта.

Ключевые слова: тормозное оборудование вагонов, авторегулятор, выкрутка винта, автоматический стенд, испытание на прочность, напряженное состояние, усилие нагружения.

K. Boriak, DSc, O. Lymarenko, PhD, N. Peretiaka, PhD

FEATURES OF STRENGTH TESTING OF PASSENGER WAGON AUTOMATIC REGULATORS

The automatic regulator PK3T-675 (PTIP-675) and PTIP-675M is installed in the brake lever transmission of the passenger car and used for automatical maintenance of gaps between the surfaces of rolling of wheel pairs and brake pads within the established limits irrespective of the wear of the rolling surfaces of wheels. The design of auto regulators allows you to change the stroke of the piston rod and the brake cylinder and to manually release and tighten the regulator. Scope of auto regulators: freight, passenger cars and electric trains of the main railways.

The article is devoted to solving the problem of contradictions in clause 15.5.7 of the current departmental Ukrainian instruction ЦЛ-0013 for repairing brake equipment of the railway carriage of the existing requirement for mandatory compliance with screw unscrewing in size "a" within 300-350 mm when testing automatic regulators on an automatic test stand for strength under load a normalized force of 8t in the longitudinal direction, provided that there are no residual deformations of the automatic regulator screw along its length. The article aims to refute the dependence of the values of the stress state of an automatic regulator when testing its strength on a test bench from a change in its length in the entire possible range of screw unscrewing by size "a" in the allowable range of 0-600 mm. The problem is solved by calculation using two different methods, and the results of the stress state values of the automatic regulator with different lengths of screw unscrewing by size "a" are compared with each other. Based on this, the general conclusion is made that the size "a" (within the range of 0-600 mm) of the automatic regulator screw unscrewing when testing it for strength with the same load force ($N = 8t \approx 80 \text{ кН}$) in the longitudinal direction does not affect the calculated value of the screw tension $\sigma = 113.23 \text{ МПа}$ when tested on an automatic bench. The developers of the departmental Ukrainian instruction ЦЛ-0013 are invited to make in clause 15.5.7 corresponding changes regarding the requirement of optional observance of the value of the size "a" within 300-350 mm at the bench test of the automatic regulators for the tensile load under the standardized force of 8t.

Keywords: car brake equipment, automatic adjuster, screw unscrewing, automatic test stand, strength test, stress state, loading forces.

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-20-27

Вступ. Область застосування авторегуляторів: вантажні, пасажирські вагони та електропоїзди магістральних залізниць [1]. Авторегулятор РКЗТ-675 (РТПП-675) і РТПП-675М (див. рис. 1) встановлюється в гальмову важільну передачу пасажирського вагону і служить для автоматичної підтримки зазорів між поверхнями

катання колісних пар і гальмівними колодками у встановлених межах незалежно від зносу поверхонь кочення коліс і гальмівних колодок [2].

Конструкція авторегуляторів дозволяє змінити робочий хід штока поршня і гальмівного циліндра та здійснювати ручний розпуск і стягування регулятора [3]. Механізм авторегуляторів

включає: гвинт з несамогальмівним трапецеїдальним різьбленням, регулювальну гайку, стакан і пружину, які змонтовані разом в сталевому корпусі.



Рисунок 1 – Авторегулятори РКЗТ-675 (РТП-675) і РТП-675М пасажирських вагонів

У відповідності до вимог відомчої «Інструкції з ремонту гальмівного обладнання вагонів ЦЛ-0013» працездатність авторегуляторів РКЗТ-675 (РТП-675) і РТП-675М та їх пружин під час ревізії чи ремонту пасажирських вагонів перевіряється на спеціальних випробувальних стендах.

Наприкінці 2019 року вагонне депо Київ-Пасажирський придбало сучасний автоматичний стенд ІА574Б-675 для випробування авторегуляторів РКЗТ-675 (РТП-675) і РТП-675М пасажирських вагонів та їх пружин (див. рис. 2).



Рисунок 2 – Автоматичний стенд ІА574Б-675 для випробування авторегуляторів РКЗТ-675 (РТП-675) і РТП-675М пасажирських вагонів та їх пружин (ПМП «КОМПРО», Україна)

Під час введення стенду в експлуатацію між представниками виробника (ПМП «КОМПРО», м. Одеса) і Замовником (філія «Пасажирська компанія» АТ «Українська залізниця», м. Київ) виникли суперечності стосовно доцільності відкручування гвинта на розмір «а» в межах 300-350 мм під час випробування авторегуляторів на міцність під навантаженням нормованим зусил-

лям 8 тс. Дані умови проведення випробувань авторегуляторів визначені вимогами п. 15.5.7 відомчої інструкції ЦЛ-0013. Проте, дослідження впливу довжини викручування гвинта в межах робочого діапазону на напруженість стану авторегулятора при стендових випробуваннях не проводились.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В п. 15.5.7 «Інструкції з ремонту гальмівного обладнання вагонів ЦЛ-0013» зазначена вимога до довжини відкручування гвинта на розмір «а», яка стосується позиції розміщення гайки на гвинті авторегулятора в межах від 300 до 350 мм від початку різьби при випробуванні авторегуляторів на міцність під навантаженням нормованим зусиллям, а саме:

«На автоматичному стенді для випробування, крім перевірок, перерахованих у пунктах 15.5.3 – 15.5.5 даної Інструкції, регулятор повинен бути підданий перевірці на міцність і автоматичне стягування на довжині гвинта не меншій 500 мм – для регуляторів 574Б, не меншій 600 мм – для регуляторів РКЗТ-675 (РТП-675) і РТП-675М.

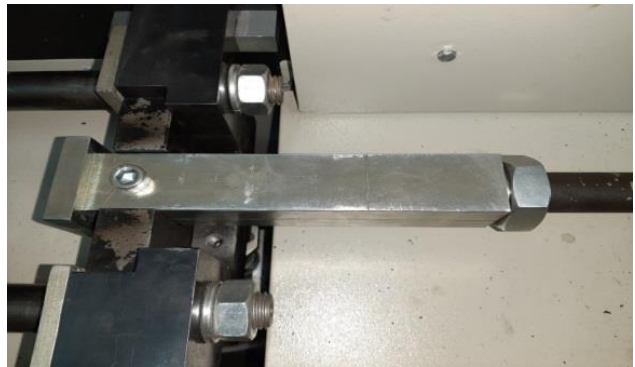
Для перевірки на міцність регулювальний гвинт регулятора повинен бути викручений до розміру «а» від 300 до 350 мм, до регулятора повинне прикладатися розтягувальне зусилля $(8 \pm 0,1)$ тс і після двохвилинної витримки зніматися. При цьому регулятор повинен витримувати навантаження і працювати як жорстка тяга.

Для перевірки на автоматичне стягування гвинт регулятора необхідно викрутити на величину не меншу 500 мм – для регуляторів 574Б, не меншу 600 мм – для регуляторів РКЗТ-675 (РТП-675), РТП-675М і зробити серію ступенів гальмування з наступним відпуском до повного стягування гвинта. При цьому величина скорочення розміру «а» після кожного ступеня гальмування з наступним відпуском повинна знаходитися в межах, приведених у пункті 15.5.4 даної Інструкції».

В експлуатаційній документації виробника обладнання «Інструкція з експлуатації. Стенд для випробування авторегуляторів пасажирських вагонів № 574Б, РТП-675 (РКЗТ-675), РТП-675М та їх пружин. ІА574Б-675» передбачено випробування авторегулятора проводити у два етапи (див. рис. 3): на першому етапі проводиться перевірка на автоматичне стягування на довжині гвинта не меншій 500 мм – для регуляторів 574Б, не меншій 600 мм – для регуляторів РКЗТ-675 (РТП-675) і РТП-675М, і тільки після цього проводиться випробування авторегулятора на міцність зусиллям у $80 \text{ кН} \approx (8 \pm 0,1) \text{ тс}$.



а)



б)

Рисунок 3 – Положення регулятора при випробуванні на стенді: а) на першому етапі при перевірці на автоматичне стягування; б) на другому етапі випробування авторегулятора на міцність зусиллям навантаження

Опорними шпинделями стенду конструктивно передбачено закріплення регулятора с обох кінців на випробувальному стенді таким чином, що позиція розміщення гайки на гвинті авторегулятора за розміром «а» дорівнює 380 мм, що перевищує встановлені межі 300-350 мм для розміру «а» у вимогах п. 15.5.7 діючої відомчої «Інструкції з ремонту гальмівного обладнання вагонів ЦЛ-0013».

В аналогічній інструкції РЖД ЦВ-ЦЛ-732 «Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов» (редакція 2014 року) у відповідному розділі зазначено наступне: *«п.11.5.4 Испытание регулятора на прочность при растягивающем усилии ($8 \pm 0,1$) тс необходимо производить только на испытательном стенде, конструкцией которого предусмотрено это испытание. Регулятор выдерживается под растягивающим усилием в течение от 1 до 2 минут, он должен выдержать загрузку и работать как жесткая тяга»*. Як бачимо вимога із зазначенням нормованої довжини викручування гвинта щодо розміру «а» відсутня.

Тому є актуальним провести дослідження та визначити чи впливає довжина відкручування гвинта на розмір «а» в межах діапазону від 0 до 600 мм на чисельні значення параметрів напруженого стану авторегулятора при стендовому випробуванні авторегуляторів на міцність під навантаженням нормованим зусиллям 80 кН?

Регулятор на стенді випробовується як жорстка тяга і всі деформації гвинта по довжині під час випробування із нормованим (80 кН) зусиллям навантаження є пружними, залишкові деформації відсутні. Мінімальна довжина авторегулятора l дорівнює 1600 мм, а при випробуванні на стягнення регулятор має можливість змінювати свою довжину за рахунок відкручу-

вання гвинта в діапазоні розміру «а» від 0 до 600 мм. Таким чином, загальна довжина регулятора може коливатися в діапазоні від 1600 до 2200 мм.

Для визначення впливу подовження регулятора можуть бути застосовані аналітичні співвідношення наведені, наприклад, у [4, 5].

Із закордонного досвіду [6, 7] практичні розрахунки міцності при розтяганні металевго стрижня в повздовжньому напрямку виконуються на основі реалізації методу скінчених елементів [8] із застосуванням програмних комплексів «Зеніт-97», Ansys чи NX Nastran. Комплекс Ansys використовують для вирішення завдань механіки деформованого твердого тіла – від лінійних розрахунків на міцність для швидкої оцінки напружено-деформованого стану конструкції в складних багатодисциплінарного розрахунків, інтегрованих в Ansys Workbench [9-12].

Мета та основні завдання досліджень Метою дослідження є отримання порівняльної оцінки параметрів напруженого стану авторегулятора із різною довжиною відкручування гвинта при випробуванні на міцність, як металевго жорсткого стрижня, визначення наявності впливу довжини відкручування гвинта шляхом порівняння параметрів напруженого стану авторегулятора з різною довжиною відкручування гвинта на розмір «а» у всьому можливому діапазоні від 0 до 600 мм при випробуванні його на автоматичному стенді на міцність нормованим зусиллям навантаження за умови відсутності залишкових деформацій гвинта регулятора по довжині. Основні завдання досліджень:

- здійснити розрахунки аналітичним методом за методиками [4, 5] та порівняти параметри напруженого стану авторегулятора із довжиною

відкручування гвинта на розмір «а» у всьому можливому діапазоні від 0 до 600 мм при випробуванні на міцність, як металевого жорсткого стрижня (за відсутністю залишкових деформацій стрижня по довжині) у відповідності до вимог діючого в Україні стандарту ДСТУ EN 10002-1:2006 Матеріали металеві. Випробування на розтяг. Частина 1. Метод випробування за кімнатної температури (EN 10002-1:2001, IDT);

- зробити аналогічні розрахунки чисельним методом із застосуванням багатоцільового програмного комплексу Ansys [7], який сертифікований відповідно до міжнародного стандарту ISO 9001 [8], що входить до серії стандартів ISO 9000, та порівняти отримані результати із попередніми розрахунками.

Виклад основного матеріалу

Умова міцності при розтяганні металевого прута (гвинта) в повздовжньому напрямку має вигляд [4]:

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma], \quad (1)$$

де $\sigma_{\max}$ – напруженість зразка в поперечному перетині гвинта при розтяганні у повздовжньому напрямку осі навантаження;

$N_{\max}$ – зусилля навантаження у повздовжньому напрямку осі при якому настає момент руйнування гвинта;

A – площа поперечного перетину гвинта.

$[\sigma]$ – допустиме нормальне напруження.

За законом Гука залежність між напруженням і деформацією при розтяганні гвинта авторегулятора прямопропорційна [4, 5]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon, \quad (2)$$

де E – модуль пружності гвинта, який є фізичною постійною матеріалу;

ε – відносна деформація гвинта по довжині.

Відносну деформацію ε по довжині гвинта можна розрахувати за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (3)$$

де Δl – подовження гвинта, як різниця між довжиною гвинта до і після навантаження нормованим зусиллям;

l – довжина гвинта до навантаження нормованим зусиллям;

Зазвичай діаграма розтягання будується у координатах «зусилля-деформація», тому розрахунок на міцність виконується з урахуванням подовження зразка. У випадку пластичного матеріалу руйнуванню передують значне подовження гвинта Δl , яке розраховують за формулою:

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A}, \quad (4)$$

де N – зусилля навантаження у повздовжньому напрямку осі гвинта (в нашому випадку $N = 80$ кН);

l – довжина авторегулятора із відкручуванням гвинта на різний розмір «а», значення якої обирається з множини {1600; 1900; 1950; 1980; 2000; 2200} мм;

E – модуль пружності гвинта (для марки Сталь 45 дорівнює $E = 2,1 \cdot 10^8$ кПа);

A – площа поперечного перетину гвинта (в нашому випадку всі металеві зразки мають циліндричну форму однакового діаметру 30 мм (або радіус $r = 1,5$ см = 0,015 м), тому площа поперечного перерізу $A = \pi r^2 = 7,06858 \cdot 10^{-3}$ м².

Підставляючи в формулу (4) вирази (2) і (3) отримаємо, що напруженість гвинта при розтягуванні однакова в усіх точках:

$$\sigma = \frac{N}{A}. \quad (5)$$

Формула (5) показує, що коли подовжня сила та площа поперечного перерізу незмінні, напруженість σ залишається постійною.

Таким чином, напруженість гвинта σ від довжини авторегулятора l не залежить, а проводити розрахунки за формулою (4) – недоцільно, тому що при зміні Δl відношення (5) є незмінним.

Розрахована за формулою (5) напруженість гвинта повинна зіставлятися з гранично допустимим напруженням для матеріалу стрижня.

Допустима межа міцності для гвинта марки Сталь 45 дорівнює $\sigma_{\max} = 550$ МПа [5]. При досягненні або перевищенні цього значення напруженості відбувається руйнування гвинта авторегулятора.

Умовна межа плинності для гвинта Сталь 45 дорівнює $\sigma_T = 275$ МПа [5]. При менших значеннях напруженості σ_T деформації зразка по довжині є пружними і не залишаються, а при більших значеннях $\sigma_{\max}$ деформації є незворотними для авторегулятора.

Для порівняння параметрів напруженого стану авторегулятора з різною довжиною відкручування гвинта на розмір «а» у всьому можливому діапазоні від 0 до 600 мм при випробуванні його на автоматичному стенді потрібно провести розрахунки для різних значень довжини відкручування гвинта $l \in \{1600; 1900; 1950; 1980; 2000; 2200\}$ мм, а отримані значення напруженості σ порівняти із допустимим.

В нашому випадку при випробуванні на міцність змінною є тільки відносна деформація ε , яка залежить від довжини гвинта, тому отримані значення напруженості будемо порівнювати із допустимим значенням $\sigma_T = 275$ МПа, при якому деформації зразка по довжині є пружними і не залишаються після зняття зусилля навантаження

авторегулятора.

Визначення аналітичним методом напруженості гвинта авторегулятора при випробуваннях на міцність показало, що при відкручуванні гвинта на розмір 1600; 1900; 1950; 1980; 2000 та 2200 мм значення напруженості становить $\sigma = 113,23$ МПа. Значення подовження гвинта Δl становить, відповідно, 0,867; 1,020; 1,051; 1,067; 1,132 та 1,186 мм

На підставі аналізу отриманих результатів розрахунків аналітичним методом можна зробити наступні висновки:

1. Дискретне значення подовження гвинта Δl при випробуваннях із різною довжиною авторегулятора змінюється несуттєво.

2. Розмір «а» (в межах діапазону від 0 до 600 мм) відкручування авторегулятора при випробуваннях його на міцність із однаковим зусиллям навантаження ($N = 80$ кН) в повздовжньому напрямку не впливає на кінцеве значення напруженості гвинта, яке дорівнює $\sigma_p = 113,23$ МПа.

3. Коефіцієнт запасу міцності авторегулятора при навантаженні зусиллям ($N = 80$ кН) в повздовжньому напрямку розраховується за формулою:

$$k = \frac{\sigma}{\sigma_p} \quad (6)$$

де σ – нормоване значення напруженості гвинта авторегулятора за видами деформацій;

σ_p – розрахункове значення напруженості гвинта авторегулятора.

Коефіцієнт запасу міцності авторегулятора в режимі пружних деформацій складає 2,43, а в режимі навантаження, до моменту руйнування, дорівнює 4,86.

Для остаточного підтвердження аналітичного розрахунку проведено розрахунок чисельним методом. Консольна стрижнева конструкція діаметром 0,030 м з доданою до кінцевого перетину силою, що розтягується $N = 80$ кН. Довжина стрижня має різні номінальні значення: $l \in \{1,60; 1,90; 1,95; 1,98; 2,20\}$ м.

Отримані результати комп'ютерних розрахунків напруженого стану σ металевих стрижнів різної довжини за допомогою програмного пакету Ansys на основі реалізації методу скінчених елементів вказані на діаграмах (див. рис. 4 – 13).

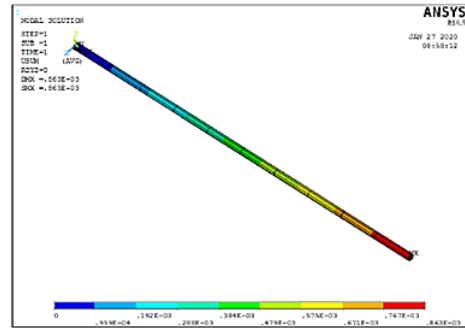


Рисунок 4 – Переміщення (подовження, м) в зразку довжиною 1,60 м

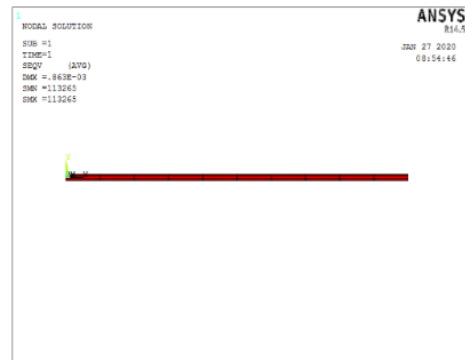


Рисунок 5 – Напруження (кПа) в зразку довжиною 1,60 м

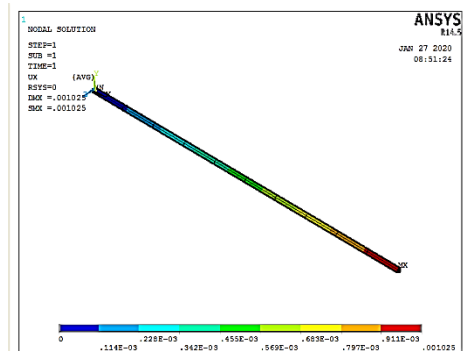


Рисунок 6 – Переміщення (подовження, м) в зразку довжиною 1,90 м

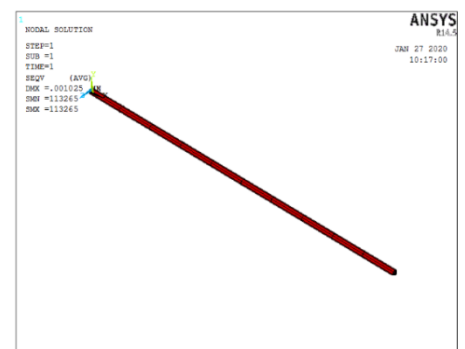


Рисунок 7 – Напруження (кПа) в зразку довжиною 1,90 м

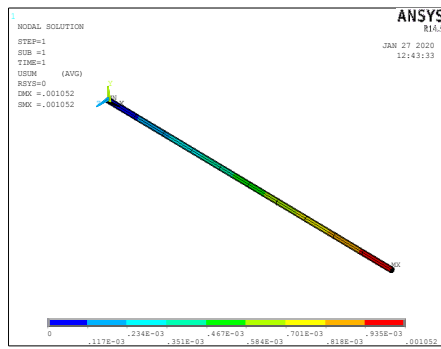


Рисунок 8 – Переміщення (подовження, м) в зразку довжиною 1,95 м

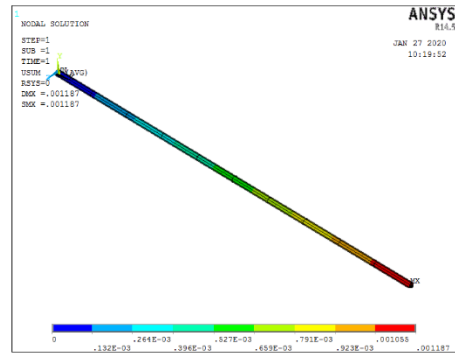


Рисунок 12 – Переміщення (подовження, м) в зразку довжиною 2,20 м

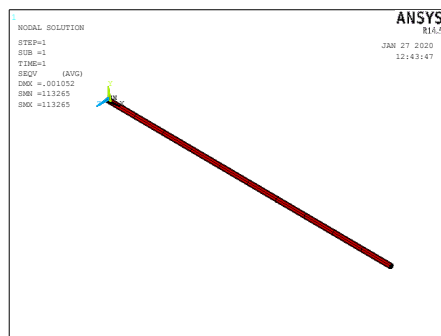


Рисунок 9 – Напруження (кПа) в зразку довжиною 1,95 м

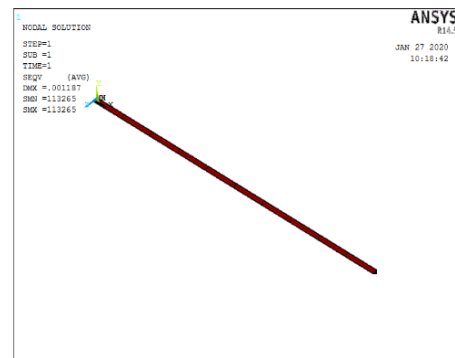


Рисунок 13 – Напруження (кПа) в зразку довжиною 2,20 м

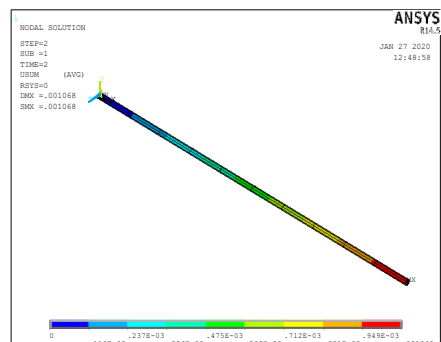


Рисунок 10 – Переміщення (подовження, м) в зразку довжиною 1,98 м

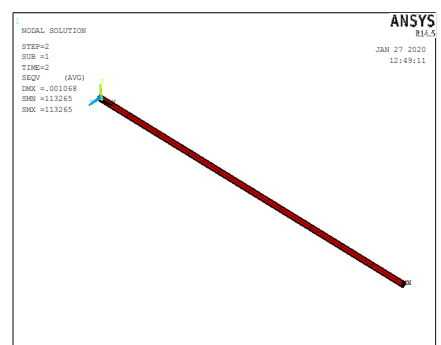


Рисунок 11 – Напруження (кПа) в зразку довжиною 1,98 м

На підставі аналізу, проведеного із застосуванням багатоцільового програмного комплексу Ansys для чисельних результатів напруженого стану авторегулятора з різною довжиною відкручування гвинта на розмір «а» можна побачити, що вони співпадають з результатами аналітичних розрахунків із відносною похибкою 0,03 %.

Висновки. На підставі отриманих значень напруженого стану авторегулятора з різною довжиною відкручування гвинта на розмір «а» за розрахунками двома різними методиками та стандартами можна зробити загальний висновок, що розмір «а» (в межах діапазону від 0 до 600 мм) відкручування авторегулятора при випробуваннях його на міцність із однаковим зусиллям навантаження ($N = 80$ кН) в повздовжньому напрямку не впливає на розрахункові значення напруженості гвинта $\sigma_p = 113,23$ МПа під час випробування на автоматичному стенді.

Пропонується у відомчій «Інструкції з ремонту гальмівного обладнання вагонів ЦЛ-0013» ввести в п. 15.5.7 відповідні зміни щодо вимоги обов'язкового дотримання значення розміру «а» в межах від 300 до 350 мм при стендовому випробуванні авторегуляторів на міцність під навантаженням нормованим зусиллям.

Список використаних джерел

References

1. Perpinya, D. "Reliability and safety in railway", Barcelona, 2012.
2. Cruceanu, Cătălin & Camil, Craciun. Aspects regarding braking process of passenger trains with different braking systems in composition. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 400, Issue 4, (2018), 042012. DOI: 10.1088/1757-899X/400/4/042012.
3. M. Günay, M. E. Korkmaz, R. Özmen. An investigation on braking systems used in railway vehicles. Engineering Science and Technology, an International Journal. Volume 23, Issue 2, April 2020, P. 421–431.
4. Афанасьєва О. В. Матеріалознавство та конструкційні матеріали. Навч. посібник. Харків: ХНУРЕ, 2016. 188 с.
5. Волошин Д. І., Афанасенко І. М., Дерев'янчук Я.В. До питання удосконалення конструкції гальмівної важільної передачі вагона-хопера. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. № 2 (243). С. 54–59.
6. Olshevskiy, Alexander & Olshevskiy, Alexey & Berdnikov, Oleg & Kim, Chang. (2012). Finite element analysis of railway disc brake considering structural, thermal, and wear phenomena. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 226. pp. 1845–1860. 10.1177/0954406211428705.
7. Wysokowski A., Howis J. Obliczenia przepustow Metodą Elementow Skończonych – MES. 2011. № 3 (36). P. 54–57.
8. Оробей В.Ф. Расчет машиностроительных конструкций численными методами. Том 2. Одесса : Апрель, 2018. 840 с.
9. Маркова Е. В., Чечуга О. В. Использование программы ANSYS для анализа работоспособности конструкций. Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. Вып. 8. Ч. 2. С. 206–209.
10. Meroğlu. Rayli sistemlerde ray ve teker arasındaki temas analizinin ANSYS ortamında incelenmesi. MEGEP, Raylı Sistemler Teknolojisi, Ankara, 2013. URL: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52735246/tez.pdf?1492763124> (дата звернення 08.05.2020).
11. Путинцева А. В. Оптимизация элементов конструкции с помощью генетического алгоритма в существующих программных продуктах. Строительство, материаловедение, машиностроение. 2016. № 94. С. 137–142.
12. Барулина М. А. Использование ANSYS WORKBENCH для работы с геометрическими моделями. Москва: Эдитус, 2012. 316 с.
1. Perpinya, D. "Reliability and safety in railway", Barcelona, 2012.
2. Cruceanu, Cătălin & Camil, Craciun. (2018). Aspects regarding braking process of passenger trains with different braking systems in composition. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 400. DOI: 042012. 10.1088/1757-899X/400/4/042012.
3. M. Günay, M. E. Korkmaz, R. Özmen. An investigation on braking systems used in railway vehicles. Engineering Science and Technology, an International Journal. Volume 23, Issue 2, April 2020, P. 421–431.
4. Afanasieva O.V. Materialoznavstvo ta konstruktsiini materialy. Navch. posibnyk. Kharkiv: KhNURE, 2016. 188 p.
5. Voloshyn D.I., Afanasenko I.M., Derevianchuk Ya.V. Do pytannia udoskonallennia konstruktsii halmivnoi vazhilnoi peredachi vahona-khopera. Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia. № 2 (243), 2018. P. 54–59.
6. Olshevskiy, Alexander & Olshevskiy, Alexey & Berdnikov, Oleg & Kim, Chang. (2012). Finite element analysis of railway disc brake considering structural, thermal, and wear phenomena. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. 226. 1845-1860. 10.1177/0954406211428705.
7. Wysokowski A., Howis J. Obliczenia przepustow Metodą Elementow Skończonych – MES. 2011. № 3 (36). P. 54–57.
8. Orobej V.F. Raschet mashinostroitel'nykh konstrukcij chislennymi metodami. Tom 2. Odessa : Aprel', 2018. 840 p.
9. Markova E.V., Chchuga O.V. Ispol'zovanie programmy ANSYS dlya analiza rabotosposobnosti konstrukcij. Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki. 2016. V.8. Vyp 2. P. 206–209.
10. Meroğlu. Rayli sistemlerde ray ve teker arasındaki temas analizinin ANSYS ortamında incelenmesi. MEGEP, Raylı Sistemler Teknolojisi, Ankara, 2013. URL: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52735246/tez.pdf?1492763124> (accessed 08.05.2020).
11. Putinceva A. V. Optimizaciya elementov konstrukcii s pomoshch'yu geneticheskogo algoritma v sushchestvuyushchih programnykh produktah. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie. 2016. № 94. P. 137–142.
12. Barulina M. A. Ispol'zovanie ANSYS WORKBENCH dlya raboty s geometricheskimi modelyami. Moskva: Editus, 2012. 316 p.

Надійшла до редакції 30.06.2020

УДК 629.4.018

К. Ф. Боряк, д.т.н., М. О. Манзарук*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса***ОСОБЛИВОСТІ СТЕНДОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ГІДРАВЛІЧНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА**

Дослідження у статті присвячені вивченню проблеми, яка полягає в значній різниці значень робочого ходу поршня при випробуванні однотипного гідравлічного гасника коливань на різних за конструкцією стендах і застосованих в них різних методах випробувань гасника. Метою досліджень є підтвердження або спростування наявності впливу величини ходу поршня на експертну оцінку технічного стану гідравлічного гасника коливань. Проведені експериментальні дослідження із різним об'ємом демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М на сучасному універсальному випробувальному стенді ИГК-90.1. Порівняльний аналіз протоколів показав, що в режимі «стиснення» характер залежностей сили і параметра опору із зростанням швидкості переміщення поршня змінюється при зменшенні об'єму демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника. Автори вважають, що випробування гасників на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу дозволяють виявити наявність деформацій напрямного штока і нестачу демпфуючої рідини (наявність повітря) в робочому циліндрі гасника.

Ключові слова: гідравлічний гасник коливань, демпфуюча рідина, сила опору гасника, параметр опору гасника, робочий хід поршня, випробувальний стенд, стендові випробування гасників.

К. Ф. Боряк, д.т.н., М. А. Манзарук**ОСОБЕННОСТИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ
КОЛЕБАНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА**

Исследования посвящены изучению научной проблемы, которая заключается в значительной разнице значений рабочего хода поршня при испытании однотипного гидравлического гасителя колебаний на различных по конструкции стендах и примененных в них методах испытаний гасителя. Целью исследований является подтвердить или опровергнуть наличие влияния величины хода поршня на экспертную оценку технического состояния гидравлического гасителя колебаний. Проведены экспериментальные исследования с различным объемом демпфирующей жидкости в рабочем цилиндре гасителя типа КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М на современном универсальном испытательном стенде ИГК-90.1. Сравнительный анализ протоколов показал, что в режиме «сжатия» характер зависимостей силы и параметра сопротивления с ростом скорости перемещения поршня меняется при уменьшении объема демпфирующей жидкости в рабочем цилиндре гасителя. Авторы считают, что проведение испытаний гасителей на ходе поршня не менее 80 % от максимального рабочего хода поршня позволяют выявить наличие деформаций направляющего штока и недостаточное количество демпфирующей жидкости (наличие воздуха) в рабочем цилиндре гасителя.

Ключевые слова: гидравлический гаситель колебаний, демпфирующая жидкость, сила сопротивления гасителя, параметр сопротивления гасителя, рабочий ход поршня, испытательный стенд, стендовые испытания гасителей.

К. Boriak, DSc, M. Manzaruk**PECULIARITIES OF BENCH TESTS OF HYDRAULIC DAMPER
OF RAILWAY PASSENGER CAR**

The studies are devoted to the scientific problem connected with the significant differences in the piston stroke values during testing of the same type of hydraulic damper by the use of different test benches and methods. The damper manufacturer uses the mechanical test bench ЛІИЖТ, the design of which was created back in Soviet times. This test bench has certain design limitations regarding the amplitude of harmonic vibrations of the drive mechanism, and therefore the dampers are tested at short piston strokes, which are

4 %; 8 %; 16 %, respectively, as a percentage of the maximum stroke of the piston. The passenger car depot, as a consumer of absorbers, conducts their tests at the more modern universal stand ИГК-90.1, which differs from the mechanical stand of the manufacturer of absorbers, both in design and in the method of testing absorbers.

The purpose of the research is to confirm or deny the presence of influence of the value of the piston stroke on the expert assessment of the technical condition of the hydraulic damper.

To solve this problem, the modern universal test bench ИГК-90.1 carried out experimental studies with different volumes of damping fluid in the slave cylinder of the KB3-ЛННЖТ 45.30.045M type. A comparative analysis of the protocols showed that in the "compression" mode, the nature of the obtained dependences of the force and resistance parameters with an increase in the piston's moving speed changes depending on the volume of the damping fluid in the damper's working cylinder.

The authors believe that testing the absorbers during the piston stroke of at least 80% of the maximum piston stroke allows the presence of deformations of the guide rod and the insufficient amount of damping fluid (the presence of air) in the absorber's working cylinder. Deformation of the stem can lead to jamming in operation. The presence of air in the working cylinder of the damper is generally unacceptable since such damper is not able to absorb the vertical and horizontal vibrations of the car body in a curved section of the railway track with the height difference of the railheads 150 mm.

Keywords: hydraulic damper, damping fluid, damper resistance force, damper resistance parameter, piston stroke, test bench, damper bench tests.

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-28-34

Вступ

Недосконалість законодавчої бази в Україні, недостатня кількість технічних регламентів, які охоплюють важливі конструкційні елементи пасажирського залізничного транспорту, відкривають легкий доступ на український ринок продукції, виготовленої за технічними умовами різних виробників. Не всі виробники ставляться прискіпливо до підтримання високої якості своєї продукції і в погоні за отриманням максимуму прибутку вдаються до комерційних хитрощів – зазначають в експлуатаційній документації на свої вироби технічні параметри із великим допуском відхилення геометричних розмірів чи зменшують кількість критеріїв з оцінювання якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій
Наприклад, один виробник в паспорті на виріб вказує дискретне значення нормованого параметра опору гідравлічного гасника коливань без прив'язування його до величини швидкості переміщення поршня, від якого воно залежить (рис. 1). Це робить неможливим здійснювати в подальшому контроль за випробуванням цього типу гасника на випробувальному стенді [1], оскільки заявлений виробником найважливіший для цього виробу критерій оцінювання працездатності [2] визначений некоректно.

Другий виробник на такий самий за технічними характеристиками виріб вказує діапазон нормованого параметра опору (110 ± 10 кН·с/м) тільки для однієї контрольної величини швидкості переміщення поршня 0,075 м/с (рис. 2) замість застосування декількох (2-3) контрольних діапазонів нормованого параметра опору у

відповідності до величин швидкості, наприклад, 1 – для дросельного і 1-2 – для клапанного режиму демпфування рідини у гаснику. Величина швидкості 0,075 м/с притаманне тільки до дросельного режиму, а контроль працездатності гасника у клапанному режимі цим виробником гасників ніяк не регламентується.



Рисунок 1 – Паспорт на гідравлічний гасник коливань типу НЦ1100

Третій виробник на виріб з такими ж технічними характеристиками вказує діапазон нормованого параметра опору для трьох контрольних діапазонів величини швидкості переміщення

поршня (рис. 3).

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ
Гасник коливань ГТГ-ЦП 190-11/11 УХЛІ А
ТУ У 30.2-25536693-004-2012
Виробник: ТОВ «ІПП „ПРОК“» м. Дніпропетровськ
т/ф (056) 791-1737

2. ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
Тип гасника – ЦП, телескопічно-поршневий, гідралічний
Довжина при повному стисненні, мм 360^{±5}
Діаметр поршня, мм 67.5
Хід поршня, мм 190^{±5}
Опір гасника коливань, кН/см 110^{±10}
Робоча рідина – олива МВІ ГОСТ 1805-76 (не менше), см³ 900
Маса гасника (не більше), кг 19.5
Тиск спрацювання клапанів, МПа 4,500.5

Робоча діаграма гасника коливань

Опір гасника, кН/см 110 при швидкості, м/с 0.025

3. КОМПЛЕКТ ПОСТАВКИ
Гасник коливань ГТГ-ЦП 190-11/11 УХЛІ А - 1 шт.
Паспорт виробу № 1140 - 1 шт.
Картонна індивідуальна тара - 1 шт.

4. СВИДІЦТВО ПРО ПРИЙМАННЯ
Гасник коливань № 1252, виготовлений та прийнятий згідно вимог ТУ У 30.2-25536693-004-2012, комплексу конструкторської документації та виготовлено предатим до експлуатації.

Начальник цеху Бончук А.В.
Інженер з якості Пилипчук В.М.
Штамп БТК Дата 09.02.2016 р.

5. ВІДОМОСТІ ПРО КОНСЕРВАЦІЮ ТА ПАКУВАННЯ
Гасник коливань ГТГ-ЦП 190-11/11 УХЛІ А консервовано та упаковано згідно ТУ У 30.2-25536693-004-2012 та комплексу конструкторської документації.

6. ВІДОМОСТІ ПРО СЕРТИФІКАЦІЮ
Гасник коливань сертифікований в системі УкрСЕПРО, сертифікат відповідності № UA1.099.01.020903-14 від 03 листопада 2014 р., дієвий до 02 листопада 2016 р.

7. ГАРАНТІЯ ВИРОБНИКА
Срок служби гасника не менше 25 років від дати виготовлення. Гарантійний термін експлуатації – 3 роки з дня відпалення або пробігу рухомого складу не менше ніж 1 млн. км, при умові виконання підприємством інструкції з експлуатації ЦП – 0061, ЦП – 0226.

Рисунок 2 – Гідралічний гасник коливань типу ГТГ-ЦП 190 11/11 УХЛІ А

1. Общие сведения об изделии
1.1 Гаситель колебаний (демпфер) 45.30.045М заводской номер 047 изготовлен на ОАО «Петуховский литейно-механический завод».
1.2 Гасители колебаний (демпферы) 45.30.045М применяются в центральном подвешивании пассажирских, почтовых, багажных вагон вагонов-ресторанов, вагонов-электростанций, электро- и дизель-поездов.
1.3 Гасители колебаний (демпферы) 45.30.045М изготавливаются в соответствии с ГОСТом Р 52279-2004 «Демпферы гидравлические рельсового подвижного состава. Общие технические условия» и ТУ 31 8383-001-00083262-06 «Гаситель колебаний (демпфер) 45.30.045 Технические условия».
1.4 Гасители колебаний (демпферы) 45.30.045М соответствуют требованиям безопасности, установленным НБ ЖТ ЦТ-ЦЛ-ЦВ 012-99, и име сертификат соответствия № ССФЖТ RU.ЦТ03.Б.03996, выданный Регистр сертификации на федеральном железнодорожном транспорте Российской Федерации (РС ФЖТ) 30.05.2007 г.
Срок действия сертификата до 30.05.2010 г.

2. Основные технические данные и характеристики
2.1 Конструктивное исполнение демпфера телескопический
2.2 Ход поршня, мм 190^{±5}
2.3 Длина в сжатом состоянии, мм 365^{±5}
2.4 Диаметр поршня, мм 67.5
2.5 Втулка крепления демпфера:
- внутренний диаметр, мм 32^{+0.25}
- длина, мм 92^{-0.87}
2.6 Рабочая жидкость – масло ВМГЗ ТУ 38.101.479-86
или масло приборное МВІ ГОСТ 1805-76
2.7 Объём рабочей жидкости, см³ 900^{±1000}
2.8 Масса демпфера, заполненного рабочей жидкостью, кг 19
2.9 Давление срабатывания предохранительных клапанов, кг/см² 52^{±5}
2.10 Значения параметра сопротивления β, кН·с/м:
- при испытании на скорости 0,075 ± 5 % м/с 100...120
- при испытании на скорости 0,15 ± 5 % м/с 58 ± 20 %
- при испытании на скорости 0,3 ± 5 % м/с 32 ± 20 %

Рисунок 3 – Паспорт на гідралічний гасник коливань типу 45.30.045М

У діючій відомчій «Інструкції з експлуатації і ремонту гідралічних гасників коливань візків пасажирських вагонів» (№ ЦЛ-0061) відсутні єдині критерії оцінювання технічного стану гідралічного гасника коливань одного типу від різних виробників [3]. Не упорядковані між со-

бою вимоги щодо застосування різних методів випробування гасників на різних за конструкцією випробувальних стендів [4]. Не має єдності в значеннях параметрів опору і швидкості переміщення поршня гасника [5]. Все це створює підґрунтя для виникнення суперечок між споживачем (працівниками експлуатаційних депо залізничного транспорту) та виробниками гасників.

В 2019 році вагонне депо «Київ-Пасажирський» придбало сучасний універсальний стенд ИГК-90.1 (рис. 4) для випробування гідралічних гасників коливань локомотивів, моторвагонного і пасажирського рухомого складу різних типів (ТЕ1-10А; № 677.000-01; № 678-000-02; № 679.000; № 168.75.000; ТЕП70.31.08.003; ЕП200.31.08.000-02(03); КВЗ-ЛИИЖТ 45.30.045М; КВЗ-ЛИИЖТ 4065.33.000; НЦ1100; ГТГ-ЦП 190 11/11 УХЛІ А; ЦПВ2 (ГКЦ 667640.012.00-01.6); БПВ1 (ГКЦ 667640.012.00-01.7); Т-70/28Х190SH (SV.42 1300 000 1109); KONI 90-2704; KONI 96V-1991; KONI 02Н-1932-011). Під час здійснення на стенді ИГК-90.1 працівниками вагонного депо вхідного контролю працездатності партії нових гідралічних гасників коливань із 40 одиниць одного типу ГТГ-ЦП 190 11/11 УХЛІ А частина гасників була забракована, причому в одному із гасників під час випробування заклинило поршень.



Рисунок 4 – Універсальний стенд ИГК-90.1 для випробування гідралічних гасників коливань (виробник ПМП «КОМПРО», Україна)

Це спонукало дослідити метод випробування гасників, який виробник застосував в конструкції стенду, на відповідність його вимогам розділу «8 Випробування гасників коливань на стендах» діючої відомчої інструкції № ЦЛ-0061

та ГОСТ 30635-99 «Амортизаторы телескопические гидравлические и гидропневматические механических транспортных средств и прицепов. Общие технические условия».

В паспорті (рис. 2) виробником гасника типу ГКГ-ЦП 190 11/11 УХЛ1А заявлено нормоване значення максимального робочого ходу поршня 190 ± 5 мм. Виробник проводить випробування своєї продукції методом гармонічних коливань на механічному стенді конструкції ЛІИЖТ (Росія, м. Санкт-Петербург) з регульованою частотою $n=0,5 - 5$ Гц та амплітудою 7 мм; 14 мм; 28 мм. Таким чином, можливості випробувального стенду ЛІИЖТ суттєво обмежені амплітудою гармонічних коливань приводного механізму (7 мм; 14 мм; 28 мм). Тому випробування гасників виробник проводить на малих ходах поршня, що дорівнює 4 %; 8 %; 16 % відповідно у відсотковому порівнянні з максимальним робочим ходом поршня (190 мм = 100 %).

В експлуатаційній документації виробника універсального випробувального стенду ИГК-90.1 передбачено до початку випробування проводити вимірювання максимального робочого ходу поршня під час циклу прокачування гасника. Виміряне значення робочого ходу для конкретного типу гасника порівнюється із нормованим і відображається на екрані монітора. В разі перевищення допустимої різниці між вимірним і нормованим значеннями оператор може припинити подальше випробування гасника або продовжити його на свій розсуд. Випробування гасників проводиться методом затухаючої частоти переміщення поршня на реальному максимальному робочому ході поршня, який попередньо вимірюється і зберігається в пам'яті комп'ютера для формування протоколу випробування.

Протиріччя, яке створило проблему, полягає в значній різниці значень робочого ходу поршня при випробуванні однотипного гідравлічного гасника коливань на різних за конструкцією стендах із застосуванням різних методів випробувань [6, 7].

В розділі 8 «Випробування гасників коливань на стендах» діючої відомчої інструкції №ЦІ-0061 зазначено наступне: «Об'єктивний контроль роботоздатності гасників коливань проводять на стендах методами гармонічних або затухаючих коливань із записом діаграми або віброграми. По діаграмі (віброграмі) визначають параметр опору, його відповідність нормативним значенням і можливі дефекти гасника коливань».

8.1 Випробування гасників коливань методом гармонічних коливань

Випробування проводять на стендах типу

ПКБ ЦВ, ЛІИЖТ, ОЭВРЗ-ЛІИЖТ, СВД15-1М, СВД-11-0,047П або аналогічних, що відтворюють гармонічний рух поршня відносно циліндра. **Випробування проводяться згідно з методиками заводів-виробників стендів**».

В розділі «8.6 Контроль характеристик амортизатора» міждержавного стандарту ГОСТ 30635-99 зазначені наступні вимоги щодо контролю характеристик гідравлічного гасника під час стендових випробувань: «8.6.1 Запис робочих діаграм при роботі амортизаторов с открывающимися клапанами отбоя и сжатия следует проводить в диапазоне максимальных скоростей от 0,20 до 1,00 м/с; с закрытыми клапанами – в пределах от 0,08 до 0,20 м/с. **При этом величина хода поршня должна быть не менее 80 % его полного хода** (с округлением до целых десятков миллиметров), но не более 100 мм».

Температура амортизатора перед испытанием должна быть в пределах от 15 до 30 °С.

В начале испытаний и в случае наличия перерывов запись диаграмм следует проводить после выполнения прокачки (не менее 4 циклов).

8.6.2 Рабочую характеристику амортизатора строят по рабочим диаграммам на основании ходов поршня и частот колебаний, обеспечивающих максимальные скорости поршня в пределах от 0,08 до 1,00 м/с. В этом диапазоне максимальных скоростей поршня должно быть записано не менее десяти рабочих диаграмм в соответствии с п. 8.6.1. По записанным рабочим диаграммам определяют максимальные значения силы сопротивления отбоя и сжатия, а по величине хода и значениям частот колебаний поршня – максимальные скорости последнего. По этим данным строят рабочую характеристику».

Небезпека виникнення аварійної ситуації з пасажирськими вагонами, до яких можуть призвести перевищення горизонтальних і вертикальних прискорень кузова, що викликані несправністю гідравлічних гасників коливань, докладно висвітлена в роботах [9, 10].

Мета та основні завдання досліджень

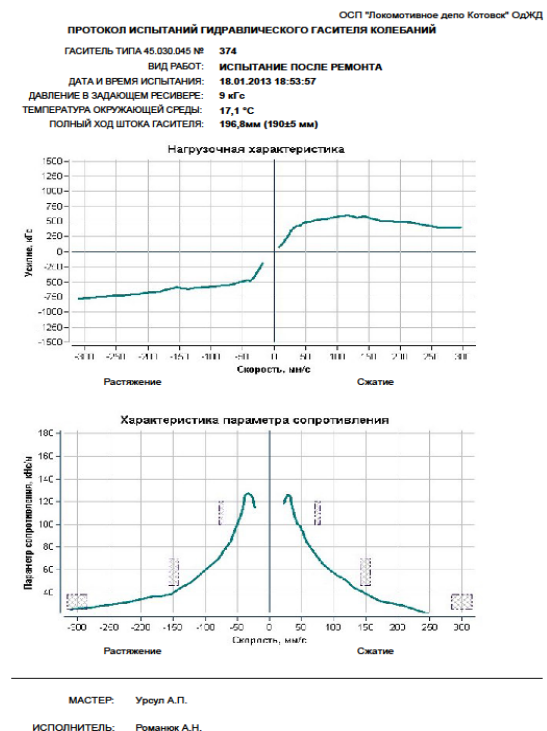
Метою досліджень є визначення наявності впливу величини ходу переміщення поршня на експертну оцінку технічного стану гідравлічного гасника коливань.

Завдання досліджень присвячені вивченню проблеми, яка полягає в значній різниці значень робочого ходу поршня при випробуванні однотипного гідравлічного гасника коливань на різних за конструкцією стендах і застосуванні в них різних методів випробування гасника та порівнянні їх між собою. На підставі цих до-

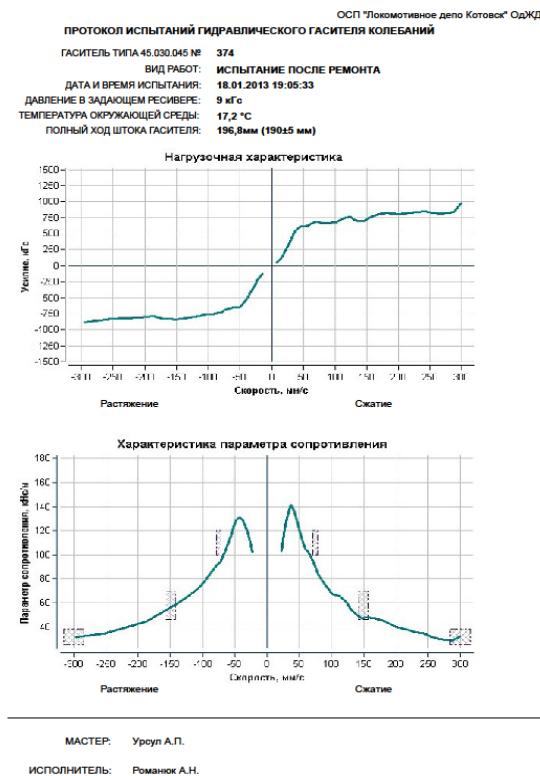
сліджень потрібно підтвердити або спростувати наявність впливу на визначальні характеристики та працездатність гасника з різними ходами переміщення поршня при стендових випробуваннях гасників.

Виклад основного матеріалу

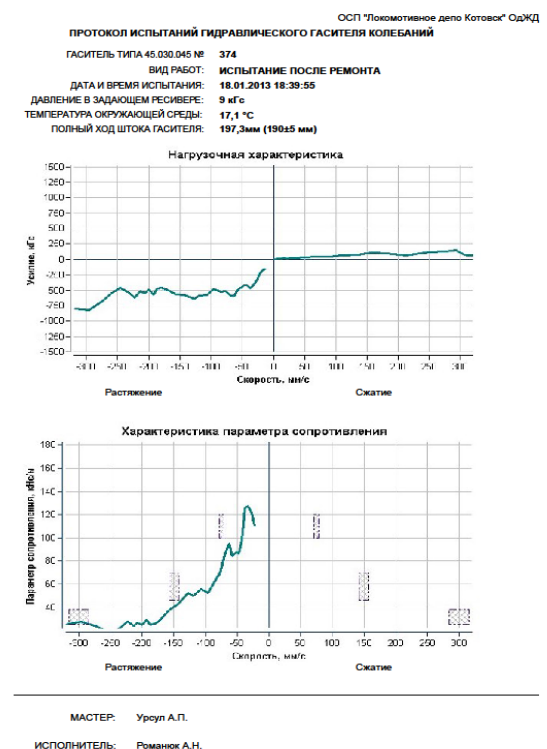
Для вирішення цієї проблеми були проведені експериментальні дослідження із різним об'ємом демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М, який є аналогічним за технічними характеристиками до інших типів: КВЗ-ЛІИЖТ 4065.33.000; НЦ1100; ГКГ-ЦП 190 11/11 УХЛ1А; ЦПВ2 (ГКЦ 667640.012.00-01.6). В паспорті виробника нормований обсяг демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М повинен бути в межах $900 \div 1000 \text{ см}^3$. Об'єм демпфуючої рідини в робочому циліндрі змінювався відповідно: 950 см^3 ($\approx 100 \%$); 850 см^3 ($\approx 90 \%$); 450 см^3 ($\approx 50 \%$). Отримані результати випробувань на універсальному стенді ИГК-90.1 представлені на рис. 5.



б)



а)



в)

Рисунок 5 – Протоколы випробування гасників типу КВЗ-ЛІИЖТ 45.30.045М з різним об'ємом демпфуючої рідини в робочому циліндрі:
а) 950 см^3 ($\approx 100 \%$); б) 850 см^3 ($\approx 90 \%$); в) 450 см^3 ($\approx 50 \%$)

На графіках (рис. 5) видно як в режимі «стиснення» змінюється характер залежностей сили і параметра опору із зростанням швидкості переміщення поршня в залежності від зменшення об'єму демпфуючої рідини в робочому циліндрі гасника. Порівняльний аналіз протоколів на рис. 5а, 5б, 5в показує, що гасник із заповненням на 50 % демпфуючою рідиною і наявністю повітря у робочому циліндрі (рис. 5в) не в змозі загасити вертикальні і горизонтальні коливання кузова вагону в криволінійній ділянці залізничного шляху із різницею в 150 мм по висоті між протилежними головками залізничних рейок (рис. 6).

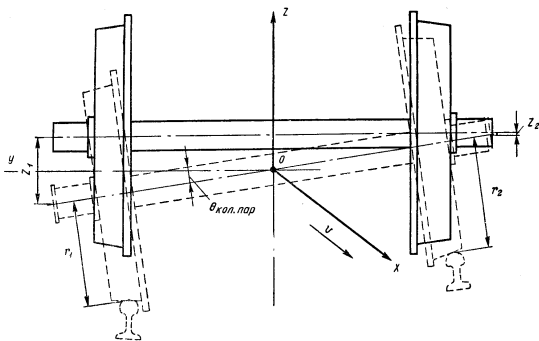


Рисунок 6 – Траєкторія руху колісної пари в криволінійних ділянках шляху з перепадом головок рейок до 150 мм

Висновки. Ми вважаємо, що відсутність у діючій відомчій інструкції № ЦЛ-0061 вимоги міждержавного стандарту ГОСТ 30635-99 щодо проведення випробувань гасників на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу є суттєвим недоліком. Для обґрунтування необхідності введення цієї вимоги, на наш погляд, потрібно врахувати дві вагомі причини.

По-перше. Випробування на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу дозволяють виявити наявність деформацій напрямного штока, які можуть мати місце в експлуатації внаслідок гідроударів. Останні можуть бути викликані нерівністю дорожнього полотна, неправильним демонтажем із транспортного засобу, результатами хибного з'єднання (зварювання) штока із захисним кожухом при ремонті, тощо. Деформація штоку може призвести до його заклинювання в експлуатації.

По-друге. Випробування на ході поршня не менше ніж 80 % від максимального робочого ходу дозволяють виявити наявність повітря в робочому циліндрі, як наслідок недостатнього обсягу демпфуючої рідини, яка через деформацію (або знос) ущільнюючого гумового манжета штока може витікати під час експлуатації.

Виявити це при випробуваннях гасника на менших 80 % значеннях робочого ходу поршня неможливо, і це є суттєвим конструкційним недоліком тих випробувальних стендів, на яких більшість російських і українських виробників гідравлічних гасників коливань проводить випробування у себе на виробництві.

Це питання декілька разів обговорювалося [3, 8], але розробники відомчої інструкції № ЦЛ-0061 так і не внесли відповідні зміни в розділ 8 «Випробування гасників коливань на стендах». Тому в подальшому всі суперечки між поставальниками та споживачами продукції треба вирішувати на підставі верховенства вимог у міждержавному стандарті ГОСТ 30635-99 над відомчою інструкцією № ЦЛ-0061.

Список використаних джерел

1. Боряк К. Ф., Манзарук М. А., Романюк А. Н. Недостатки ведомственной нормативной документации в отношении единства требований к конструкции гидродемпферов, нормированию усилий демпфирования и к методам испытаний. Інформаційний науково-технічний журнал «Залізничний транспорт України». Київ, 2014. № 3. С. 21–31.
2. Tarmaev A., Petrov G., Filippov V. N. Rationalization of parameters of hydraulic dampers of a carriage. February 2020. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 760:012057 Follow journal. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012057.
3. Боряк К. Ф., Манзарук М. А. К чему приводит отсутствие единства измерений при испытаниях гидродемпферов на стендах. Друга міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах» (ВКДТС-2013), 29-31 жовтня, 2013 р. Збірник тез доповідей. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і Л», 2013. С. 220–224.
4. Боряк К.Ф., Манзарук М.О. Порівняння випробувальних стендів різних виробників, які використовуються для технічного діагностування гідравлічних гасників коливань тягового рухомого складу. Международный информационный научно-технический журнал «Локомотив-информ». Харьков, № 5-6 (травень-червень), 2016. С. 4–7.
5. Titurus, B., du Bois, J., Lieven, N., and Hansford, R. E., "A method for the identification of hydraulic damper characteristics from steady velocity inputs," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 24, Issue 8, November 2010, pp. 2868–2887. DOI:10.1016/j.ymssp.2010.05.021(2).
6. Marian Witalis Dobry, Artur Krajewski. The

diagnostics of the technical state of hydraulic dampers using the energy method. December 2014. Conference: IV International Conference on "Manufacturing-2014" At: Poznan University of Technology. Volume: Abstracts, pp. 21–22.

7. Zeyao Hu, Dongli Song, Yuanchen Zeng, Weihua Zhang. Analysis of the service life of railway hydraulic dampers considering temperature and loading. January 2020 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F Journal of Rail and Rapid Transit. DOI: 10.1177/0954409719898079.

8. Демин Ю. В., Черняк А. Ю. Оценка динамических показателей безопасности движения, плавности хода и взаимодействия с путем скоростного подвижного состава. «Перспективы внедрения технических средств безопасности на железных дорогах Украины»: XIII Научн.-практ. конф., 10-12 сентября 2013 г. : тезисы докл. Одесса: Одесская ж.д. С. 20–26.

9. Hwan-Choong Kim, Yu-Jeong Shin, Wonhee You, Kyu Chul Jung, Jong-Seok Oh, Seung-Bok Choi. A ride quality evaluation of a semi-active railway vehicle suspension system with MR damper: Railway field tests. Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 3, pages 306–316. Article first published online: February 3, 2016; Issue published: March 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409716629706.

10. Wenlin Wang, Dingsong Yu, Rui Xu. Prediction of the in-service performance of a railway hydraulic damper. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 1, pages 19–32. Article first published online: November 29, 2015; Issue published: January 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409715618685.

References

1. Boryak K. F., Manzaruk M. A., Romanyuk A. N. Nedostatki vedomstvennoj normativnoj dokumentacii v otnoshenii edinstva trebovanij k konstrukcii gidrodempferov, normirovaniyu usilij dempfirovaniya i k metodam ispytaniy. Informatsiyni naukovo-tehnichniy zhurnal "Zaliznychnyi transport Ukrainy". Kyiv, 2014. # 3. S. 21–31.

2. Tarmaev A., Petrov G., Filippov V. N. Rationalization of parameters of hydraulic dampers of a carriage. February 2020. IOP Conference Series Materials Science and Engineering 760:012057 Follow journal. DOI: 10.1088/1757-899X/760/1/012057.

3. Boryak K. F., Manzaruk M. A. K chemu privodit otsutstvie edinstva izmerenij pri ispytaniyax gidrodempferov na stendax. Druha mizhnarodna naukova konferentsiia "Vymiriuvannia, kontrol ta diahnozyka v tekhnichnykh systemakh" (VKDTS-

2013), 29–31 zhovtnia, 2013 r. Zbirnyk tez dopovidei. Vinnytsia: PP "TD "Edelveis i L", 2013. S. 220–224.

4. Borjak K.F., Manzaruk M.O. Porivnannja vyprobuvalnykh stendiv riznykh vyrobnykiv, jaki vykorystovujutsja dlja tekhnichnogho diahnozu-vannja ghidravlitchnykh ghasnykiv kolyvanj tjahovogho rukhomogho skladu. Mezhdunarodnyj informacionnyj nauchno-texnicheskij zhurnal "Lokomotiv-inform". Xar'kov, № 5-6 (travencherven), 2016. S. 4-7.

5. Titurus, B., du Bois, J., Lieven, N., and Hansford, R. E., "A method for the identification of hydraulic damper characteristics from steady velocity inputs," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 24, Issue 8, November 2010, pp. 2868–2887. DOI:10.1016/j.ymssp.2010.05.021(2).

6. Marian Witalis Dobry, Artur Krajewski. The diagnostics of the technical state of hydraulic dampers using the energy method. December 2014. Conference: IV International Conference on "Manufacturing-2014" At: Poznan University of Technology. Volume: Abstracts, pp. 21–22.

7. Zeyao Hu, Dongli Song, Yuanchen Zeng, Weihua Zhang. Analysis of the service life of railway hydraulic dampers considering temperature and loading. January 2020 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F Journal of Rail and Rapid Transit. DOI: 10.1177/0954409719898079.

8. Demin Yu. V., Chernyak A. Yu. Ocenka dinamiceskix pokazatelej bezopasnosti dvizheniya, plavnosti xoda i vzaimodejstviya s putem skorostnogo podvizhnogo sostava. "Perspektyvy vprovadzhennia tekhnichnykh zasobiv bezpeky rukhu na zaliznytsiakh Ukrainy": XIII Nauchn.-prakt. konf., 10-12 sentyabrya 2013 g. : tezis dokl. Odessa: Odesskaya zh.d. S. 20-26.

9. Hwan-Choong Kim, Yu-Jeong Shin, Wonhee You, Kyu Chul Jung, Jong-Seok Oh, Seung-Bok Choi. A ride quality evaluation of a semi-active railway vehicle suspension system with MR damper: Railway field tests. Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 3, pages 306–316. Article first published online: February 3, 2016; Issue published: March 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409716629706.

11. Wenlin Wang, Dingsong Yu, Rui Xu. Prediction of the in-service performance of a railway hydraulic damper. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. Volume 231, issue 1, pages 19–32. Article first published online: November 29, 2015; Issue published: January 1, 2017. DOI: 10.1177/0954409715618685.

Надійшла до редакції 12.05.2020 р.

РОЗДІЛ 3

Інформаційно-вимірювальні системи і технології

UDC 621.317.1

O. M. Velychko^{1,2}, DSc, V. V. Gaman², O. V. Hrabovskii¹, PhD, T. B. Gordiyenko¹, DSc¹Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality, Odesa²State Enterprise "Ukrmetrteststandard", Kyiv**FEATURES OF TESTING OF THE BUILT-IN SOFTWARE OF MEASURING INSTRUMENTS**

Protection against unauthorized modification or its components, measurement data and protection against external unintentional and accidental interference are particularly important for measuring instruments (MIs) software. The possibilities of ensuring the security of built-in MI software, as well as MI as a whole, are considered. The analysis of the main features of built-in MI software on the basis of documents, guidelines and recommendations of international and regional organizations in the field of legal metrology are shown. The characteristics of MI software in accordance with international and regional documents, guidelines and recommendations are the establishment and regulation of such tests, which must be provided in the testing methods for specific MI with embedded software.

Keywords: software, measuring instruments, testing, legal metrology, normative base.

О. М. Величко, д.т.н., В. В. Гаман, О. В. Грабовський, к.т.н., Т. Б. Гордієнко, д.т.н.**ОСОБЛИВОСТІ ТЕСТУВАННЯ ВБУДОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій робить все більший вплив на спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ) для засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). Вимоги та порядок тестування ПЗ для ЗВТ викладені в документах міжнародних і регіональних організацій у галузі законодавчої метрології. У більшості випадків спеціалізоване ПЗ є одним із ключових компонентів такого ЗВТ. З огляду на це, необхідні ефективні методи тестування ПЗ ЗВТ з урахуванням ризиків і загроз, пов'язаних з його використанням.

ПЗ для ЗВТ має бути розроблене таким чином, щоб забезпечити максимальну придатність для правильного застосування самого ЗВТ. Залежно від типу конструкції ЗВТ, чи вбудованого ПЗ у ЗВТ, чи ЗВТ на основі універсального комп'ютера, використовуються різні підходи та заходи щодо захисту ПЗ, його компонентів і вимірювальних даних. Проведений аналіз основних особливостей ЗВТ із вбудованим ПЗ на основі документів, керівництв і рекомендацій міжнародних і регіональних організацій у галузі законодавчої метрології.

ПЗ для ЗВТ повинно надавати всю необхідну інформацію щодо його ідентифікації, заходів, що вживаються для забезпечення безпеки та придатності ПЗ. Найбільші вимоги щодо цього встановлюються для ПЗ ЗВТ, що використовуються як побутові прилади обліку витрат різноманітних ресурсів. Розглянуто можливості забезпечення безпеки як вбудованого в ЗВТ ПЗ, так і ЗВТ загалом. Розглянуті різні варіанти розміщення ПЗ у ЗВТ і особливості його тестування, однак основну увагу сконцентровано на вбудованому ПЗ у ЗВТ.

Для ПЗ ЗВТ особливо важливі захист від несанкціонованої його модифікації чи його компонентів, даних вимірювань та захист від зовнішніх ненавмисних та випадкових втручань. Характеристиками ПЗ ЗВТ згідно з міжнародними та регіональними документами, керівництвами і рекомендаціями є встановлення та регламентація таких випробувань, які необхідно передбачити в методах тестування для конкретних ЗВТ із вбудованим ПЗ.

Ключові слова: програмне забезпечення, засоби вимірювальної техніки, випробування, законодавча метрологія, нормативна база.

О. Н. Величко, д.т.н., В. В. Гаман, О. В. Грабовский, к.т.н., Т. Б. Гордиенко, д.т.н.**ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ ВСТРОЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Для программного обеспечения (ПО) средств измерительной техники (СИТ) особенно важны защита от его несанкционированного изменения или его компонентов, защита данных измерений и

защита от внешних непреднамеренных или случайных влияний. Рассмотрены возможности обеспечения безопасности встроенного ПО СИТ, а также СИТ в целом. Проведен анализ основных особенностей встроенного ПО МИ на основе документов, руководств и рекомендаций международных и региональных организаций в области законодательной метрологии. Характеристики ПО МИ в соответствии с международными и региональными документами, руководствами и рекомендациями являются установлением и регулированием таких испытаний, которые должны быть указаны в методах испытаний для конкретного МИ со встроенным ПО.

Ключевые слова: программное обеспечение, средства измерительной техники, испытания, законодательная метрология, нормативная база.

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-36-41

Introduction

The modern level of the development of information technology (IT) is having an increasing influence on specialized software for measuring instruments (MIs). The document of the International Organization of Legal Metrology (OIML) [1], the recommendation of the Eurasian Cooperation of the State Metrology Institute (COOMET) [2], the document and guideline of the European Organization for Cooperation in Legal Metrology (WELMEC) [3, 4] establish the main requirements and procedures for testing software for MIs.

Specialized software for MI has become one of the key components of modern MI. The basic MI configuration is of two types: based on a universal computer and built-in MI itself. The requirements for the respective two types of software are different, since built-in MI software is more secure. It is much easier to implement an extraneous intentional change to universal computer software. In addition, the MI used for accounting must have built-in MI software with a higher protection class.

It is relevant to select effective methods for testing specialized software for MI in order to identify the main risks and threats associated with its use. For this, it is necessary to analyze the basic requirements of international and regional documents, guidelines and recommendations and highlight the most critical ones. This is, first of all, advisable to do for built-in MI software.

Analysis of publications and research

An analysis of the requirements of regulatory support regarding specialized software for MI is shown in [5]. An analysis of the features of software testing methods for MI according to the requirements of [1, 4] is described in [6]. The algorithms for testing software for MI and their main components for OIML requirements [1] and WELMEC requirements [3, 4] are considered in [7]. An analysis of the regulatory framework at the national level for testing software for MI described in [8] in order to test its suitability for conformity assessment of MI. However, these works are not aimed at research the security of built-in MI software.

The security issues, risk assessments and threats associated with the use of MI software are discussed in [9-12]. Those research focus on testing methods according the WELMEC requirements [4] and international standards. However, these works do not take into account the OIML requirements [1] and the possibility of using the built-in MI software.

An approach aimed at automatically checking the parameters for built-in MI software in accordance with the OIML requirements [1] is proposed in [13]. The general criteria for assessing the safety and protection of software components are considered. However, this work does not take into account the WELMEC requirements [4].

Thus, in the described researches, no analysis was made of the complete fulfillment of all OIML requirements [1], in particular, with regard to testing of the built-in MI software.

Setting objectives

The purpose of this research is to develop approaches to ensure security built-in MI software, taking into account the features of its testing. This will increase the protection of MI software against unauthorized changes to the software and its components, measurement data, unintentional and / or accidental interference. This will help to protect built-in MI software from unauthorized changes to the software and its components, measurement data, unintentional and/or accidental interference.

Main features of the built-in MI software

Depending on the type of construction of the MI, from the built-in MI software to MI on the basis of a universal computer, different approaches and measures for protecting the software, its components and measurement data are used.

The built-in MI software (Figure 1) has the following features:

- they are built for specific measurable purposes, no other tasks can be fulfilled;

- they are built on the basis of microcontrollers that contain the components required for work and have a fixed set of commands;

- the user can enter only those commands that are installed by the manufacturer;

the display only shows the information that is installed by the manufacturer;
only the communication interfaces (Ethernet, USB, RS-232) that are installed by the manufacturer

are used;
the measuring and hardware part may be placed in a protective case that may be sealed.

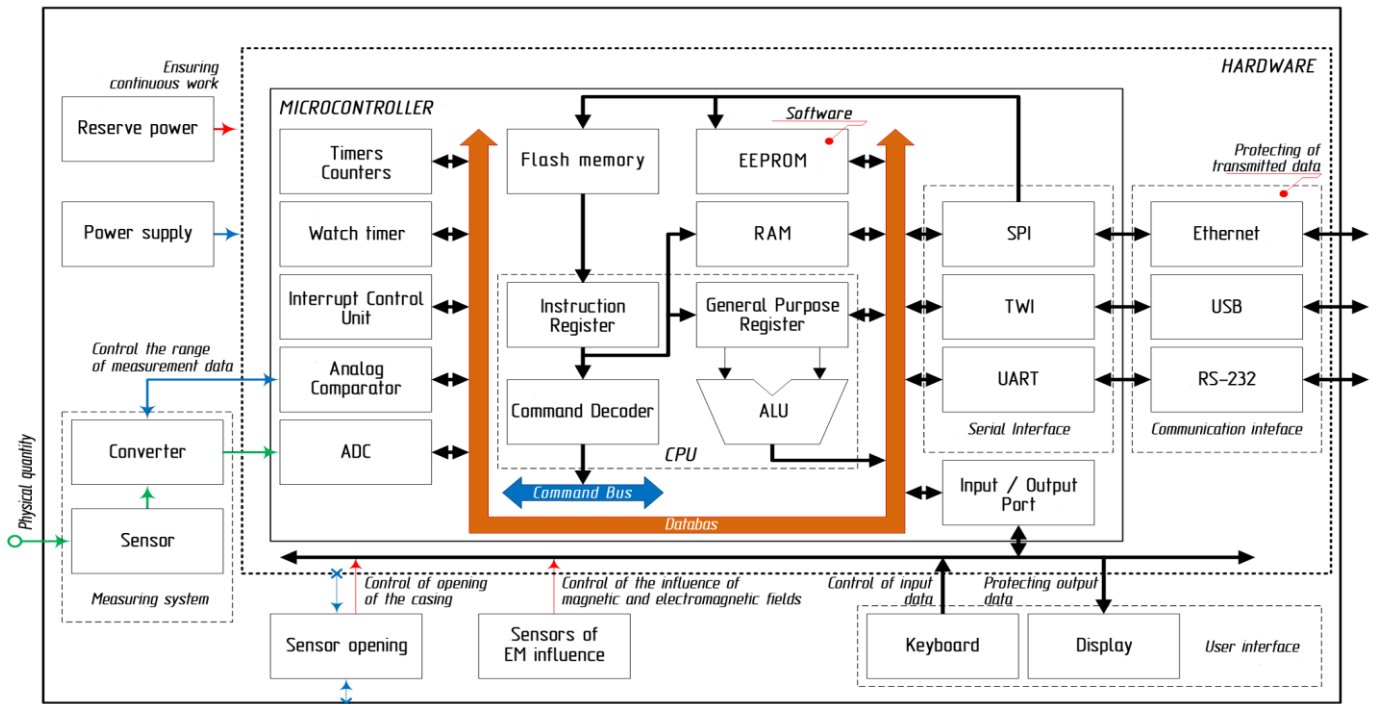


Figure 1 – General structure diagram of built-in MI software

These features provide the following software security capabilities (as well as the MI as a whole):

there is a possibility to block hardware reboot of the built-in software;

when using specialized microcontrollers that have built-in analog-to-digital converter (ADC) channels, measuring data from sensors or transducers comes directly to the microcontroller nodes for further processing, which excludes the possibility of interfering with these data;

it is possible to use microcontrollers with built-in specialized modules to provide protection: rapid calculation of CRC16/CRC32, random number generator, resource access separation, memory protection (MPU), etc.;

without interference in the hardware part of the device, it is impossible to spoil the data and commands transmitted between the microcontroller and the user interface, and it is impossible to enter commands not specified by the manufacturer;

through communication interfaces, only those commands and data that are associated with the measurement process are identified and transmitted by the manufacturer, in addition, some microcontrol-

lers contain an integrated module input/output data port and bridge peripheral;

in the event of MI failures associated with software, it is possible to restart it on a watch command;

the hardware part can be placed in the protective case, in case of which a record will be created in the event log;

if necessary it is possible to place sensors of magnetic and electromagnetic (EM) fields near sensitive elements of the measuring system, in case of exceeding the established norm, a record will be created in the event log;

a reserve power may be used to ensure continuous operation.

If MI has built-in software that is hosted on: microchips, permanent memory devices without erasure (PROM);

microchips, permanent memory devices with ultra-violet light (EPROM);

PROM or EPROM microcontrollers;

permanent memory devices with the ability to erase (EPROM, Flash) in the absence of data interfaces;

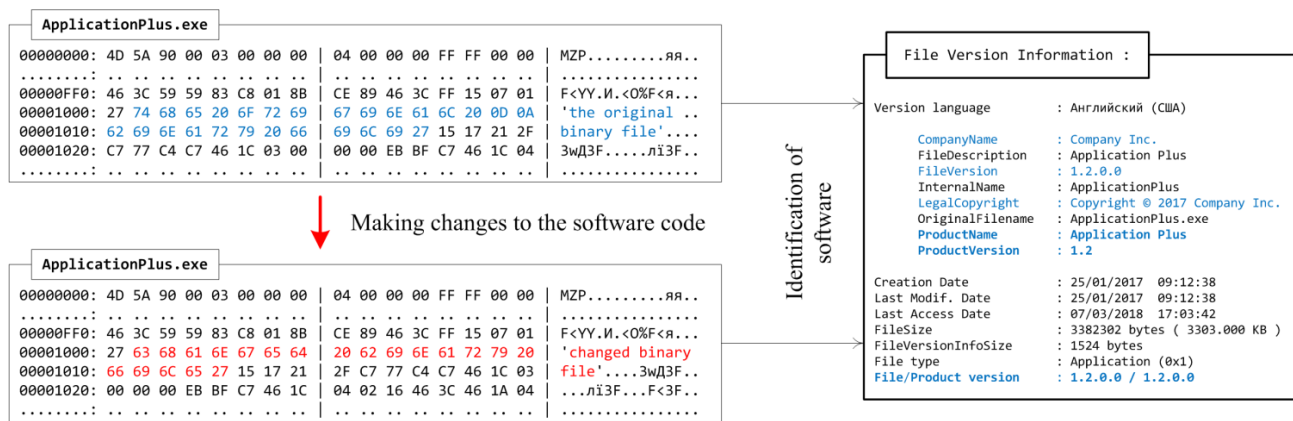


Figure 2 – Software identification for built-in MI software

or there is a constructive (hardware or software) blocking of microcontroller software overwriting, that is, there is no possibility of interference with software without opening the case (breakdown of the device's safety seal), then such software is considered to be unaltered during operation.

Basic requirements for built-in MI software

Unchanged software is considered to be the hardware unit of the device and is considered in the same volume as other components, nodes, elements of the electrical circuit, etc. The software documents submitted for conducting the tests for compliance with the requirements of the technical project must contain, including the justification for assigning the software to the same.

Software should be designed in such a way as to ensure maximum suitability for the correct application of the MI, including:

- not having un-documented functions or commands that may affect the metrological characteristics or performance of the MI;

- eliminate intentional or unintentional actions of the user or others through interfaces that may distort measurement results.

These requirements apply to the main embedded software, as well as to additional or auxiliary software, if it is used by the MI and may affect the measurement results, storage, or transmission of measurement results while operating this tool. Additional (auxiliary) software must also be identified and protected, that is, it needs to perform the same testing as for the main software. Software for MI must provide all necessary information regarding the identification of the software, the measures taken to ensure the security and suitability of the software.

Main features of identification of the built-in MI software

It is unimaginable to consider in more detail the

identification, security and applicability of MI software. Software identification is a sequence of characters that characterizes this software, is clearly associated with it and distinguishes it from software.

The main purpose of identifying common-use software is the protection of the copyright of the developer, which specifies the following data: the name of the developer, the trademark, the product name, the version of the product, etc. (Figure 2). For some developers, especially if the software is freeware, copyright protection is not important, so they do not specify copyright information.

For software, MI identification is used to verify and confirm the integrity and integrity of the software. For this purpose only the author's information is not enough, the possible change of the code of the array or files in no way affects the author's information. The identification should be such that it would be possible to track software changes, that is, each change should lead to a change of identification. It is possible to implement the calculation of the checksum using the algorithm of the cyclic redundancy code or the hashing of a specific data block. Any change to the software will change the software code. This will be the result of interference in MI.

For example, firmware microprocessor for embedded software, legally significant part of the file or the entire files is used (Figure 3). When any significant part of the software was changed, the value of the checksum was changed.

For built-in MI software, the use of cyclic redundancy code CRC-16 or CRC-32 is considered sufficient because:

- its implementation is relatively simple;
- does not require a lot of resources;
- the checksum function can also be used to control the integrity of the data being transmitted.

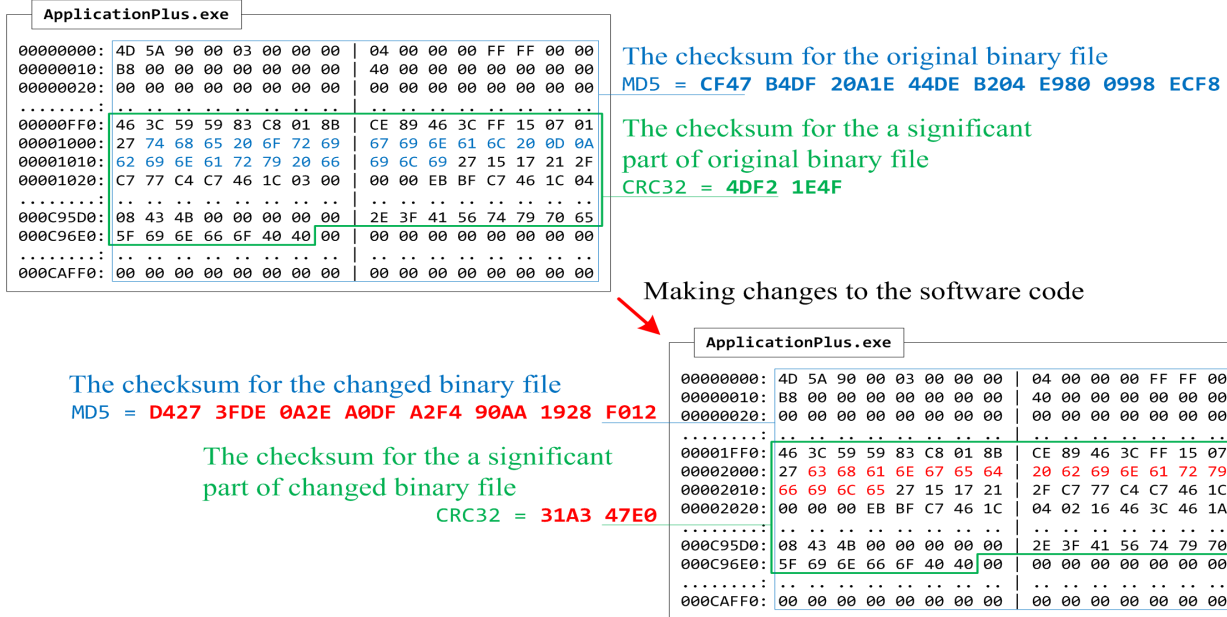


Figure 3 – Software code change indication for built-in MI software

For MI with an operating system, use of CRC is not appropriate; since it has a low level of counterfeit protection it is possible to change the code so that the checksum remains unchanged. For such tools, use hash functions, such as MD5, SHA-1, SHA-2, and RIPEMD-256.

Software identification may include the name of the software product, version, file name and file size or data array, checksum, and algorithm used (Figure 4).

codedata.hex, 32438 byte, Version 3.0; CRC32: 0x8B8D D33A

Figure 4 – Program identification option.

The choice of the algorithm to calculate the checksum depends on the hardware implementation and the adequate level of protection of components of the software from forgery.

Producers of MI with software, software developers should provide the ability to display identification when the device is turned on or by a user command. In the absence of indication or printer, it should be possible to read the identification through the interface.

As an exception, the identification may be indicated on the marking of MI, if it is not possible to display the value of the identifier on the display or there is no display, there is no communication interface, and after the device is made the software change is not possible or possible when replacing the hardware part. The software that has a specific identifier is identified.

Software protection in the broadest sense is a set of measures aimed at preventing the unauthorized use, study, distribution and modification of software, as well as protection against accidental interference. For MI software, protection against unauthorized modification of software and its components, measurement data, protection against unintentional and accidental interventions is important, namely:

- source software code;
- measuring data from measuring system sensors;
- command entered by the user;
- measurement data displayed on the display;
- measuring data and gauge coefficients stored in the device's long-term memory;
- measurement data transmitted through communication channels.

Main requirements to the built-in MI software testing

An extended classification of software testing approaches and methods based on test design approaches is considered in [14]. The document OIML D 31 [1] sets the general requirements for testing of MI with special software. The requirements of the document do not cover all the technical requirements that are individual for each type of MI. In particular, some indicators that are tested for MI software based on universal computers are not tested for MI with built-in software, as they are already a priori taken into account during design.

Therefore, it is necessary to consider the most critical requirements of document OIML D 31 [1], in particular: requirements for software protection

against prevention of accidental misuse of MI and authorization protection.

The document OIML D 31 provides an approval procedure for the MI type and the methods and software testing software depending on the established risk level. These risks are described in detail in [7]. In order to specify the requirements for software and to provide testing methods, it is necessary to use additional requirements of document OIML D 31.

The documentation provided by the manufacturer of the MI (software developer) under the approved type must contain information sufficient to verify compliance with the requirements of the OIML D 31 document. This documentation should allow the development of specific test methods for the MI built-in software. The software must be designed in such a way as to ensure the best fit for the correct application of the MI.

Conclusion

An analysis of the peculiarities of MIs with the built-in software was carried out. For this purpose, all the main components of such a MI are presented. The possibilities of providing the built-in software security as well as MIs in general are considered.

Different variants of placement of software in the MI and features of its testing are considered. Characteristics for software of MIs in accordance with international documents are set testing of which a necessary to provide in the methods for specific MI with the built-in software.

A feature of the MI software is the need for reliable protection against unauthorized modification of software and its components, measurement data, protection against unintentional and random interventions.

Consequently, it is necessary to take into account such the most critical requirements of document OIML D 31 and WELMEC 7.2 guide as requirements for software protection against prevention of accidental interference in MI and authorization protection.

References

1. OIML D 31. General Requirements for Software Controlled Measuring Instruments. OIML. 2019. 63 p. URL: https://www.oiml.org/en/files/pdf_d/d031-e19.pdf.
2. COOMET R/LM/10. COOMET Recommendation. Software for Measuring Instruments: General Technical Specifications. COOMET. 2004. 10 p.
3. WELMEC 7.1. Informative Document. Development of Software Requirements. WELMEC. 2005. 47 p. URL: http://www.welmec.org/fileadmin/user_files/publications/WG_07/7-1_FRPO.pdf.
4. WELMEC 7.2. Software Guide (Measuring Instruments Directive 2014/32/EU). WELMEC. 2019. 132 p. URL: https://www.welmec.org/fileadmin/user_files/publications/WG_07/Guides/WELMEC_Guide_7.2_Software_Guide_2019.pdf.
5. Velichko O. N. Normative base for certification of measurement provision software. Measurement Techniques. 2007. 50 (4). P. 364–371.
6. Velichko O. N. Basic tests, stages, and features in monitoring measuring instrument software. Measurement Techniques. 2009. 52 (6). P. 566–571.
7. Velychko O., Gordiyenko T., Hrabovskiy O. Testing of measurement instrument software on the national level. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling systems. 2018. 2/9(92). P. 13–20.
8. Velychko O., Gaman V., Gordiyenko T., Hrabovskiy O. Testing of measurement instrument software with the purpose of conformity assessment. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Information and controlling systems. 2019. 1/9(97). P. 19–26.
9. Peters D., Grottke U., Thiel F., Peter M., Seifert J.-P. Achieving Software Security for Measuring Instruments under Legal Control. Position Papers of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. 2014. 3. P. 123–130.
10. Esche M., Thiel F. Software Risk Assessment for Measuring Instruments in Legal Metrology. Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information Systems. 2015. 5. P. 1113–1123.
11. Sadiq M., Khalid I. R., Mohd W. A., Jung S. Software risk assessment and evaluation process (SRAEP) using model based approach. International Conference on Networking and Information Technology. 2010. 7 p.
12. Peters D., Peter M., Seifert J.-P., Thiel F. A Secure System Architecture for Measuring Instruments in legal metrology. Computers Open Access Journal. 2015. 4. P. 61–86.
13. Thiel F., Grottke U., Richter D. The challenge for legal metrology of operating systems embedded in measuring instruments. OIML Bull. 2011. 52(1). P. 5–14.
14. SWEBOK. Guide to the Software Engineering Body of Knowledge. Version 3.0. IEEE Computer Society, 2014. 335 p.

Надійшла до редакції 24.06.2020

УДК 519.217.2+338+331

Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Д. Асабашвілі, А. М. Прокопенко*Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса***МОДЕЛЮВАННЯ НЕСИМЕТРИЧНО РОЗПОДІЛЕНИХ ПРОЦЕСІВ**

У статті розглянуто проблеми моделювання несиметрично розподілених стохастичних процесів та виконання оцінки якості процесу моделювання на основі використання критерію χ^2 -квадрат Пірсона. Визначені проблеми, що виникають у кожному індивідуальному випадку моделювання. Обґрунтовано вибір непараметричного методу дослідження на основі гістограм та надано пропозиції, щодо вибору їх основних параметрів. Показано, що на успіх моделювання суттєво впливає якість статистичного матеріалу і окремою проблемою є його фільтрація попередня до визначення показника якості. Надані рекомендації щодо послідовності процедур формування моделі стохастичного процесу та обробки результатів обчислення показників гістограм.

Ключові слова: непараметричний метод гістограм, інтервали гістограм, Критерій Пірсона χ^2 -квадрат, генератор Мерсена, метод зворотних функцій, метод ступінчастої апроксимації, метод усічення, тест Колмогорова-Смірнова, тест Андерсона-Дарлінга, квартиль.

Ю. В. Щербина, к.т.н., С. Д. Асабашвілі, А. М. Прокопенко**МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

В статье рассмотрены проблемы моделирования несимметрично распределенных стохастических процессов и выполнения оценки качества процесса моделирования на основе использования критерия χ^2 -квадрат Пирсона. Определены проблемы, возникающие в каждом индивидуальном случае моделирования. Обоснован выбор непараметрического метода исследования на основе гистограмм и представлены предложения по выбору их основных параметров. Показано, что на успех моделирования существенно влияет качество статистического материала и отдельной проблемой является его фильтрация предшествующая определению показателя качества. Определена последовательность процедур формирования модели стохастического процесса и обработки результатов вычисления параметров гистограммы.

Ключевые слова: непараметрический метод гистограмм, интервалы гистограмм, Критерий Пирсона χ^2 -квадрат, генератор Мерсенна, метод обратных функций, метод ступенчатой аппроксимации, метод усечения, тест Колмогорова-Смирнова, тест Андерсона-Дарлинга, квартиль.

Yu. V. Shcherbina, PhD, S. D. Asabashvili, A. M. Prokopenko**SIMULATION OF ASYMMETRICALLY DISTRIBUTED PROCESSES**

The article deals with the problems of modeling asymmetrically distributed stochastic processes and assessing the quality of the modeling process based on the use of the Pearson chi-square criterion. The problems that arise in each individual case of modeling are identified. As a method of generating an output stream of random numbers distributed according to a given law of probability distribution, the method of inverse functions is proposed, and as a generator of the input stream, it is proposed to use a stream generated by the Mersenne generator. The analysis of research methods and evaluation of computer models of stochastic processes is given and the choice of a nonparametric research method based on histograms is substantiated. Suggestions on the choice of their main parameters are provided: the size of the interval for separating the statistical set of values of the output stream of the model and the number of such intervals, calculated on the basis of the size of the statistical sample. It is shown that the quality of statistical material significantly affects the success of modeling. In the case of an asymmetric nature of the distribution of the model's output stream, the accuracy of calculating the chi-square exponent is significantly affected by those values that fall into the extreme intervals of the histogram. It is shown that the reason for this is the incommensurability of their values with the values in the central part of the histogram and this is a separate modeling

problem, as a solution to which there can be filtering of the statistical set, preceding the determination of the quality indicator. The sequence of procedures for forming a model of a stochastic process and processing the results of calculating the parameters of the histogram is determined.

Keywords: Nonparametric histogram method, histogram intervals, Pearson's chi-square test, Mersenne generator, inverse function method, step approximation method, truncation method, Kolmogorov-Smirnov test, Anderson-Darling test, quartile.

DOI 10.32684/2412-5288-2020-1-16-42-47

Вступ

Проектування складних систем на попередніх етапах передбачає їх декомпозицію на складові частини та виявлення математичних і логічних взаємозв'язків, які їх об'єднують. Наявність таких моделей дає можливість отримувати загальну уяву про поведінку таких систем у середовищі експлуатації і виконувати попередній вибір параметрів і характеристик системи.

Теорія ймовірностей надає дослідникам набір математичних моделей для імітації гіпотетичних реальних явищ або систем стохастичної природи і, якщо взаємозв'язки, які утворюють модель досить прості, то для отримання точної інформації про поведінку системи можна використовувати математичні методи.

Проблема полягає у тому, що більшість існуючих систем є дуже складними, і для них неможливо створити реальну аналітичну модель. Вихід полягає у тому, щоб використовуючи методи математичної статистики, виконати обґрунтований вибір із сукупності можливих моделей тієї, яка найкращим чином характеризує реальну поведінку конкретної реальної системи. У такому випадку створюють імітаційну модель, яка представляє собою статистичний комп'ютерний аналог процесу, поведінка якого максимально наближається до поведінки об'єкту, що підлягає дослідженню. Постановка експериментів з такою моделлю дає можливість зрозуміти поведінку системи, або оцінити різноманітні стратегії, що забезпечують її функціонування. Імітаційне моделювання має наступні цілі:

1. Описання поведінки систем;
2. Побудова теорії та гіпотез, які дають можливість зрозуміти поведінку системи або процесу;
3. Прогнозування поведінки системи у різних режимах її роботи;

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема побудови послідовностей випадкових чисел існує давно. На створення генераторів, що дають можливість отримувати псевдовипадкові числа із заданим законом розподілу витрачено кілька десятиріч. Зусиллями математиків і програмістів було винайдено багато способів аналізу сформованих числових послідовностей

на предмет їх «випадковості» і, нажаль, результати проведених досліджень показують, що ця проблема остаточно ще не вирішена [1].

Основним способом моделювання випадкових величин є метод зворотних функцій, суть якого полягає у тому, що на підставі умов існування зворотних функцій та теореми, згідно з якою безперервна випадкова величина x , яка має функцію розподілу ймовірностей $F(x)$ визначає безперервну рівномірно розподілену на інтервалі $(0, 1)$, випадкову величину $\xi = F^{-1}(\gamma)$ [2]. Метод зворотних функцій добре працює у тих випадках, коли процес можна описати аналітично і зворотна функція для нього існує. У протилежному випадку, як, наприклад, при моделюванні нормально розподіленого процесу, задача суттєво ускладнюється. Існують й інші методи, такі як, наприклад, метод ступінчастої апроксимації (Stepwise approach method) або метод усічення (Rejection Method) [3], але всі вони менш ефективні з точки зору необхідних обчислювальних ресурсів і точності моделювання.

Із сказаного витікає, що джерелом вхідного потоку для процесу моделювання є генератор рівномірно розподілених псевдовипадкових числових послідовностей (ПВП), і якість такого моделювання визначається тим, наскільки рівномірно розподіленою є послідовність чисел, що формується закладеним в основу генератора алгоритмом. Бінарний потік на виході генератора повинен мати максимально можливий період повторення і сторонній спостерігач не повинен мати можливості вгадати наступне число з ймовірністю, що відрізняється від 0,5. Зважаючи на серйозність проблеми, американський інститут стандартизації NIST видав окремим виданням описання пакет тестів для перевірки якості генераторів ПВП [4]. Сьогодні для вимог програмування найбільш придатним вважається генератор Мерсена (Mersenne Twister) [5], розроблений на мові С. Він використовує 128 бітні операції і має період повторення, що складає $2^{19937} - 1$ біт. Цей алгоритм реалізований у вигляді окремої функції, і входить до складу бібліотек таких програмних середовищ як Boost, Glib, C++, Python, Ruby, R, PHP, MATLAB та Autoit. Єдиним для нього обмеженням є використання у криптографічних

перетвореннях.

Робота над створенням моделі фізичного процесу має закінчуватись випробуваннями, на підставі яких можна було б зробити висновок про відповідність розподілу вихідного потоку цілям моделювання. Для цього використовують тести на відповідність, ідея яких полягає у тому, щоб отримати числовий показник належності сформованої вибірки заявленому розподілу ймовірностей. Найбільш ефективними визнані тести Колмогорова-Смірнова, Андерсона-Дарлінга і тест Пірсона (χ^2 -тест). Тести Колмогорова-Смірнова і Андерсона-Дарлінга обмежені безперервними розподілами, в той час як тест χ^2 може застосовуватися як до дискретних, так і до безперервних розподілів [6]. У разі комп'ютерного моделювання найбільш поширеним для такого роду задач є тест Пірсона через його неможливість до обчислювальних ресурсів [7].

Сучасний рівень розвитку комп'ютерної техніки та втілення у практику наукових досліджень різноманітних цифрових приладів дозволяє значно підвищити точність та ефективність моделювання систем і фізичних процесів. Існує велика кількість прикладних пакетів програм, призначених для виконання задач статистики, до складу яких можна віднести Statistica, Mathematica, Math, SPCC, Stata, SYSTAT, SPSS, Maple та інших. Однак, зазвичай, вони досить важкі в освоєнні, коштують занадто дорого, їх використання вимагає значних обчислювальних ресурсів і, головне, кожна конкретна задача моделювання може бути вирішена простіше і більш наглядно за допомогою відомих середовищ програмування.

Мета і завдання досліджень

Враховуючи, що важливим завданням моделювання є відповідність вихідного процесу заданим умовам, метою роботи є пошук можливих шляхів аналізу побудованих моделей на предмет їх відповідності заданому закону розподілу ймовірностей $F(\xi < x)$, які дозволяли б з визначеною долею достовірності дати відповідь на питання про те, чи є створена модель прийнятною для досліджень поведінки системи у тих або інших умовах експлуатації системи.

Викладення основного матеріалу

Головна проблема моделювання полягає в тому, що у кожному конкретному випадку доводиться шукати індивідуальний підхід до вирішення задачі, виходячи із складності процесу, який доводиться моделювати. Спочатку слід визначити, як математично його описати, і чи можливо це зробити взагалі. Якщо ні, то слід виконати його декомпозицію на складові частини, для кожної з яких будувати окрему модель, а

потім перейти до розроблення відповідного до визначеної моделі генератора псевдовипадкових чисел x_i , розподілених за необхідним законом $F(\xi < x)$. Це у більшості випадків приводить до того, що загальна модель має складний несиметричний розподіл, що у свою чергу, ускладнює оцінку отриманих результатів. Для виконання оцінки якості сформованого процесу обирають найбільш придатний у даній ситуації критерій.

Будь-який фізичний процес уявляє собою послідовність переходів системи із одного стану у будь-який інший стан. Через це його можна описати як послідовність величин вихідної змінної x_i , $i = 1, 2, \dots, k$, розподіл якої може бути відомим або невідомим. Взагалі, під час проектування розробники намагаються створити систему з бажаним розподілом. Якщо ж припущення про його тип зробити не вдається, то моделюються складові частини системи і накопичується статистичний матеріал, на основі досліджень якого робиться висновок про те, до якого з відомих розподілів вихідний процес системи стоїть найближче. Якщо ж розподіл відомий і відомі його параметри, то переходять до створення програмної моделі процесу [8].

Для простоти розуміння розглянемо методологію створення моделі несиметрично розподіленого процесу, що описується експоненціальним законом вихідної величини x . Тобто, нехай

$$F(\xi < x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ 1 - e^{-\lambda x} & \text{при } x > 0 \end{cases},$$

а функція щільності розподілу виглядає як

$$p(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ e^{-\lambda x} & \text{при } x > 0 \end{cases}.$$

Зворотною функцією по відношенню до функції $F(x)$, є функція

$$y = F^{-1}(x) = -\frac{\ln(1-x)}{\lambda}. \quad (1)$$

Аргументом цієї функції має бути потік рівномірно розподілених на інтервалі $[0, 1]$ випадкових чисел x_i , $i = 1, 2, \dots, n$. Чим більше він буде відповідати вимогам рівномірності, тим більше величина на виході моделі, буде відповідати експоненційному розподілу ймовірностей. Для формування такого потоку на мові C++ можна скористатися функцією

```
random_device rd; // Ініціалізація генератора Мерсена
mt19937 merseenne(rd()) // випадковим стартовим числом.
```

Вона дає найбільш рівномірний розподіл у порівнянні з іншими генераторами, що входять

до бібліотеки <math.h>. Тепер, скориставшись залежністю (1), можна сформулювати необхідний ряд чисел, що описуються цим законом, а вже потім провести його дослідження на предмет того, наскільки точно вихідний потік чисел $y_i, i = 1, 2, \dots, n$, відповідає експоненціальному розподілу.

Для вирішення цієї задачі скористаємося таким непараметричним методом дослідження і оцінки розподілу, як побудова гістограм і визначення на її основі показника якості моделювання [9]. Щоб побудувати гістограму, необхідно по-перше мати вихідний статистичний набір чисел $y_i, i = 1, 2, \dots, n$, на виході моделі, що повинен відповідати обраному розробником закону розподілу і, по-друге, визначити розмір інтервалів та їх кількість. Проблема полягає у тому, що оптимальний розмір цих показників суттєво залежить від типу розподілу, закладеного в ідею моделі.

У перше дослідження стохастичних процесів методом гістограм описав у 1926 році Стержес у роботі [10], де визначив формулу, згідно з якою, оптимальна кількість інтервалів, на які розділяється варіаційний ряд чисел y_i , визначається як

$$k = 1 + \lfloor \log_2 n \rfloor. \quad (2)$$

Ця формула була виведена для «ідеального» біноміального розподілу і об'єму статистичної вибірки, розмір якої дорівнює ступеню двійки. Вона добре працює лише для симетричних розподілів.

Оскільки формула (2) не враховує стандартного відхилення вибірки, у 1979 році в роботі [11] Скотом було обґрунтовано величину півінтервалу як:

$$h = 3,5 \cdot S \cdot n^{-1/3}, \quad (3)$$

а, Фрідман і Діаконіс у 1981 році у роботі [10] запропонували метод, що дає величину інтервалу, виражену через міжквартильний ранг (відстань між кінцем першого і початком останнього квартилю IQ):

$$h = 2 \cdot (IQ) \cdot n^{-1/3}. \quad (4)$$

Ширина інтервалу, розрахована за формулою (6), буде дещо менше ніж ширина, визначена за формулами (2) і (3), а кількість інтервалів визначається як

$$k = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{h}, \quad (5)$$

де $y_{\max}$ і $y_{\min}$ максимальне і мінімальне значення

членів варіаційного ряду, відповідно. Зважаючи на це, є підстави вважати, що точність оцінки розрахунків буде вищою. Це важливо саме у разі, коли очікуваний розподіл має несиметричний характер.

Справа у тому, що необхідно отримати статистичний матеріал, для якого у кожному інтервалі гістограм попадає не менше чотирьох чисел вихідного потоку y_i [6], а у разі несиметричних розподілів у «хвості» гістограм потрапляє вкрай мала їх кількість. Але якщо вони туди потрапляють, то потрібного усереднення їх кількості не відбувається, а це, у свою чергу, суттєво потворить точності оцінки якості моделювання.

У разі використання для визначення якості моделювання критерію Пірсона, показник якості визначається як

$$\chi^2 = \frac{(n_i - n_i')^2}{n_i},$$

де n_i і n_i' – це кількість випадкових чисел вихідного потоку, що попала в i -й інтервал та їх очікувана кількість, відповідно.

Якщо очікувана кількість чисел n_i' у «хвості» варіаційного ряду дуже мала, а реальна кількість n_i – ціле число, то складова частина критерію χ^2 , що відповідає i -тому інтервалу у «хвості» гістограм суттєво збільшує його загальну величину і наближає до критичного значення $\chi^2_{кр.}$. У таблиці 1 наведено дані про розподіл попадань 250-ти випадкових величин експоненціального потоку з параметром $\lambda = 0,15$. Розмір інтервалу розраховано за правилом (4), а кількість інтервалів за правилом (5).

Таблиця 1 – Розподіл попадання випадкових чисел в інтервали гістограм

№	$y_{\min}$	$y_{\max}$	P_i	n_i	n_i'	$(n_i - n_i')^2/n_i'$
1	0	3	0,354172848637097	80	89	0,910112359550562
2	3	6	0,228734441925381	61	57	0,280701754385965
3	6	9	0,147722913047252	36	37	0,027027027027027
4	9	12	0,0954034681243366	25	24	0,0416666666666667
5	12	15	0,0616141500488818	20	15	1,666666666666667
6	15	18	0,0397920910097158	14	10	1,6
7	18	21	0,0256988127835781	8	6	0,666666666666667
8	21	24	0,0165969910534268	2	4	1
9	24	27	0,0107187874532302	2	3	0,333333333333333
10	27	30	0,00692248396698409	1	2	0,5
11	30	33	0,0044707281007527	1	1	0

З даної таблиці видно, що починаючи з 8-го інтервалу (8, 9 і 10-й інтервали) при кількості попадань випадкових чисел менше 4-х, внесок у загальний показник χ^2 , більший ніж у перших інтервалах, де кількість попадань складає декілька десятків, і є підстави сумніватись у достовір-

ності цих складових.

Можливим рішенням проблеми могло б бути видалення із вибірки статистичного матеріалу тих його членів, де їх очікується менше 4-х, але у цьому разі доведеться перераховувати величину самого інтервалу h та їх кількості k . Втім це необов'язково, оскільки якщо ця зміна незначна і на результат обчислень це суттєво не вплине.

На рисунку 1 наведена гістограма, яка побудована на основі перших семи інтервалів. У разі, якщо провести обчислення показників по всій вибірці статистичного матеріалу, показник $\chi^2 = 7,0261744 > \chi^2_{кр.} = 3,3512843$. Показник, розрахований на основі перших семи інтервалів залишається меншим ніж критичне його значення ($\chi^2 = 5,3251128 > \chi^2_{кр.} = 5,1928411$), але він стоїть значно ближче до критичного порогу і у більшості реалізацій процесу показник χ^2 задовольняє вимогам $\chi^2 < \chi^2_{кр.}$.

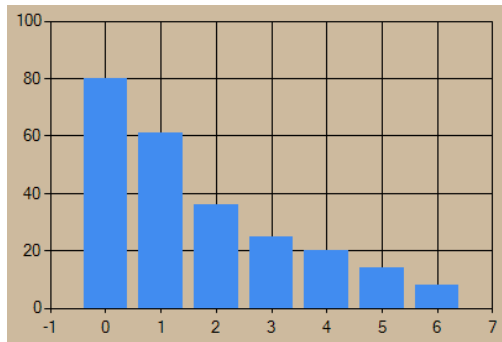


Рисунок 1 – Гістограма, побудована за результатами експерименту

У розглянутому прикладі критичний поріг розрахований виходячи із точності вимірювання у 5%, але, зазвичай, моделювання виконується на перших етапах проектування систем і не вимагає такої точності.

Висновки

Проведені дослідження показали, що реалізація задач моделювання з використанням сучасних спеціалізованих пакетів прикладного програмного забезпечення вимагає значних обчислювальних ресурсів. Виходячи із цього, комп'ютерні моделі стохастичних процесів краще виконувати за допомогою загальних засобів програмування на мовах, які дозволяють створити економічний програмний код. Найкращим варіантом слід вважати мову C++, через те що для неї розроблені найкращі, з точки зору рівномірності розподілення, генератори псевдовипадкових чисел.

Для оцінки якості моделювання в роботі обґрунтовано вибір непараметричного методу гістограм, що дозволяє на основі великої вибірки

оцінювати параметри стохастичного процесу, а також отримати візуальну інформацію про форму розподілу процесу.

Сама оцінка виконувалась на основі обчислення показника якості χ^2 -Пірсона, вибір якого обумовлений саме тим, що його легко обчислити на основі параметрів гістограм.

Показано, що розмір інтервалу розподілення варіаційного ряду, у разі несиметричних розподілень краще визначати за формулою Фрідмана-Діаконіса, оскільки вона дає меншу величину інтервалу, і це підвищує достовірність оцінки. Взагалі, якщо такий інтервал великий, то не буде наглядного образу розподілу, а, якщо він дуже малий, то фільтрування випадкових величин, що не вписуються у закон розподілу, відбувається слабо.

Список використаних джерел (References)

1. Devroye, Luc. Non-uniform random variate generation : / L. Devroye. New York : Springer-Verlag, 1986. 857 p. ISBN 0-387-96305-7. Available via <<http://www.eirene.de/Devroye.pdf>> [accessed 07-August-2020].
2. Baron, M. Probability and Statistics for Computer Scientists : / M. Baron, USA CRC Press by Taylor & Francis Group, LLC : University of Texas at Dallas Richardson, 2014. ISBN 9781138044487. Available via <<https://prakashgautam.com.np/dipit02/books/rps-michael-byron.pdf>> [accessed 07-August-2020].
3. Sanda Micula, Ioana D. Pop. (2010) Simulations of continuous random variables and Monte Carlo methods. Journal of information systems & operations management, Vol. 72(3), 435-447. Available via <<http://jisom.rau.ro/Vol.10%20No.2%20-%202016/JISOM-WI16-A16.pdf>> [accessed 07-August-2020].
4. A Statistical Test Suite for the Validation of Random Number Generators and Pseudo Random Number Generators for Cryptographic Applications. NIST Special Publication 800-22. April 2010. Available via <<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-22r1a.pdf>> [accessed 07-August-2020].
5. Saito, M. An Application of Finite Field: Design and Implementation of 128-bit Instruction-Based Fast Pseudorandom Number Generator. Dept. of Math. Graduate School of Science, February 9th, 2007. Available via <<http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/SFMT/M062821.pdf>> [accessed 07-August-2020].

07-August-2020].

6. Knuth, D. E. The Art of Computer Programming. Volume 2. Seminumerical Algorithms. 3rd edition / D. E. Knuth. Boston, Mass, USA : Addison-Wesley, Longman Publishing, 1997. 762 p. ISBN 0-201-89683-4. Available via <https://doc.lagout.org/science/0_Computer%20Science/2_Algorithms/The%20Art%20of%20Computer%20Programming%20%28vol.%202_%20Seminumerical%20Algorithms%29%20%283rd%20ed.%29%20%5BKnuth%201997-11-14%5D.pdf> [07-August - 2020].

7. Taylor, J. R. An introduction to error analysis / J. R. Taylor. University of Colorado : University Science Books. 1982. 327 p. ISBN 0-935702-42-3. Available via <https://getthisat.files.wordpress.com/2016/04/introduction_to_error_analysis_taylor_john.pdf> [accessed 07-August-2020].

8. Richard V. Field, Jr., Stochastic Models: Theory and Simulation. Sandia National Laboratories Albuquerque, NM 87185-0346, March 2008.

Available via <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1071.3216&rep=rep1&type=pdf>> [accessed 07-August-2020].

9. Scott, D.W. (1979) On optimal and data-based histograms. Biometrika, 66, 605–610. Available via <<http://www.stat.cmu.edu/~rnugent/PCMI2016/papers/ScottBandwidth.pdf>> [07-August-2020].

10. Freedman, D. and Diaconis, P. (1981) On this histogram as a density estimator: L2 theory. Zeit. Wahr. ver. Geb., 57, 453–476. Available via <https://bayes.wustl.edu/Manual/FreedmanDiaconis1_1981.pdf> [07-August-2020].

11. Sturges, H. (1926) The choice of a class-interval. J. Amer. Statist. Assoc., 21, P. 65–66. Available via <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1926.10502161>> [07-August-2020].

Надійшла до редакції 10.08.2020

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Асабашвілі С. Д.	42	Кисельова О. І.	35
Боряк К. Ф.	13, 20	Коломієць Л. В.	35
Величко О. М.	6, 29	Лимаренко О. М.	20
Волков С. Л.	35	Манзарук М. О.	13
Гаман В. В.	29	Перетяка Н. О.	20
Гордієнко Т. Б.	6, 29	Прокопенко А. М.	35, 42
Грабовський О. В.	29	Щербина Ю. В.	42

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

АСАБАШВІЛІ
Суліко Дмитрович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри автоматизованих систем та інформаційно-вимірювальних технологій

БОРЯК
Костянтин Федорович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри метрології та метрологічного забезпечення, доктор технічних наук, доцент

ВЕЛИЧКО
Олег Миколайович

ДП «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»), м. Київ, директор Науково-виробничого інституту вимірювань електромагнітних величин та оцінки відповідності засобів вимірювальної техніки, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, професор кафедри електроніки та мікросистемної техніки, доктор технічних наук, професор

ВОЛКОВ
Сергій Леонідович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри автоматизованих систем та інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, доцент

ГАМАН
Валентин Валентинович

Державне підприємство «Всеукраїнський державний науково-виробничий центр стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів» (ДП «Укрметртестстандарт»), м. Київ, начальник відділу Науково-виробничого інституту електромагнітних вимірювань

ГОРДІЄНКО
Тетяна Богданівна

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, завідувач кафедри стандартизації, оцінки відповідності та освітніх вимірювань, доктор технічних наук, професор

ГРАБОВСЬКИЙ
Олег Вікторович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, директор Навчально-наукового інституту метрології, автоматизації, інтелектуальних технологій та електроніки, кандидат технічних наук, доцент

КИСЕЛЬОВА
Ольга Ігорівна

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, докторант, кандидат педагогічних наук, доцент

КОЛОМІЄЦЬ
Леонід Володимирович

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, ректор, доктор технічних наук, професор

ЛИМАРЕНКО
Олександр Михайлович

Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, доцент кафедри «Динаміка, міцність машин та опір матеріалів», кандидат технічних наук, доцент

МАНЗАРУК
Марія Олександрівна

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, старший викладач кафедри метрології та метрологічного забезпечення

ПЕРЕТЯКА
Наталія Олександрівна

Одеська державна академія технічного регулювання та якості, м. Одеса, доцент кафедри метрології та метрологічного забезпечення, кандидат технічних наук

ПРОКОПЕНКО
Алла Михайлівна

*Одеська державна академія технічного регулювання та якості,
м. Одеса, аспірант*

ЩЕРБИНА
Юрій Володимирович

*Одеська державна академія технічного регулювання та якості,
м. Одеса, доцент кафедри автоматизованих систем та інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, доцент*

Наукове видання

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ОДЕСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АКАДЕМІЇ
ТЕХНІЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЯКОСТІ**

Випуск 1(16) 2020

Редактор

Братченко Г. Д.

Комп'ютерна верстка

Постоварова В. Д.

Адреса редакції: 65020, м. Одеса, вул. Ковальська 15, ОДАТРА,

Тел.: (048)728-07-11 – довідки;

E-mail: bratchenkohd@gmail.com

*Надруковано з готового оригінал-макету
у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М. О.*

*Підписано до друку 28.09.2020
Формат 60*88/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 6,8
Тираж 100 прим.
65045, м. Одеса, вул. В. Арнаутська, 60.
www.aprel.od.ua*

Видавець СПД-ФО Бондаренко М.О.
(Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК №4684 від 13.02.2014 р.)