

АНОТАЦІЯ

Щебликіна О.В. Підвищення експлуатаційної готовності систем керування рухом поїздів на основі контролю функціональних параметрів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 275 – Транспортні технології – Український державний університет залізничного транспорту, МОН України, Харків, 2020.

Дисертацію присвячено питанню підвищення експлуатаційної готовності систем керування рухом поїздів (СКРП), що реалізовані на мікроелектронній елементній базі з програмованою логікою функціонування, з метою скорочення непродуктивного простою руху поїздів на ділянках залізниць.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у вирішенні науково-прикладного завдання підвищення експлуатаційної готовності СКРП на основі контролю їх функціональних параметрів, що здійснюється шляхом вдосконалення методів і моделей функціональних випробувань зазначених систем.

Вперше отримано, розроблено і запропоновано:

– методичний підхід до визначення експлуатаційної готовності СКРП, що використовує модель оцінки глибини контролю їх функціональних параметрів, яка будується на бієктивних відношеннях між функціональними складовими систем і їх технологічних об'єктів;

– спосіб відтворення технологічних об'єктів у засобах контролю функціональних параметрів СКРП на основі графо-функціональних моделей, що враховують як статичні, так і динамічні властивості об'єктів керування та контролю із використанням функціональних вершин;

– метод аналітичної інтерпретації технологічних об'єктів СКРП, що забезпечує відтворення їх статичних і динамічних властивостей у процесі контролю функціональних параметрів та базується на представленні графо-функціональних моделей функціонально-топологічними матрицями, формування яких здійснюється на основі матриць суміжності з діагональним відтворенням наповнення функціональних вершин;

– закономірності, які встановлюють зв'язок між глибиною контролю функціональних параметрів СКРП, масштабністю і складністю технологічних об'єктів СКРП та їх експлуатаційною готовністю.

Удосконалено:

– метод блочно-діагонального синтезу моделей для функціональних випробувань СКРП, який, на відміну від існуючого, базується на використанні вихідних блоків функціонально-топологічних матриць суміжності замість параметрично-топологічних матриць інцидентності;

– спосіб оцінки ефективності заходів із забезпечення експлуатаційної готовності СКРП за результатами функціональних випробувань, який базується на встановленому законі розподілу помилок програмного забезпечення.

Набули подальшого розвитку:

– підходи до оцінювання безпеки використання ергатичних СКРП, які враховують багатозначність допоміжних технологічних режимів функціонування системи та її інтерактивний характер взаємодії з персоналом;

– результати прогнозування впливу людського й технічного чинників на експлуатаційну надійність пристроїв СКРП.

Практичні результати дисертаційної роботи полягають у її прикладній спрямованості на підвищення параметрів готовності та відновлення СКРП у процесі експлуатації, зменшення непродуктивного простою в русі поїздів, а також зменшення ресурсоємності та підвищення ефективності контролю функціональних параметрів СКРП. Використання результатів дисертації дозволяє підвищити коефіцієнт готовності СКРП до 18%, збільшити інтенсивність відновлення СКРП до 6-ти разів, зменшити непродуктивні простої руху поїздів до 16%, підвищити рівень глибини контролю при функціональних випробуваннях СКРП до двох разів і зменшити інформаційні та часові ресурси на їх підготовку до 2-х разів. Крім того, результати дисертації мають перспективи подальшого розвитку щодо застосування в технологіях експлуатації інших видів транспорту.

За темою дисертації опубліковано 27 наукових праць, у тому числі 8 наукових статей у фахових виданнях, затверджених МОН України, з яких

1 включена до міжнародної наукометричної бази Scopus, 1 наукова стаття в іноземному виданні країни ЄС, 3 додаткові праці і 15 праць апробаційного характеру.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, наведено його мету, завдання, зв'язок із науковими програмами, планами і темами університету. Представлено наукову новизну, практичну значущість дисертації та наведено її загальну характеристику.

У *першому розділі* виконано огляд сучасного стану діючих СКРП на залізничному транспорті України та рівня їх надійності, встановлені тенденції та перспективи їх розвитку, а також визначені шляхи вирішення задач, пов'язаних із підвищенням їх експлуатаційної готовності.

Технічні засоби СКРП, які забезпечують рух поїздів і забезпечують належну пропускну здатність ділянок залізниць, знаходяться у морально і фізично зношеному стані, причому останній досягає рівня більше 60%. На підставі причинного аналізу відмов пристроїв СКРП протягом 2010 – 2019 років встановлено тренд щодо зростання впливу технічного чинника на їх експлуатаційну надійність і зменшення відповідного людського чинника. Прогнозування впливу зазначених чинників із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0.97$ дає підстави стверджувати, що за умови відсутності комплексної модернізації технічних засобів СКРП в Україні до 2024 року вплив людського і технічного чинників зрівняється, а до 2030 року технічний чинник перевищуватиме людський удвічі.

Зазначена тенденція несе загрозу як безперебійній роботі залізничного транспорту, так і забезпеченню руху поїздів, що додатково вимагає впровадження більш сучасних СКРП на магістральному залізничному транспорті. Сучасні вимоги щодо розвитку техніки, сформовані в ході Четвертої світової промислової революції (Industry-4.0), обумовлюють запровадження принципово нових програмно-апаратних засобів СКРП, що базується на принципах цифровізації та інтелектуально-аналітичного супроводження.

У таких умовах набувають актуальності перегляд та коригування традиційних методів, моделей та засобів забезпечення експлуатаційної готовності СКРП. Одним з найважливіших заходів у цьому напрямку є вдосконалення методології контролю

показників призначення, надійності та безпеки використання систем, який доцільно виконувати шляхом функціональних випробувань.

Проведений аналіз різновидів та способів реалізації функціональних випробувань, а також підготовки до них, дає підстави вважати, що ключовою умовою їх ефективності та достовірності є адекватне відтворення технологічних об'єктів СКРП при виконанні ними заданих функцій. Ефективним інструментом цього відтворення є графоаналітичне моделювання технологічних об'єктів при формуванні та використанні моделей для випробувань, дослідженню якого присвячено немало праць вітчизняних і зарубіжних науковців.

Аналіз зазначених праць та їх інтерпретація щодо умов функціонування СКРП на залізницях України дозволив сформулювати основні шляхи підвищення їх експлуатаційної готовності на основі вдосконалення методів, моделей та засобів функціональних випробувань таких систем, що запроваджуються і модернізуються на принципах цифровізації.

Другий розділ присвячено формалізації технологічних об'єктів СКРП та показників ефективності випробувань, а також розробленню моделі оцінки глибини контролю функціональних параметрів СКРП для подальшого застосування відповідних результатів при підвищенні експлуатаційної готовності систем.

У процесі дослідження встановлено й обґрунтовано, що основними параметрами раціоналізації функціональних випробувань СКРП є ресурси на їх підготовку і проведення та обсяг випробувань, що зводиться до глибини контролю функціональних параметрів систем. Для мікропроцесорних систем керування глибина контролю визначається тестовим покриттям, що забезпечується функціональними випробуваннями.

Шляхом визначення відношень і зв'язків між складовими глибини контролю та іншими показниками ефективності функціональних випробувань було встановлено пропорційний зв'язок між тестовим покриттям та іншими параметрами раціоналізації, а також визначено, що обсяг тестового покриття є рівнозначним сумарній потужності множини всіх функціональних зв'язків між його складовими.

Це дало підставу для формування моделі оцінки глибини контролю функціональних випробувань на базі системи лінійних співвідношень між

кількісними показниками, що задають зазначені зв'язки. Дані показники визначаються як розв'язок системи лінійних рівнянь щодо основних складових глибини контролю СКРП. У ході дослідження встановлено ряд додаткових обмежень щодо технологічних об'єктів СКРП, стосовно яких припустимим є застосування моделі.

Досліджені похибки та адекватність моделі дозволили встановити точні діапазони припустимості її застосування для різних систем керування з точки зору їх масштабності та складності, що в подальшому призначено для оцінки доцільності використання тих чи інших моделей для випробувань і методів їх формування.

Дослідження, виконані в *третьому розділі*, присвячені формуванню методів синтезу моделей для випробувань СКРП різного призначення та їх зв'язку із параметрами експлуатаційної готовності.

З метою зменшення ресурсоемності та підвищення глибини контролю функціональних параметрів СКРП, а також уніфікації методів його реалізації для систем різного призначення, у розділі розроблено підходи до формування графо-функціональної моделі технологічних об'єктів, яка закладається в основу формування моделей для випробувань СКРП. Аналітична інтерпретація графо-функціональних моделей здійснюється на базі матриць суміжності, які модифікуються до функціонально-топологічних матриць. На відміну від найближчого аналога – параметрично-топологічних матриць – функціонально-топологічні матриці, базуючись на принципах суміжності заданих елементів, за діагональним позиціонуванням відтворюють динамічні функціонали вершин графу та опосередкованим способом завдають кількісні й векторні характеристики зв'язків між вершинами, що моделюють об'єкти керування та контролю.

Функціонально-топологічні матриці в повному обсязі задають конфігурацію та динамічні властивості технологічних об'єктів систем керування, проте безпосереднє їх використання ускладнюється значною розмірністю щодо технологічних об'єктів великої масштабності.

Взявши за основу окремі принципи реалізації методу прямих сум, що застосовувався для параметрично-топологічних матриць, зазначений метод був

суттєво перероблений і модифікований у метод модифікованих прямих сум, що відрізняється використанням опорних елементарних дерев, які розмежують графо-функціональну модель на компоненти, для кожної з яких формується окремий блок функціонально-топологічної матриці.

Відповідно до оцінки ефективності запропонованого методу синтезу моделей для випробувань СКРП порівняно з найближчим аналогом за критеріями мінімізації кількості інформації, що вводиться під час синтезу моделі, мінімізації тривалості підготовки до випробувань, мінімізації кількості помилок проєктувальника моделі та збільшення тестового покриття встановлено, що ефективність за першими трьома показниками, залежно від масштабності об'єкта випробувань, збільшується до п'яти разів, а за досягнутим тестовим покриттям – до двох разів.

Зазначені переваги свідчать про доцільність та припустимість використання запропонованого методу при контролі функціональних параметрів СКРП з метою забезпечення їх експлуатаційної готовності.

Четвертий розділ присвячено аспектам практичного застосування результатів дисертаційного дослідження.

З урахуванням закономірностей між параметрами ефективності розробленого методу контролю функціональних параметрів, визначених у третьому розділі, перш за все глибиною контролю, з одного боку, та показниками експлуатаційної готовності, з другого боку, встановлено, що залежно від масштабності та складності технологічних об'єктів використання розробленого методу дозволяє збільшити коефіцієнт готовності СКРП до 18%, а інтенсивність їх відновлення – до шести разів. Враховуючи встановлений у першому розділі кореляційний зв'язок між експлуатаційною надійністю СКРП та затримками руху поїздів досягнення таких результатів дозволяє зменшити кількість непродуктивних простоїв поїздів до 16%.

У процесі практичної реалізації результатів дисертаційного дослідження для СКРП різного призначення встановлено, що наповнення функціональних вершин для різних технологічних об'єктів керування може здійснюватися аналітично, графічно (у вигляді вкладених графів) та змішаним способом. Використання змішаного способу зважування функціональних верши досліджено

на прикладі фрагменту моделі для випробувань інтелектуально-аналітичної системи підтримки прийняття рішень диспетчерської централізації на промисловому залізничному транспорті. Аналогічні підходи запропоновані для формування та конфігурації модернізованого контрольного пункту автоматичної локомотивної сигналізації моторвагонного депо.

На прикладі системи мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів (МПЦ) розроблено та використано систему автоматизованого проектування (САПР) моделі для випробувань, в основу якої закладено розроблений у третьому розділі метод модифікованих прямих сум. Застосування САПР для синтезу моделі для випробувань системи МПЦ однієї зі станцій регіональної філії «Південно-західна залізниця» АТ «Укрзалізниця» підтвердило коректність використання методу, а шляхом тестування моделі на базі штатних діагностичних засобів контролю обміну між підсистемами централізації доведено її адекватність при відтворенні всіх об'єктів керування та контролю.

Додатково в розділі досліджено результати випробувань зазначеної системи МПЦ, в ході яких встановлено експоненціальний закон розподілу виявлених помилок програмного забезпечення, яке реалізує логічні залежності централізації.

На основі отриманих результатів запропоновано показники ефективності підготовки програмних засобів багатоканальних мікропроцесорних систем електричної централізації, які базуються на визначенні швидкості зміни функції розподілу виявлених помилок.

Зазначені показники дозволять виконати прогнозування експлуатаційної готовності СКРП на етапах їх виробництва, технічного обслуговування та ремонту як на об'єктах експлуатації, так і в заводських або лабораторних умовах.

Розрахований економічний ефект від використання науково-практичних результатів дисертації становить приблизно 330,75 тис. грн. на рік при запланованих обсягах модернізації СКРП, що свідчить про доцільність їх впровадження.

Ключові слова: система керування рухом поїздів, експлуатаційна готовність, контроль функціональних параметрів, функціональні випробування, метод випробувань, модель для випробувань, глибина контролю, тестове покриття, відмова, надійність, безпека використання.

ABSTRACT

Shcheblykina O.V. Improving the operational readiness of train control systems based on the control of functional parameters. – Qualification scientific work – manuscript.

Thesis for a Ph.D. – Doctor of Philosophy in 275 – Transport Technologies. – Ukrainian State University of Railway Transport, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2020.

The dissertation is devoted to the issue of increasing the operational readiness of train control systems performed on the microelectronic elementary base with the programmed logic of functioning with the purpose of reducing unproductive train movement downtime at railway sections.

The scientific novelty of the dissertation is revealed in solving the scientific and applied problem of improving the operational readiness of train control systems based on the control of their functional parameters, which is carried out by improving the methods and models of functional tests for the systems defined.

It is for the first time that the following has been specified, developed and proposed:

- methodological approach to determining the operational readiness of train traffic control systems with use of the evaluation model of test coverage of functional tests, which is based on the objective relationship between functional parameters of systems and technological objects;

- the method of reproduction of technological objects in the control means of train control systems functional parameters on the basis of graph-functional models, which take into account both static and dynamic characteristics of controlled objects using functional vertices;

- the method of analytical interpretation of technological objects of train traffic control systems, which provides reproduction of their static and dynamic characteristics in the process of control of functional parameters and is based on graph-functional models presented by functional-topological matrices, which are formed on the basis of adjacency matrices with diagonal view of functional vertices;

- regularities that establish the relationship between the level of control of the functional parameters of train control systems, the scale and complexity of the technological objects of train control systems and their operational readiness.

The following have been improved:

- the method of block-diagonal synthesis of models for functional tests of train control systems, which, in contrast to the existing one, is based on the use of source blocks of functional-topological adjacency matrices instead of parametric-topological incidence matrices;

- the method for assessing the effectiveness of measures to ensure the operational readiness of train control systems based on the results of functional tests, which is based on the established law of distribution of software errors.

Further development has been given to:

- the approaches to assessing the safety of the use of ergatic train control systems, which take into account the ambiguity of the auxiliary technological modes of system operation and the interaction character of communication with operational, technical and inspection personnel;

- the results of forecasting the impact of human and technical factors on the operational reliability of devices and train control systems.

The practical results of the dissertation are revealed in the fact that the research is applicable and is aimed at improving the parameters of readiness and restoration of train control systems during operation, reducing unproductive downtime of trains, as well as reducing resource consumption and improving the control of functional parameters of train control systems. The use of practical results of the dissertation allows, first of all, increasing the train control systems readiness coefficient up to 18%, increasing the recovery intensity up to six times and reducing unproductive downtime of trains up to 16%, improving depth control level at functional tests of train control systems up to two times and reducing data and time resources for their preparation to two times. In addition, the results of the dissertation have prospects for further development when applied to operation technologies of other modes of transport.

On the topic of the dissertation there have been published 27 scientific papers, including 8 scientific articles in professional journals approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine, 1 out of which is included in the international scientometric database Scopus; 1 scientific article is in a foreign publication of an EU country; three additional works; 15 works of approbation character.

The introduction substantiates the relevance of the topic of the dissertation, its aim, objectives, in connection with scientific programs, plans and topics of the university. The scientific novelty, practical significance of the dissertation is presented and its general characteristic is given.

The first section reviews the current state of existing train control systems for railway transport of Ukraine and the level of their operational reliability, identifies trends and prospects for their development, as well as determines the ways of solving the problems of operation readiness improvement.

The technical means of train traffic control systems, which ensure the movement of trains and provide for the proper through-put capacity of railway sections, are in a morally and physically worn-out condition, the latter reaching the level of more than 60%. The analysis of failures of train control systems for the period of 2010 – 2019 gives ground to ascertain the formation of a trend to increase the technical factor impact on the operational reliability and to reduce the corresponding human factor. At the same time, predicting the impact of the defined factors with a coefficient of determination $R^2 = 0.97$ suggests that in 2024 the impact of human and technical factors will be equalized, and by 2030 the technical factor will exceed twice the human.

This trend poses a threat to both the fail-safe operation of railway transport and train safety, which further requires the introduction of more up-to-date train control systems on the main railway transport. Modern requirements to the development of technology, which were formed during the Fourth World Industrial Revolution (Industry-4.0), result in the introduction of fundamentally new technology in the means of train traffic control systems, based on the principles of digitalization and intellectual and analytical support.

The problem of revising and correcting traditional methods, models and means of ensuring operational readiness of train operation systems becomes more topical under such conditions. One of the most important steps in this direction is the introduction of the methodology of the factors of system function, reliability and safety which is to be applied through functional tests.

The analysis of varieties and methods of functional tests, as well as preparation for them, gives reason to believe that the key condition for their effectiveness and reliability is the adequate reproduction of technological objects of train control systems when performing their assigned functions. An effective tool for this reproduction is graph-analytical modeling of technological objects in the formation and use of models for testing, which has been studied in numerous domestic and foreign scientific works.

The analysis and interpretation of these works regarding the operating conditions of train control systems on the railways of Ukraine allowed determining the main ways to improve the operational suitability of train control systems based on the perfection of methods, models and means of functional testing of such systems implemented and modernized on digital principles.

The second section is devoted to the formalization of technological objects of train control systems and test performance indicators, as well as the development of a model for estimating the level of control for further application of appropriate results in improving the operational readiness of systems.

In the course of the research it was established and substantiated that the main parameters of rationalization of functional tests of train control systems are the resources for their preparation and conduct, as well as the amount of tests, which is reduced to the level of control of functional parameters. For microprocessor control systems, the level of control is determined by the test coverage provided by the tests.

By determining the relationship between the components of the test coverage and other indicators of the effectiveness of functional tests, a proportional relationship between the test coverage and other parameters of rationalization was established, and it was determined that the amount of test coverage is equivalent to the total power of all functional relationships between its components.

This gave rise to the formation of the foundations of the model for estimating the level of control (test coverage) of functional tests based on a system of linear relationships between the quantitative indicators specified in these relationships. These indicators are defined as the solution of a system of linear equations for the main components of the test coverage. The study identified a number of additional restrictions on the technological objects of train traffic control systems, for which the use of the model is acceptable.

The studied errors and adequacy of the model resulted in establishing the exact ranges of acceptability of its application for different control systems in terms of their scale and complexity, which is further intended to assess the feasibility of using certain models for testing and methods of their formation.

The research performed *in the third section* is devoted to the formation of methods for the synthesis of models for testing train control systems for various purposes and their relationship with the parameters of operational readiness.

With the aim of reducing power intensity and increasing the control level of functional parameters of train control systems, as well as unification of implementation methods for multipurpose systems, the section elaborates the approaches to forming grapho-functional model of technological objects which is laid at the basis of model formation for train control system tests. Analytical interpretation of grapho-functional models is carried out on the basis of adjacency matrices, which are modified to functional-topological matrices. In contrast to the closest analogue – parametric-topological matrices – functionally topological matrices, based on the principles of adjacency of given elements, diagonally positioning reproduce the dynamic functional of the vertices of the graph and indirectly cause quantitative and vector characteristics of the relationship between vertices modeling control objects and control.

Functional-topological matrices fully define the configuration and dynamic characteristics of technological objects of control systems; however, their implementation is complicated by considerable dimensions of large-scale technological objects.

Based on some principles of implementation of the method of direct sums used for parametric topological matrices, this method was significantly redesigned and modified into a method of modified direct sums, characterized by the use of reference elementary trees that delimit the graph-functional model into components for each of which form a block of functional-topological matrix.

According to the evaluation of the efficiency of the proposed method of model synthesis for testing train control systems as compared to the closest analogue by the criteria of minimizing the amount of information entered during model synthesis, minimizing the duration of test preparation, minimizing the number of model designer errors and increasing test coverage, it is determined that according to the first three indicators and depending on the scale of the test object, the efficiency increases up to five times, and according to the achieved test coverage – up to two times.

These advantages indicate the feasibility and acceptability of the use of the proposed method in controlling the functional parameters of train control systems in order to ensure their operational readiness.

The fourth section is devoted to the aspects of practical application of dissertation research results.

Taking into account the established regularities between the parameters of efficiency of the developed method of control of functional parameters established in the third section, first of all – depth of control, on the one hand, and indicators of operational readiness on the other hand, it is established that depending on scale and complexity of technological objects, the use of the developed method allows to increase the coefficient of readiness of train control systems to 18%, and the intensity of their recovery – up to six times. Taking into account the correlation between the operational reliability of control systems and train delays which was established in the first section, such results allow to reduce the number of unproductive downtime of trains up to 16%.

In the process of practical testing of the results of the dissertation for train control systems for different purposes, it has been found out that the filling of functional peaks for different technological control objects can be done analytically, graphically (in the form of nested graphs) and by a mixed method. The use of a mixed

method of weighing functional verses is investigated on the example of a fragment of the model for testing the intellectual-analytical decision support system of centralized traffic control on freight rail transport. Similar approaches are proposed for the formation and configuration of modernized control point of automatic locomotive signaling at car depot.

On the example of the system of microprocessor centralization of points and signals, the system of automated design (CAD) of the model for tests which uses the method of the modified direct sums developed in the third section has been elaborated and implemented. The use of CAD for the synthesis of a model for testing the electrical centralization system of one of the stations of the regional branch «South-Western Railway» JSC «Ukrainian railways» confirmed the correctness of the method, and by testing the model based on standard diagnostic tools to control the exchange between objects of management and control, its feasibility to all the objects of control and management is confirmed.

Additionally, the section examines the results of tests of the station centralization system, during which the exponential law of software fault distribution is established realizing the logical dependencies of signaling.

The results of the research give ground to propose the preparation efficiency indicators for multichannel microprocessor interlocking systems which are based on determining the steepness of monotonic distribution of software errors detected during tests.

These indicators will allow forecasting the operational readiness of train traffic control systems at the stage of their production, maintenance and repair both at the facilities and in the factory or laboratory conditions.

According to the calculation of the economic efficiency of the implementation of the results of the dissertation, it is established that the corresponding economic effect is about UAH 330,75 thousand a year per one technical unit with the planned volumes of modernization of train control systems.

Keywords: train traffic control system, operational readiness, control of functional parameters, functional tests, test method, test model, level of control, test coverage, failure, reliability, safety of use.

Список публікацій здобувачки

Основні наукові праці:

Наукові праці у фахових виданнях України:

1. Каменєв О. Ю., Сіроклин І. М., Змій С. О., Щебликіна О. В. Технологічна проблема регулювання пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації моторвагонного рухомого складу. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2017. Вип. 168. С. 19 – 30.

2. Бойнік А.Б., Каменєв О.Ю., Змій С.О., Щебликіна О.В., Гаєвський В.В. Дефектування технічного, технологічного та організаційного забезпечення контрольного пункту АЛСН моторвагонного депо. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті: науково-технічний журнал*. 2017. Вип. №13. С. 66 – 80.

3. Бойнік А.Б., Прилипко О.Ю., Каменєв О.Ю., Лазарєв О.В., Щебликіна О.В. Вибір типу чутливого елемента для точкового колійного датчика. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2017. Вип. № 2. С. 31 – 39.

4. Каменєв О.Ю., Лапко А.О., Щебликіна О. В., Лазарєв О.В., Ушаков М.В. Модель диспетчерського керування взаємозалежними транспортними потоками на промисловому залізничному транспорті. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2018. Вип. 182. С. 63 – 79.

5. Voinik, A., Prohunnyi, O., Kameniev, O. Lapko, A., Kuzmenko, D., Shcheblykina O. Development and investigation of methods of graphic-functional modeling of distributed systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 94. № 4 /4. 2018. P. 59-69. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.140636 (видання індексується у базі Scopus).

6. Каменєв О.Ю., Лапко А.О., Щебликіна О.В. Прогнозна динаміка впливу людського та технічного чинників на експлуатаційну надійність пристроїв залізничної автоматики. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. 2020. Вип. 40. С. 168 – 178.

7. Каменєв О.Ю., Лапко А.О., Щебликіна О.В. Математичні моделі верифікації ергатичних систем засобів залізничної автоматики. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2020. Вип. 4 (151). С. 7 – 14.

8. Щєбликіна О.В., Каменєв О.Ю., Лапко А.О., Сагайдачний В.Г. Підвищення показників готовності та відновлення систем керування рухом поїздів на основі збільшення глибини контролю. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2020. Вип. № 2. С. 32 – 42.

Публікації у виданнях інших держав:

9. Kameniev O., Lapko A., Shcheblykina E. Improvement of technologies for the development of modern rail automation systems. *International journal for science, technics and innovations for the industry*. «MACHINES. TECHNOLOGIES. MATERIALS». Sofia, Bulgaria. 2017. Issue 11. P. 533 – 536.

Праці апробаційного характеру:

10. Бойнік А.Б., Змій С.О., Каменєв О.Ю., Щєбликіна О.В. Метод та результати моделювання операцій чергового по станції: тези Х Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті», м. Дніпро (14 – 15 грудня 2016 р.). – Дніпро: ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна. 2016. С. 26.

11. Каменєв О.Ю., Щєбликіна О.В. Удосконалення та формалізація процедур складання технічних завдань розробникам програмного забезпечення систем керування та регулювання руху поїздів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*: матеріали доповідей 29-ї міжнародної науково-практичної конференції, м. Чорноморськ (27 – 29 вересня 2016 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. №4 (Додаток). С. 27 – 28.

12. Щєбликіна О.В., Анічін В.В. Використання мобільного додатку автоматизованого робочого місця електромеханіка. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*: матеріали доповідей 29-ї міжнародної науково-практичної конференції, м. Чорноморськ (27 – 29 вересня 2016 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2016. Вип. №4 (Додаток). С. 51.

13. Бойнік А.Б., Кустов В.Ф., Щєбликіна О.В., Каменєв О.Ю. Развитие научных основ и практических подходов к обеспечению и доказательству безопасности систем железнодорожной автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*: матеріали доповідей 30-ї міжнародної

науково-практичної конференції, м. Одеса (20 – 23 вересня 2017 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. №4 (Додаток). С. 71 – 73.

14. Бойник А.Б., Щєблїкіна Е.В. Проведеніє іспїтанїй автїматїзованої систєми мїкропроцєсорної централїзації стрєлок і сїгналїв на функціональну бєзїпаснїсть і бєзїтказнїсть на імітаціїнних моделєях. *Бєзїпека та елєктромагнїтна сумїснїсть на залїзничному транспортї: тезї VIII мїжнародної науково-практичної конференції, м. Чернївці (01 – 03 лютого 2017 р.).* – Днїпро: ДНУЗТ ім. академіка В. Лазаряна, 2017. С. 17 – 18.

15. Бойнїк А.Б., Кустїв В.Ф., Каменєв О.Ю., Змїй С.О., Щєблїкіна О.В. Осїблївїстї мїкропроцєсорного керуваннє перєїзною сїгналїзацією. *Збїрник наукових праць Українського державного унїверситету залїзничного транспорту: тезї доповїдей 79-ї мїжнародної науково-технїчної конференції «Розвїток наукової та іновациїної діяльнїстї на транспортї», м. Харків (25 – 27 квїтня 2017 р.).* – Харків: УкрДУЗТ, 2017. Вип. 169 (Додаток). С. 4 – 6.

16. Каменєв О.Ю., Лапко А.О., Щєблїкіна О.В. Верифїкація програмних засїбїв, реалїзованих мївою релєїно-контактної лїгїки. *Free and open source software: матерїали X ювілєїної мїжнародної науково-практичної конференції, м. Харків (20 – 22 листопада 2018 р.).* – Харків: ХНУБА, 2018. С. 68.

17. Мїйсеєнко В.І., Каменєв О.Ю., Гаєвський В.В., Щєблїкіна О.В. Розвїток засїбїв технїчної дїагностики інформациїно-керуїчих систєм на залїзничному транспортї. *Прикладнї науково-технїчнї дослїдженнє: матерїали II мїжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ (3 – 5 квїтня 2018 р.).* – Івано-Франківськ: Академія технїчних наук України, 2018. С. 168.

18. Каменєв О.Ю., Щєблїкіна О.В. Вдїсконаленнє процедур сїнтезу випробувальних моделєй залїзничної автїматики. *Інформациїно-керуїчі систєми на залїзничному транспортї: тезї стендових доповїдей та вїступїв 31-ї мїжнародної науково-практичної конференції, м. Харків (24 – 26 жовтня 2018 р.).* – Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. №4 (Додаток). С. 64 – 65.

19. Щєблїкіна О.В., Кузьменко Д. М. Доказ бєзпєчнїстї мїкропроцєсорної систєми напївавтїматїчного блокуваннє з радїоканалом. *Інформациїно-керуїчі систєми на залїзничному транспортї: тезї стендових доповїдей та вїступїв 31-ї*

міжнародної науково-практичної конференції, м. Харків (24 – 26 жовтня 2018 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2018. Вип. №4 (Додаток). С. 66.

20. Лапко А.О., Каменєв О.Ю., Щебликіна О.В., Сагайдачний В.Г., Панасенко М.О., Кладко А.С. Аналіз способів моделювання розподілених систем. *«ТАК» Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології*: збірка доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, м. Покровськ (30 листопада 2018 р.). – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2018. С. 151 – 153.

21. Щебликіна О.В., Каменєв О.Ю., Лапко А.О. Автоматизація проектування об'єктів специфічного призначення. *Прикладні науково-технічні дослідження*: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ (3 – 5 квітня 2019 р.). – Івано-Франківськ: Академія технічних наук України, 2019. С. 45.

22. Каменєв О.Ю., Лапко А.О., Щебликіна О.В. Система тунельної ідентифікації небезпечних об'єктів. *Прикладні науково-технічні дослідження*: матеріали III міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ (3 – 5 квітня 2019 р.). – Івано-Франківськ: Академія технічних наук України, 2019. С. 209.

23. Щеблыкина Е.В., Ушаков М.В. Повышение надежности эксплуатации эргатических систем управления путем применения технологии терминального доступа. *Проблемы безопасности на транспорте*: материалы IX международной научно-практической конференции, г. Гомель, Республика Беларусь (28 – 29 ноября 2019 г.). Часть 1. – Гомель: БелГУТ, 2019. С. 257 – 259.

24. Kameniev O., Lapko A., Shcheblykina E. Improvement of technologies for the development of modern rail automation systems. *Industry 4.0: Proceedings II International Scientific Conference, Borovets, Bulgaria (13–16 december 2017)*. – Sofia, Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering “Industry-4.0”, 2017, Vol. 1/1. P. 107 – 110.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

25. Пат. на корисну модель 122882, Україна, МПК G01S 17/42 (2006.01) Канал вимірювання радіальної швидкості літальних апаратів з можливістю

розпізнавання літальних апаратів для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань. О.В.Коломійцев, І.І. Сачук, О.О. Зверев, О.П. Нарезній, В.О. Павлій, І.В.Помогаєв, А.А. Прилипко, Ю.П. Рондін, М.Л.Троцько, О.В. Щебликіна. Заявка u201709114 від 14.09.2017; опубл. 25.01.2018, бюл. № 2.

26. Пат. на корисну модель 122883, Україна, МПК G01S 17/42 (2006.01) Канал вимірювання кутових швидкостей літальних апаратів з можливістю розпізнавання літальних апаратів для мобільної однопунктної системи зовнішньотраєкторних вимірювань. О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, О.О. Зверев, Д.В. Молчанов, О. П. Нарезній, В.О. Павлій, А. А. Прилипко, Ю. П. Рондін, М.Л.Троцько, О.В. Щебликіна. Заявка u201709115 від 14.09.2017; опубл. 25.01.2018, бюл. № 2.

27. Пат. на корисну модель 123393, Україна, МПК G01S 17/42 (2006.01) Канал автоматичного супроводження літальних апаратів за напрямком з можливістю розпізнавання літальних апаратів для мобільної однопунктної системи зовнішньо-траєкторних вимірювань. О.В. Коломійцев, І.І. Сачук, С.В. Герасимов, О.О. Зверев, Д.В. Молчанов, О. П. Нарезній, В.О. Павлій, Ю.П. Рондін, М.Л.Троцько, О.В. Щебликіна. Заявка u201709107 від 14.09.2017; опубл. 26.02.2018, бюл. № 4.